

HYDROLOGIE SAHARA ALGÉRIEN

PAR

M. GEORGES ROLLAND

INGÉNIEUR EN CHEF AU CORPS DES MINES

TEXTE

EXTRAIT DES DOCUMENTS

RELATIFS

MISSION DE LAGHOAT — EL-GOLÉA — OUARGLA — BISKRA

PUBLIÉS PAR LE MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

(RAPPORT HYDROLOGIQUE)



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCG_XCIV

HYDROLOGIE
DU SAHARA ALGÉRIEN

TEXTE

EN VENTE À PARIS
CHEZ CHALLAMEL, ÉDITEUR
RUE JACOB, 5

HYDROLOGIE DU SAHARA ALGÉRIEN

PAR

M. GEORGES ROLLAND
INGÉNIEUR EN CHEF AU CORPS DES MINES

TEXTE

EXTRAIT DES DOCUMENTS

RELATIFS

À LA MISSION DE LAGHOuat — EL-GOLÉA — OUARGLA — BISKRA

PUBLIÉS PAR LE MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

(RAPPORT HYDROLOGIQUE)



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC XCIV

HYDROLOGIE
DU SAHARA ALGÉRIEN

IMPRIMERIE NATIONALE.

HYDROLOGIE

DU SAHARA ALGÉRIEN

INTRODUCTION.

On comprend toute l'importance pratique des études hydrologiques au Sahara, où l'eau joue un rôle capital en raison même de sa rareté.

On sait, d'ailleurs, que Sahara n'est pas toujours synonyme de désert. Malgré la sécheresse de son climat, le Sahara ne laisse pas que de posséder des lignes d'eaux superficielles et des nappes d'eau souterraines, les unes et les autres parfois même abondantes; malgré l'aridité de sa surface, il présente, çà et là, de grandes et belles régions d'oasis, cultivées et habitées, où la combinaison de ces deux éléments, le soleil et l'eau, produit des merveilles de végétation, même sur un sol ingrat.

Mais il s'en faut que les ressources du Sahara en eaux superficielles et souterraines soient entièrement utilisées, en l'état actuel des choses. La majeure partie, au contraire, est encore perdue ou ignorée, dans maintes régions tout au moins.

Aussi y a-t-il, pour notre génération, un programme intéressant de transformation à dresser et à poursuivre au Sahara.

Ce programme, tel que je le comprends, est bien différent de celui qu'avait conçu le lieutenant-colonel Roudaire, avec son projet retentissant de mer intérieure à créer dans le Sud de la Tunisie et de la province de Constantine. Espérer qu'on transformerait ainsi le climat du Sahara, voire même de l'Algérie, était assurément un rêve séduisant : mais ce n'était qu'un rêve. Ce qu'il y avait de plus certain, c'est que l'entreprise eût entraîné des dépenses énormes, tout à fait hors de proportion avec les avantages à en retirer.

A mon sens, ce que l'homme doit se proposer tout d'abord au Sahara, ce n'est pas tant de changer son climat que de tirer parti du Sahara, tel que la nature l'a fait. Le vrai programme de transformation à y poursuivre consiste, non plus à faire venir les eaux salées de la mer dans quelques chotts, mais — programme bien autrement certain dans ses résultats et d'une portée bien autrement générale — à s'adresser simplement aux eaux douces qui existent sur

place, à la surface ou dans le sous-sol, à mieux capter et mieux utiliser celles que l'on connaît, à procéder méthodiquement à la recherche de nouvelles nappes d'eaux artésiennes, à faire servir toutes ces eaux à l'irrigation du sol, partout où cela est possible, et, grâce à l'irrigation, à développer les cultures actuelles, à créer de nouvelles oasis et à mettre en valeur de vastes espaces, jusqu'alors stériles et déserts.

L'irrigation, voilà le secret de tout ce qui a été fait et de tout ce qui sera fait de pratique au Sahara. — L'extension des cultures, de la végétation, des régions boisées, et, ajouterai-je, dans le même ordre d'idées, la protection des populations sédentaires et laborieuses, la fixation graduelle des nomades, ou, tout au moins, les mesures de nature à enrayer les ravages de la vie pastorale, enfin l'intervention croissante des colons français et l'essor fécond des entreprises de création agricole au Sahara : voilà les meilleurs moyens de transformer peu à peu le désert et d'améliorer son climat, dans les limites, d'ailleurs restreintes, où l'on peut espérer humainement l'améliorer.

La connaissance exacte de la distribution et du régime des eaux superficielles et souterraines du Sahara n'est pas moins importante au point de vue du projet de chemin de fer transsaharien. C'est même un élément essentiel du choix à faire entre les divers tracés proposés pour cette ligne maîtresse de pénétration de l'Algérie au Soudan.

A cet égard, je caractériserai de suite, en quelques mots, les conditions dans lesquelles se présentent, de l'Atlas algérien au Sahara central, les trois tracés de chemin de fer transsaharien qui partiraient respectivement des provinces d'Oran, d'Alger et de Constantine (pl. IV).

Le tracé transsaharien du Sud oranais, dont notre Mission n'a pas eu à s'occuper, descend le long de l'Oued Zouzfana⁽¹⁾, puis de l'Oued Messaoura⁽²⁾ : or ce sont là des lignes d'eaux superficielles de première importance au Sahara⁽³⁾. Le tracé du Sud constantinois remonte le long de l'Oued Rir', puis, au Sud de Ouargla, le long de l'Oued Igharghar⁽⁴⁾ : or l'Oued Rir' est la région la plus riche en eaux artésiennes de toute l'Afrique du Nord⁽⁵⁾ ; Ouargla est une autre région artésienne⁽⁶⁾, et le haut Igharghar⁽⁷⁾ (au Sud de Timassinin) est à la fois une grande ligne d'eaux superficielles et artésiennes. — Ces deux tracés suivent ainsi des chemins frayés par la nature, des lignes où se concentrent les principales ressources (actuelles ou futures) de vastes contrées, en eau, en végétation, en commerce et en populations sédentaires. Chacun d'eux présente donc à première vue, et en lui-même, un intérêt évident.

⁽¹⁾ Je parle du tracé naturel, suivant les lignes d'eau.

⁽²⁾ Qui prend plus bas les noms d'Oued Messaoud ou d'Oued Touat.

⁽³⁾ Voir ci-après 1^{re} partie, § 2.

⁽⁴⁾ Je parle du tracé naturel avec ce point de départ, c'est-à-dire du tracé direct vers le Soudan central.

⁽⁵⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre I, § 3, et chapitre II, § 4 et 5.

⁽⁶⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre I, § 1, et chapitre II, § 6.

⁽⁷⁾ Voir ci-après 1^{re} partie, § 1, et 3^e partie, chapitre II, § 8.

Par contre, le tracé du Sud de la province d'Alger longe, de Laghouat à El-Goléa, le faite de séparation qui s'interpose entre les bassins hydrographiques de l'Oued Messaoura et du Chott Melrir⁽¹⁾ : d'une manière générale, il se maintient, jusqu'à El-Goléa, dans des régions dépourvues de ressources propres et très pauvres en eaux, soit superficielles, soit souterraines⁽²⁾. Il a contre lui le désert et le manque d'eau — sans parler des difficultés de terrain. — De même au delà, si on le prolongeait en ligne directe sur In-Salah. C'est, au point de vue de l'alimentation en eau, qui doit nous préoccuper spécialement ici, le plus mauvais tracé que l'on puisse adopter pour la traversée du Sahara algérien et l'accès du Sahara central.

Dans cet ouvrage, je me suis proposé de présenter une étude, aussi complète et instructive que possible, de l'hydrologie du Sahara algérien, en l'état des connaissances actuelles.

Mon exposé comportera les divisions suivantes :

Je donnerai d'abord un aperçu préliminaire sur les divers modes d'irrigation en usage au Sahara et sur les divers types d'oasis sahariennes.

Puis, dans une première partie, je décrirai les lignes d'eaux superficielles du Sahara algérien.

Dans une seconde partie, je parlerai ensuite des eaux souterraines du haut Sahara, c'est-à-dire de la partie du Sahara algérien qui s'étend dans le Sud des provinces d'Alger et d'Oran⁽³⁾. A la suite, je placerai en appendice une étude spéciale sur l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa : c'est là certainement la plus grave des questions techniques à résoudre avec ce tracé de Transsaharien, et il n'est pas douteux qu'elle offre beaucoup plus de difficulté que le passage des sables.

Dans une troisième partie, je traiterai du bassin artésien du bas Sahara, c'est-à-dire de la partie du Sahara qui s'étend dans le Sud de la province de Constantine et de la Tunisie. Vu l'importance prédominante de ce bassin, je m'attacherai tout particulièrement à bien faire connaître le régime de ses eaux artésiennes, et je rendrai compte des études approfondies et des travaux multiples que j'ai poursuivis à cet égard, tant dans l'Oued Rir' que dans les autres régions du bas Sahara. — Pour ce qui est de l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Biskra à Ouargla, elle ne devrait pas faire question, si l'on ne considérait que la possibilité de pourvoir largement d'eau cette ligne sur tout son parcours⁽⁴⁾; on en aura même en surabondance sur la plus grande partie du trajet. Mais la qualité de ces eaux, fortement chargées de sels minéraux, soulève une autre question, relative à leur utilisation dans les locomotives. Aussi, en rai-

⁽¹⁾ Voir ci-après 1^{re} partie.

⁽²⁾ Voir ci-après 2^e partie.

⁽³⁾ Voir ci-après la note 1 de la page 33.

⁽⁴⁾ De même pour le prolongement de cette ligne vers Timassinin et Amguid.

son des chances prochaines de réalisation du projet de chemin de fer de Biskra-Tougourt-Ouargla, était-il intéressant de serrer de plus près l'étude de son alimentation et de présenter une comparaison entre les diverses solutions proposées. Ce sera l'objet d'un des appendices de la troisième partie.

La série des cartes et des coupes géologiques, d'ensemble et de détail, auxquelles je me suis déjà reporté dans le cours de mon ouvrage précédent sur la *Géologie du Sahara*⁽¹⁾ (pl. IV à IX et pl. X à XXV), devra être également consultée pour l'intelligence du présent travail, et j'y renverrai, dans le texte, à leur lieu et place; plusieurs d'entre elles ont même plus particulièrement en vue l'*Hydrologie du Sahara algérien*, savoir les planches XIX à XXII et la planche XXIV. De plus, je mentionnerai ici les planches XXVIII et XXIX, où se trouvent figurés les coquilles, poissons et crustacés vivant dans les eaux artésiennes du bas Sahara.

Les échantillons d'eau que j'ai recueillis le long de l'itinéraire de notre Mission ont été analysés au Bureau d'essai de l'École nationale des Mines. Une première annexe, placée à la fin du présent ouvrage, donnera la composition chimique de ces eaux, avec un tableau de leurs analyses.

Trois autres annexes donneront les tableaux des observations que j'ai faites, le long de notre itinéraire, sur les puits ordinaires — sur les puits indigènes, les sources naturelles et les *feggaguir* (galeries de drainage) d'El-Goléa — et enfin sur les *behour* et *chria* (lacs et gouffres artésiens) de l'Oued Rir'.

On trouvera enfin, à la suite de cet ouvrage sur l'*Hydrologie du Sahara*, deux appendices, l'un statistique, fournissant une série de données sur les oasis du Sahara algérien, l'autre météorologique, apportant sa contribution à la connaissance du climat saharien.

⁽¹⁾ Georges Rolland. — *Géologie du Sahara et aperçu géologique sur le Sahara de l'océan Atlantique à la mer Rouge* (Challamel, éditeur, 1890).

PRÉLIMINAIRES.

DES DIVERS MODES D'IRRIGATION AU SAHARA ET DES DIVERS TYPES
D'OASIS SAHARIENNES.

Toute oasis occupe un emplacement dont le sol peut être irrigué d'une manière ou d'une autre, ou, du moins, présente quelque humidité. Car, sans irrigation, sans eau, impossible à la terre de rien donner; avec la sécheresse extrême de l'atmosphère au Sahara, impossible au palmier de produire, ni à aucune culture de prospérer.

C'est ainsi que les diverses régions d'oasis correspondent à autant de régions naturelles où l'on rencontre des eaux soit superficielles, soit souterraines : ligne d'un cours d'eau, ou zone de sources, ou nappe artésienne.

Le mode d'irrigation varie avec les eaux dont on dispose, et, à ce point de vue, qui est fondamental, on peut distinguer plusieurs types d'oasis : oasis de rivière, oasis à puits ordinaires, oasis d'excavation, oasis à sources naturelles et oasis à puits artésiens jaillissants. Types qui d'ailleurs se combinent souvent entre eux dans une même oasis.

Les *oasis de rivière*, ainsi que leur nom l'indique, sont situées sur des *oueds*, c'est-à-dire sur des cours d'eau sahariens et généralement dans leur lit même ou sur leurs bords : cours d'eau ne coulant à ciel ouvert que par moments, mais présentant presque toujours un certain écoulement au travers de leurs sables et de leurs graviers. C'est le type dominant des oasis qui, dans le Sud des provinces d'Alger et d'Oran, se succèdent à partir de Laghouat vers le Sud-Ouest jusqu'à Figui, au pied des derniers contreforts des montagnes du Djebel Amour et de la région dite *des Ksour*; telles sont aussi les oasis qui, dans le Sud de la province de Constantine, se trouvent, au Nord et à l'Est de Biskra, sur le parcours des vallées qui découpent le versant méridional des montagnes de l'Aurès et descendent vers la grande plaine du Chott Melrir (pl. IV).

Ces oasis, comme la plupart des oasis de rivière, sont placées sur le cours d'oueds prenant leur source dans les montagnes du Nord et présentant, par suite, des crues annuelles, à l'hiver et au printemps; elles utilisent une partie de ces crues pour leurs irrigations, qui deviennent alors plutôt trop abondantes. Mais, le reste du temps, elles ne disposent que des eaux filtrant sous leurs graviers, dont une partie est retenue et ramenée au jour au moyen de barrages, et qui, de plus, alimentent une série de puits ordinaires; or ces eaux sont en quantités très variables d'une saison à l'autre, et elles se font rares en été, précisément à l'époque de l'année où le palmier a besoin d'être irrigué davantage.

Aussi peut-on dire que les oasis de rivière se trouvent, en général, dans des conditions notoirement inférieures, à cause du manque de régularité de leurs irrigations.

Parmi les autres types d'oasis, les *oasis à puits ordinaires* — où toute l'eau nécessaire aux irrigations doit être puisée à bras d'homme, au moyen de dispositifs à bascule ou à poulie — ne sauraient être citées non plus comme se trouvant dans de bonnes conditions; car leur entretien exige un travail continu et pénible, dont les nègres sont seuls capables au cœur de l'été brûlant. Il est rare que les oasis de ce type acquièrent une grande importance, sauf au centre du Sahara algérien, chez les Mzabites, dont la persévérance et la ténacité ont su tirer parti d'une des régions les plus ingrates du désert.

Règle générale, les oasis prospères sont celles où l'on dispose d'eaux souterraines à débit constant, et où l'on n'a pas besoin de puiser l'eau pour les irrigations : double condition qui se trouve remplie dans la plupart des oasis du Sahara de la province de Constantine et de la régence de Tunis (autrement dit, des oasis du bas Sahara).

Pour cela, il n'est pas indispensable que l'eau soit jaillissante; ainsi les oasis de la région du Souf, situées dans l'Est du Sahara de Constantine, au milieu des grandes dunes de sable de l'Erg oriental, ne disposent que d'une nappe régissant à une faible profondeur sous la surface — nappe assez abondante et artésienne, mais simplement ascendante. — Les jardins de cette curieuse région sont logés dans de petites cavités qui ont été creusées de main d'homme dans le sol entre les dunes, de manière que les palmiers plongent leurs pieds dans la nappe aquifère, où ils trouvent une humidité constante, mais mesurée. Ce sont là des *oasis dites d'excavation*.

Arrivons aux *oasis à sources naturelles* et aux *oasis à puits artésiens jaillissants*. L'eau jaillit alors d'elle-même et en permanence à la surface, et l'on n'a qu'à la distribuer pour l'irrigation des cultures, irrigation constante en toute saison.

Ces deux types d'oasis offrent sur les autres une évidente supériorité. A l'un ou à l'autre appartiennent les principales régions d'oasis du Sahara algérien et tunisien, telles que les oasis à sources du Zab occidental, à l'Ouest de Biskra, et du Djérid, au bord occidental du chott de ce nom, et telles que les oasis à puits artésiens de l'Oued Rir', au Sud de Biskra, et d'Ouargla, plus au Sud (pl. IV).

Ce sont parfois de véritables rivières que l'on voit s'échapper en bouillonnant des entrailles du désert et surgir en certains points de ces espaces desséchés, soit que les eaux artésiennes qui règnent en profondeur se soient elles-mêmes frayé leur voie pour remonter jusqu'au jour, soit que la sonde ait été les chercher dans leurs retraites souterraines et, perçant les terrains qui les recouvrent et les contiennent, leur ait livré passage. Telle source naturelle du Zab, l'Oued Mili, donne 42 mètres cubes d'eau par minute; tel puits jaillissant de l'Oued Rir' (pl. XXIX), à Sidi-Amran, débite 6 mètres cubes d'eau par minute, et tel

autre, sur le littoral de Gabès, débiterait jusqu'à 8 mètres cubes. Et ces flots d'eau vive ne tarissent, ne varient jamais, et ils ne font jamais défaut à ces grandes oasis où ils répandent la végétation et la vie.

On se figure difficilement le volume d'eau d'irrigation qui est nécessaire, au Sahara, pour assurer la prospérité d'un hectare de palmiers.

L'usage, quand on dispose d'une quantité d'eau suffisante, est d'irriguer les jardins à grande eau, en inondant le sol sur 0 m. 05 à 0 m. 10 d'épaisseur. A cet effet, le terrain est divisé en compartiments avec chicanes, où l'on conduit l'eau successivement (sans parler des trous que l'on peut ménager au pied des palmiers, pour que l'eau s'y conserve davantage). Le roulement des arrosages est organisé de manière que chaque quartier de plantations reçoive l'eau à des intervalles de temps réguliers, qui peuvent, d'ailleurs, varier suivant les saisons, le palmier exigeant beaucoup plus d'eau pendant la saison chaude que le reste de l'année⁽¹⁾. En été, l'intervalle entre deux irrigations consécutives sera, suivant les cas, de cinq à dix jours, dans des conditions normales et pour des palmiers déjà grands; on ne saurait, toutefois, poser de règles fixes à cet égard. Le desideratum est de donner assez d'eau, à des intervalles assez rapprochés, pour que le sous-sol conserve une certaine humidité, nécessaire à la végétation : et cela, malgré l'évaporation si active du climat saharien, et malgré le drainage du terrain par les fossés d'écoulement dont il sera question tout à l'heure.

Dans les oasis de l'Oued Rir', M. Jus a observé depuis longtemps⁽²⁾ « que le palmier dont la moyenne d'irrigation était de 0 lit. 30 à 0 lit. 33 par minute était vigoureux et d'un rapport supérieur à celui dont la moyenne était au-dessous de ce chiffre »; — et « que le palmier dont la moyenne était de 0 lit. 40 à 0 lit. 50 était d'une vigueur exceptionnelle et d'un rapport supérieur de 20 p. 100, comparé à celui dont la moyenne n'était que de 0 lit. 30 à 0 lit. 33 ». Ma propre expérience, dans les oasis qui ont été créées sous ma direction dans l'Oued Rir', confirme pleinement ces indications, et je considère aussi qu'une moyenne d'irrigation de 0 lit. 50 par palmier et par minute est désirable, en été⁽³⁾, surtout si l'on veut faire en même temps des cultures accessoires entre les palmiers. Mais cette moyenne est loin d'être atteinte dans toutes les oasis de l'Oued Rir', où l'on tombe parfois à 0 lit. 11 par palmier et par minute.

Or, à raison de 200 palmiers par hectare — chiffre que j'ai reconnu le meilleur pour ce genre de plantations — une moyenne d'irrigation de 0 lit. 50 correspond, pour une année entière, à un volume d'eau d'irrigation de 52,500 mètres cubes par hectare; cela équivaut à une hauteur d'eau de plus de 5 mètres. Une

⁽¹⁾ Voir, à cet égard, les indications fournies ci-après, 3^e partie, chapitre II, § 2, II, *Autres moyens d'augmenter les eaux de Biskra*, note.

⁽²⁾ H. Jus. — Les oasis de l'Oued Rir' (Challamel, éditeur, 1884).

⁽³⁾ Avec des puits jaillissants à débit constant, on doit calculer les irrigations d'après le volume d'eau nécessaire en été.

moyenne minima de 0 lit. 10 correspond encore à un volume de 10,500 mètres cubes par hectare et par an; cela équivaut à une hauteur d'eau de plus de 1 mètre.

Dans les oasis tunisiennes du Djérid, la hauteur moyenne d'eau d'irrigation, par hectare cultivé et par an, est, d'après M. Blanc⁽¹⁾, d'environ 1 m. 5 à Nefta, la plus fertile des oasis de ce groupe, et de 1 m. 1 à Tozeur. Mais les palmiers sont ici beaucoup plus espacés.

Il est intéressant d'opposer à ces chiffres la hauteur annuelle d'eau de pluie qui tombe réellement au Sahara. Celle-ci est très faible; elle varie beaucoup d'une année à l'autre: mais, comme moyenne générale, on peut évaluer qu'elle est comprise entre 0 m. 120⁽²⁾ et 0 m. 135⁽³⁾ par an. Ajoutons que la plus grande partie de l'eau de pluie qui tombe au Sahara s'évapore rapidement, souvent même presque aussitôt, et ne contribue guère à l'alimentation des nappes souterraines de ces régions, sauf ce qui est absorbé par les grandes dunes de sable et aussi par certains terrains d'atterrissement, au sous-sol très perméable. D'ailleurs, sous forme de pluie, l'eau n'est nullement utile au palmier, qui, s'il a besoin d'eau d'irrigation à son pied, pour bien pousser et bien produire, demande, par contre, au soleil une chaleur intense et à l'atmosphère une sécheresse extrême, pour la maturité et la qualité de ses fruits. A certaines époques, la pluie peut même devenir très nuisible dans les oasis: en particulier, au printemps, lors de la fécondation, et à l'automne, avant la récolte⁽⁴⁾.

Mais irriguer le palmier ne suffit pas. Le mal naît parfois de l'excès du bien, et il arrive, dans les oasis sahariennes, qu'une trop grande surabondance d'eau a de grands inconvénients pour la salubrité, ainsi que pour la végétation. En effet, les eaux stagnantes engendrent les fièvres paludéennes, qui déciment les habitants de certaines oasis mal situées ou mal aménagées; et, d'autre part, elles ne sont pas moins funestes à la santé du palmier, qui a besoin d'eau, mais d'eau vive, et ne saurait prospérer dans les bas-fonds trop humides, sans écoulement. Aussi importe-t-il, dans toute oasis irriguée à grande eau, ayant un sous-sol imperméable ou peu perméable, de drainer le terrain au moyen de fossés, et de faire écouler sans cesse le trop-plein des eaux d'arrosage loin des villages et loin des cultures. Pour cela, il faut évidemment que la pente naturelle du sol soit suffisante; quand elle est trop faible, comme à Ouargla, l'évacuation des eaux d'arrosage présente une difficulté réelle, et alors les oasis proprement dites sont fatalement assez insalubres.

Ce qui importe également dans cet ordre d'idées, c'est d'assainir les lieux habités. Malheureusement la plupart des villages indigènes ont été construits au

⁽¹⁾ Compte rendu des séances de la Société de géographie (1^{er} mars 1889).

⁽²⁾ Chiffre indiqué par M. Léon Teisserenc de Bort.

⁽³⁾ Chiffre indiqué ci-après au *Post-scriptum* de l'Appendice météorologique.

⁽⁴⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum* de l'Appendice météorologique (*Observations météorologiques de la station d'Ayata (Oued Rir)*) et *aperçu climatologique sur les cultures sahariennes*.

milieu même des oasis, aux points les plus bas, et ils sont entourés de fossés de défense, où se rassemblent les eaux croupissantes : véritables ceintures de miasmes pestilentiels. Il y a lieu, du moins dans tout notre Sahara, de faire combler, par ordre supérieur, ces fossés de défense, devenus inutiles depuis que la domination française assure la sécurité à tous; c'est ce que l'agha Ben Driss a eu la louable initiative de faire à Tougourt, d'où les fièvres ont disparu, et ce qu'il avait voulu faire à Ouargla.

Quant aux nouveaux centres d'habitation qu'on créera, il faudra les placer, ainsi que nous l'avons fait, non plus au cœur même des cultures, mais à proximité, sur les monticules et les éminences que présente généralement le relief du sol, même dans ces régions de plaines.

L'oasis modèle est l'oasis à puits jaillissant, où l'eau jaillit, non pas en un point quelconque de la surface, mais en un point qu'on a choisi au mieux de toutes les convenances; où elle peut jaillir, grâce à la force ascensionnelle d'une nappe artésienne à haute pression, sur les points les plus élevés du relief; où, par suite, on a pu placer le sondage sur un monticule qui domine les alentours, et au sommet duquel on a construit le groupe des habitations; où l'eau jaillit néanmoins, en vertu de la pression et du volume de la nappe, avec un débit assez fort pour qu'un seul puits desserve des plantations étendues; où le terrain présente une disposition favorable pour l'irrigation méthodique des cultures, et où il existe enfin une pente générale qui permette d'évacuer au loin le trop-plein des eaux d'arrosage. Or il est possible de satisfaire à toutes ces conditions réunies dans mainte partie de la région de l'Oued Rir', mieux qu'en aucune région du Sahara algérien, à ma connaissance.

PREMIÈRE PARTIE.

LES LIGNES D'EAU SUPERFICIELLES DU SAHARA ALGÉRIEN.

Généralités sur les divers types de lignes d'eaux superficielles du Sahara (pl. IV).

— Les lignes d'eau superficielles du Sahara — en donnant à cette expression son sens le plus général — comprennent non seulement le réseau hydrographique des vallées proprement dites, mais encore tout ce que les Sahariens entendent par le terme assez vague d'*Oued* : terme qui signifie, à la fois, cours d'eau (vallée avec ou sans thalweg) et, par extension, toute dépression allongée, offrant quelque humidité et quelque végétation.

Les vallées du Sahara, bien que sèches en apparence, possèdent d'ordinaire un écoulement au travers des sables et des graviers qui garnissent leurs lits. Leurs eaux sont ainsi protégées contre l'évaporation si active de la surface, et, suivant le degré d'imperméabilité de la cuvette même du lit, continuent plus ou moins loin leur cours, avant d'être finalement absorbées par le sous-sol. Ces eaux d'infiltration suintent dans les nombreux puits, profonds seulement de quelques mètres, que les indigènes ont creusés le long des oueds sahariens. Par places, ai-je déjà dit, elles sont partiellement ramenées au jour au moyen de barrages et captées pour les irrigations des oasis. Enfin elles entretiennent une certaine humidité dans le sous-sol, et, par suite, une certaine végétation à la surface : aussi voit-on souvent les pâturages que les oueds offrent aux nomades contraster avec la stérilité environnante du désert.

L'importance des vallées envisagées comme lignes d'eau diffère notablement, d'ailleurs, suivant qu'il s'agit de vallées dont l'origine remonte jusque dans l'Atlas, ou de vallées dont le bassin se trouve tout entier dans le Sahara.

Les premières étant alimentées par les sources, les pluies et les neiges d'une région montagneuse, au climat relativement tempéré, ont un débit continu et parfois notable; vers la fin de l'hiver et au printemps, lorsque les neiges fondent ou qu'il tombe de grandes pluies sur la montagne, elles offrent des crues torrentielles, qui font irruption dans le Sahara, où elles roulent au loin leurs eaux chargées de limon. Tel est l'Oued Guir, le plus important des oueds de ce genre, dont les eaux descendent des cimes les plus élevées du grand Atlas marocain, et coulent à ciel ouvert pendant une partie de l'année jusqu'à Igli⁽¹⁾, soit sur 300 kilomètres en plein Sahara, et même, dit-on, pendant quelques jours, après les plus fortes pluies d'hiver et de printemps, jusque vers Karzaz⁽²⁾.

⁽¹⁾ Confluent de l'Oued Guir avec l'Oued Zouzfana. Au delà, l'Oued Guir devient l'Oued Messaoura

⁽²⁾ Voir ci-après 1^{re} partie, § 2.

Les secondes, ne récoltant que les pluies accidentelles du climat saharien, sont des lignes d'eau de valeur incomparablement moindre. Il y a lieu d'excepter cependant celles qui descendent des grands massifs montagneux des parties centrales du Sahara, telles que l'Oued Igharghar. Mais les oueds sahariens proprement dits, qui, depuis leur origine, se développent à la surface des plateaux du désert, ont forcément un débit très faible, parfois même presque nul, sauf quand leur bassin est étendu, comme c'est le cas pour l'Oued Mya. De loin en loin, lorsque surviennent des orages et des pluies torrentielles, les eaux, ruisselant sur la surface généralement peu perméable du sol, affluent dans les thalwegs, et ces vallées sèches offrent alors, pendant quelques heures et sur quelques kilomètres de longueur, le spectacle de fleuves impétueux.

L'orographie du Sahara septentrional ne comportant guère que des plateaux uniformes et en pente douce (plateaux crétacés⁽¹⁾ et plateaux d'atterrissement⁽²⁾), les vallées qui le sillonnent ne peuvent être mieux comparées, en général, qu'à des gouttières entaillées dans ces plateaux (pl. XV, XXII, etc.). La plupart de ces gouttières sont très nettes, avec des berges abruptes, souvent presque verticales. Certaines ne laissent pas que d'être importantes, tant par leur hauteur que par leur largeur.

Ces oueds sahariens présentent couramment, le long de leurs lits, des élargissements et des dépressions. Après les crues, l'eau se conserve plus ou moins longtemps dans ces réservoirs naturels, dont le fond est tapissé d'argile : on les appelle des *ghedir* (ou *r'dir*).

Il est aussi une catégorie spéciale d'oueds sahariens qui, bien que relativement peu nombreux, méritent d'être notés, à cause de leur type dissymétrique : ce sont les lignes d'eau, gouttières ou simples cordons d'alluvions, qui longent le pied des falaises auxquelles se terminent brusquement les plateaux crétacés. Ces falaises, parfois élevées, tracent, à la surface du Sahara septentrional, un système remarquable de lignes de relief, que j'ai signalé dans ma *Géologie du Sahara*. J'ai décrit, en particulier⁽³⁾, la grande falaise d'El-Loua (pl. XII, fig. 4), qui se dresse au centre du Sahara algérien, et au pied de laquelle se trouve l'oued du même nom.

Enfin, outre les oueds, il est au Sahara une dernière sorte de lignes d'eaux superficielles, que nous ne saurions passer sous silence : c'est la lisière des grandes dunes de sable. Les grandes dunes, ainsi qu'il a été exposé dans ma *Géologie du Sahara*⁽⁴⁾, jouent au Sahara le rôle de véritables réservoirs d'eaux. Les eaux de pluies ou les eaux d'oueds qu'elles absorbent ne s'évaporent plus ensuite, mais tamisent et s'écoulent vers le pied de ces massifs de sable, où règne généralement une certaine humidité, grâce à laquelle se développe une végéta-

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie.

⁽²⁾ *Ibidem*, 2^e partie.

⁽³⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3, III.

⁽⁴⁾ *Ibidem*, 3^e partie, § 7.

tion spontanée, parfois luxuriante, fort recherchée des caravanes. Il existe même, dans les régions de dunes, certaines dépressions fort bien connues des indigènes, où l'on peut trouver de l'eau en creusant des puits en quelque sorte instantanés, comme notre Mission l'a fait à Mechgarden, à deux journées au Sud-Est d'El-Goléa.

Cela posé, je vais passer en revue la série des vallées du Sahara algérien. Les planches I et IV permettront de suivre cet exposé.

Les vallées du Sahara algérien peuvent se diviser en deux groupes principaux, savoir : d'une part, à l'Est, le système hydrographique du bassin du Chott Melrir, et, d'autre part, à l'Ouest, le système hydrographique du bassin de l'Oued Messaoura.

Deux paragraphes successifs seront consacrés à la description de ces deux grands bassins hydrographiques.

§ 1. LE BASSIN HYDROGRAPHIQUE DU CHOTT MELRIR.

Le bassin oriental est fermé, et le Chott Melrir en occupe le fond.

En grand, on peut dire que ce bassin correspond à l'immense cuvette que les plateaux crétacés figurent dans l'Est du Sahara algérien, cuvette que j'ai décrite dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾.

Mais les bords extérieurs de cette cuvette crétacée ne coïncident pas toujours avec les limites hydrographiques du bassin du Melrir. De plusieurs côtés, celui-ci s'étend au delà, surtout du côté méridional : au Sud, il remonte dans le Ahaggar au delà du 24^e degré de latitude; au Nord-Ouest, dans le Djebel Amour, il s'avance vers l'Ouest jusqu'à 1/2 degré de longitude Ouest environ; au Nord, dans l'Aurès, il franchit le 35^e degré de latitude. En revanche, au Sud-Ouest, il ne dépasse pas la crête de la falaise qui limite extérieurement le plateau supérieur de la Craie (Djebel Tidikelt et Djebel Samani), et à l'Est, en Tripolitaine, il s'arrête vers le milieu des plateaux de la Craie supérieure, aux environs du 9^e degré de longitude Est.

Envisagé dans son ensemble, le bassin hydrographique du Melrir présente ainsi une extension de plus de 11 degrés en latitude sur plus de 9 degrés en longitude.

Le Chott Melrir, fond de cet immense bassin, est situé vers son extrémité septentrionale, non loin du pied du versant saharien des monts Aurès. C'est vers cette grande dépression que converge le faisceau des vallées.

Deux vallées principales descendent du Sud et du Sud-Ouest : ce sont l'Oued Igharghar et l'Oued Mya, dont la réunion forme l'Oued Rir', au Nord.

L'Oued Igharghar prend sa source au delà d'Idelès vers le Sud, sur le flanc septentrional des monts Ahaggar.

⁽¹⁾ 1^{re} partie, chapitre II, § 1, V.

Ces montagnes — formées, ainsi que j'ai dit, de granite, de gneiss et de micaschistes, avec roches volcaniques — constituent le principal relief du Sahara central⁽¹⁾ : leurs cimes les plus élevées atteignent des altitudes de 1,500 mètres à 2,000 mètres; elles sont parfois couvertes de neiges durant des mois entiers. On y rencontre, d'après M. Duveyrier⁽²⁾, beaucoup de sources d'un débit assez important. « On y cite, dit cet explorateur, des ruisseaux à eaux courantes, ceux d'Idelès, de Tazerouk et de Tazoult, très grande rareté dans le Sahara. On parle même de la cascade d'un ouadi du nom d'Adjellal, descendant du Tifedest; ce serait la seule peut-être entre la vallée du Nil et l'océan Atlantique. »

Dans ces conditions, on comprend que l'Oued Igharghar coule assez souvent à ciel ouvert dans la région du Ahaggar. Il coule même pendant une partie de l'année jusqu'aux étangs d'Aghelachen (fig. 1), où il semble se perdre. Mais, lors de certaines pluies abondantes, ses crues charrient au delà, jusque vers Amguid, sans parler des crues locales d'orages que présentent éventuellement tous les oueds sahariens. Après les crues, de nombreuses flaques d'eau ou *ghedir*, plus ou moins éphémères, parsèment le lit de l'oued.

La direction générale de l'Igharghar est du Sud au Nord; la longueur de son parcours total dépasse 1,000 kilomètres.

On distingue généralement le haut Igharghar, de l'origine à Timassinin (375 mètres), et le bas Igharghar, en aval, jusqu'à Tougourt (67 m. 29).

Après sa sortie du massif montagneux du Ahaggar, le haut Igharghar se dirige directement vers le Nord, au travers de vastes plaines de *reg*; il passe ainsi aux étangs déjà nommés d'Aghelachen, puis près de la source d'Amguid. Un peu en aval d'Amguid, il décrit brusquement une courbe vers l'Est et se trouve encaissé, aux gorges d'El-Kheneg, entre les falaises qui limitent, de part et d'autre, les plateaux des monts Iraouen, en grès dévoniens, et du Tassili des Azdjer, également en grès dévoniens. Il serpente ensuite de nouveau à la surface de plaines de *reg*, jusqu'à Timassinin.

Les principaux affluents du haut Igharghar sont indiqués sur la figure ci-après (fig. 1).

Je mentionnerai d'abord, à l'Est, un peu en amont d'Amguid, l'Oued Tedjert, qui descend également du Ahaggar et traverse les monts Éguéré, où il reçoit l'Oued Alouaï, de même origine, et un autre affluent venant du Tassili des Azdjer; puis, à l'Ouest, immédiatement avant les gorges d'El-Kheneg, l'Oued Gharis, qui collecte les eaux de toute la partie orientale du Mouydir (avec les monts Ifettesen) et dont on cite les crues importantes. Les rapports de

⁽¹⁾ Les montagnes du Tibesti, situées au Sud-Est des monts Ahaggar, sont encore plus élevées, et j'ai dit que les altitudes de leurs cimes atteignaient 2,500 mètres à 3,000 mètres. Mais, dans *ma Géologie du Sahara* (4^e partie, chapitre I, § 1, III), j'ai considéré ces montagnes comme situées à l'extrémité Ouest du Sahara oriental, plutôt que dans le Sahara central proprement dit.

⁽²⁾ H. Duveyrier. — Les Touareg du Nord, 1864.

la seconde mission Flatters⁽¹⁾ ne laissent pas de doute sur la richesse en eaux de toute cette partie du bassin du haut Igharghar, que l'on peut désigner sous le nom de région d'Amguid.

Aussitôt après le défilé d'El-Kheneg, le haut Igharghar reçoit, au Sud, l'Oued Iskaouen, qui descend du Tassili des Azdjer, et dont une des sources est formée par un lac permanent, le lac d'Iskaouen, habité par des crocodiles et des poissons. Au delà, à son débouché dans la grande plaine de Timassinin, il reçoit l'Oued Irharharen, puis, plus loin, à Timassinin même, l'Oued Issaouen.

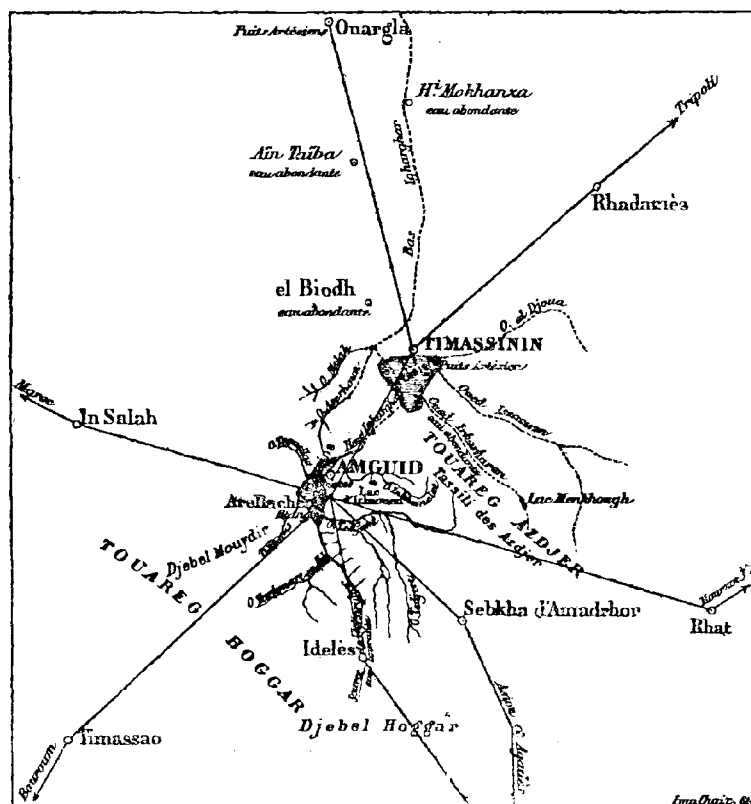


Fig. 1.

⁽¹⁾ Importance de la position d'Amguid sur la route de l'Algérie au Soudan (d'après M. le général Philebert)⁽²⁾.

Ces deux oueds descendent également du Tassili des Azdjer. La vallée de l'Oued Irharharen (ou des Irharharen) est réputée pour l'abondance de ses eaux et la vigueur de sa végétation; un de ses affluents, l'Oued Tidjoudjelt, prend sa source dans un lac intermittent, le lac Menghough.

Enfin je citerai, comme derniers affluents du haut Igharghar, les trois oueds suivants. D'une part, à l'Est, on a l'Oued el-Djoua, occupant, ainsi que j'ai dit⁽³⁾, le couloir entre le massif des dunes d'Édeyen et la falaise qui borde la terrasse crétacée de Timassinin à Ohanet (en contre-bas de la partie orientale

⁽¹⁾ Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters, 1884.

⁽²⁾ Je parlerai ci-après (3^e partie) des deux bassins artésiens également indiqués sur cette carte.

⁽³⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1, III.

du plateau de Tinghert). D'autre part, à l'Ouest, on a (respectivement en contre-bas des deux étages orographiques auxquels donnent lieu les deux étages crétacés) d'abord l'Oued Aserhoum, situé entre le plateau crétacé inférieur, au Nord, et les monts Iraouen, au Sud, puis l'Oued Melah, longeant le pied même de la falaise qui limite le plateau crétacé supérieur (partie occidentale du plateau de Tinghert)⁽¹⁾; mais les apports d'eau fournis respectivement par ces deux affluents sont presque insignifiants.

J'ai décrit⁽²⁾ l'allure et les caprices du cours de l'Igharghar à la hauteur de Timassinin. Il fait deux coudes successifs, l'un vers l'Est, puis l'autre vers le Nord, et continue ensuite vers le Nord sur le plateau calcaire de Tinghert, puis sur le manteau des atterrissements sableux : c'est alors le bas Igharghar.

On peut considérer comme affluents du bas Igharghar, sur le plateau de Tinghert, du côté occidental, l'Oued el-Hadjadj et l'Oued ben-Abbou, bien que celui-ci se perde, en réalité, dans les dunes de sable et n'atteigne pas le lit de l'Igharghar.

Le bas Igharghar se poursuit vers le Nord, à la surface du manteau d'atterrissement et au travers du massif des grandes dunes de l'Erg oriental, tout le long de la trouée du gassi de Mokhanza⁽³⁾; son lit se place sur le bord oriental du gassi, où il est indiqué par des fragments de lave roulés. On ne voit jamais d'eau courante dans toute cette partie de l'Igharghar.

Au Nord d'Ain-Mokhanza, le bas Igharghar ne se trouve plus séparé de l'Oued Mya, à l'Ouest, que par la région dite *des Kantra*⁽⁴⁾, région ravinée en tous sens, et parsemée de gour en saillie. Entre ces reliefs, il existe un réseau enchevêtré de dépressions, au milieu desquelles on distingue une série d'oueds secondaires, dont l'énumération n'offrirait pas d'intérêt.

Suivons, d'autre part, l'Oued Mya depuis son origine. Cet oued descend du Sud-Ouest. Son bassin supérieur est formé, ainsi que je l'ai exposé⁽⁵⁾, par le plateau calcaire et crétacé de Tademayt, lequel dessine une large ondulation concave, dont l'axe plonge vers le Nord-Est. Le plateau est entaillé et découpé, comme un damier, par la gouttière principale et par ses nombreux affluents (*Mya*, cent), dont l'Oued Insokki, dirigé du Sud au Nord, est le plus important.

Mentionnons à l'Est, près des grandes dunes, la série des petits oueds de la région dite *du Mader*, avec les pâturages de ce nom. Ces oueds se perdant à leur arrivée dans le massif des dunes, il est difficile d'affirmer, à l'inspection de la carte, s'ils doivent être classés dans le bassin de l'Igharghar ou dans celui de l'Oued Mya.

⁽¹⁾ Se référer de préférence à la planche IV, pour les tracés de ces deux oueds et de la partie voisine de l'Oued Igharghar.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1, III.

⁽³⁾ *Ibidem*, 3^e partie, § 6.

⁽⁴⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre I, § 1.

⁽⁵⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1, II.

Cependant j'ai dit, dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾, que le bas Igharghar et l'Oued Mya devaient être séparés par une grande ondulation convexe de la surface, et qu'à l'Ouest du gassi de Mokhanza, la surface offrait sans doute une pente générale vers le Nord-Ouest : aussi suis-je porté à considérer, jusqu'à plus ample informé, les oueds du Mader comme appartenant plutôt au bassin de l'Oued Mya.

Plus bas, la gouttière de l'Oued Mya se poursuit à la surface du manteau sableux d'atterrissement. Sur sa gauche, elle reçoit successivement l'Oued el-Khoua, l'Oued Sadana, l'Oued Ter'ir, l'Oued Zahra, venant du Nord-Ouest et descendant de la Chebka du Sud d'El-Hassi. D'abord assez encaissée, la vallée s'est élargie en aval de Rechag-el-Itel, et, dès lors, elle forme une vaste plaine, en sables et en graviers, limitée des deux côtés par des berges écartées de 20 kilomètres et davantage, et offrant une pente générale vers Ouargla.

Le lit de l'oued est plus ou moins discontinu. Il se bifurque à Hassi-ben-Djedian ; une branche se détache vers le Nord-Ouest-Nord, et aboutit au bas-fond d'Hassi-el-Hadjar, qui reçoit, d'autre part, l'Oued el-Fehal ; la branche principale continue vers le Nord-Est-Nord et aboutit au large bas-fond d'Ouargla, au milieu duquel se trouve le chott de ce nom.

La grande oasis d'Ouargla, avec ses annexes, est située dans ce bas-fond (pl. III et VII), que j'ai décrit en détail dans ma *Géologie du Sahara*⁽²⁾. Une nappe aquifère, voisine de la surface et renfermée dans les alluvions de la dépression, alimente de nombreux puits ordinaires à bascule ; mais cette nappe se rattache au bassin souterrain et artésien d'Ouargla, dont je traiterai plus loin⁽³⁾, bien plutôt qu'à la ligne d'eau superficielle de l'Oued Mya.

Au delà d'Ouargla (altitude, 161 mètres), le lit de l'Oued Mya peut être considéré comme se prolongeant, droit vers le Nord, jusqu'à la Sebkhia Safioun, où se trouve la partie la plus basse de cette ligne de bas-fonds ; celle-ci continue ensuite, en se relevant, jusqu'au pied du Kef el-Ahmar, où elle fait un coude vers le Nord-Ouest. L'Oued Mya ainsi prolongé reçoit deux affluents, l'Oued Mzab et l'Oued el-Nessa, venant de l'Ouest-Nord-Ouest et descendant de la Chebka du Mzab.

L'Oued Mya, depuis son origine jusqu'à l'extrémité de la dépression allongée d'Ouargla, a 600 kilomètres environ de longueur. Vu l'étendue du bassin dont cette vallée récolte les pluies, elle possède, sous ses graviers et ses sables, un écoulement d'eau d'un certain volume, et ces eaux alimentent les nombreux puits échelonnés le long de son cours. Ajoutons que les pâturages de l'Oued Mya sont réputés parmi les nomades.

Avant de poursuivre plus au Nord, je placerai ici un court aperçu sur la série des vallées déjà mentionnées qui, depuis l'Oued el-Khoua jusqu'à l'Oued el-

⁽¹⁾ 3^e partie, § 6.

⁽²⁾ 2^e partie, chapitre I, § 1.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara algérien*, 3^e partie, chapitre I, § 1, et chapitre II, § 6.

Nessa, descendent suivant le versant occidental de ce bassin hydrographique. Je les envisagerai en sens inverse, c'est-à-dire du Nord au Sud.

On peut les diviser en deux groupes : les vallées de la Chebka du Mzab et de Metlili, et les vallées de la Chebka du Sud d'El-Hassi.

Les vallées du premier groupe⁽¹⁾, plus ou moins parallèles, ont leur pente dirigée, en moyenne, vers l'Est-Sud-Est, de même que le plateau de calcaires crétacés qu'elles entaillent. Ce sont : l'Oued el-Nessa et l'Oued Mzab, puis l'Oued Metlili, ensuite l'Oued Mask, à la tête duquel se trouvent les sources d'Ain-Massin (fig. 3 dans le texte de ma *Géologie du Sahara*), enfin l'Oued Goullaban et l'Oued el-Gaa.

En aval, ces vallées se poursuivent et entaillent le plateau en atterrissements sableux, qui forme le prolongement, vers l'Est-Sud-Est, du plateau en calcaires crétacés. Les deux premières arrivent, ainsi que nous venons de dire, à la grande artère de l'Oued Mya prolongée. Quant aux suivantes, à partir de l'Oued Metlili, elles ont ceci de particulier, que, après avoir graduellement diminué de hauteur vers l'aval, elles arrivent à se perdre sur le plateau : on pourrait donc admettre, à la rigueur, que ces vallées constituent autant de petits bassins fermés; mais, comme elles font partie du même système hydrographique que les vallées parallèles situées au Nord et au Sud, il n'y a pas lieu de les en séparer dans une description d'ensemble.

En amont de ces dernières vallées, la hamada crétacée continue à s'élever doucement vers l'Ouest; mais, à peu de distance de ce côté, elle est brusquement limitée par une grande falaise Nord-Sud, la falaise d'El-Loua⁽²⁾, dont la crête trace rigoureusement la ligne de faite, à partir de laquelle les eaux coulent à l'Est (fig. 4 dans le texte de ma *Géologie du Sahara*).

Vers le Sud, la bande continue, que le plateau crétacé présente entre la tête des vallées de la Chebka de Metlili, à l'Est, et la grande plaine d'atterrissement, située en contre-bas, à l'Ouest, devient de plus en plus étroite. Puis le plateau se trouve traversé de part en part par une nouvelle série de vallées, parallèles aux précédentes, mais remontant davantage à l'Ouest.

Les principales vallées de ce second groupe sont : l'Oued Zahra, l'Oued Ter'ir, l'Oued Sadana, l'Oued Sidi-Hamed et l'Oued Zirara.

Le plateau et les vallées sont en pente vers le Sud-Est; mais, la pente du plateau étant supérieure à celle des vallées, celles-ci s'approfondissent et se bifurquent vers l'amont. Les vallées se poursuivent ainsi jusqu'à la limite occidentale du plateau crétacé, qu'elles découpent alors en tous sens, de manière à n'en plus laisser que des témoins isolés et épars : c'est ce que j'ai appelé la Chebka du Sud d'El-Hassi⁽³⁾.

⁽¹⁾ Pour plus de détails sur le type des vallées de ce groupe, voir ma *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3, II.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3, III.

⁽³⁾ Pour plus de détails, voir ma *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3 IV.

Tantôt c'est un plateau divisé en massifs distincts; tantôt, la formation s'émiettant, pour ainsi dire, de plus en plus vers l'Ouest, ce n'est plus qu'une plaine d'alluvions, de laquelle émergent, çà et là, quelques témoins isolés. Cols et vallées ont une importance comparable. Les thalwegs ont les allures les plus capricieuses; plusieurs cheminent côte à côte dans la même plaine; deux, situés bout à bout dans la même découpure, ont des pentes inverses; ils n'offrent généralement pas de pente continue, et aboutissent souvent à des dépressions fermées (pl. IX, fig. 2) [fig. 5 et 6 dans le texte de ma *Géologie du Sahara*].

D'autre part, en se reportant vers l'Est, là où les vallées cheminent entre des berges continues, on a vu qu'inversement elles s'abaissent et se rétrécissent de plus en plus vers l'aval : aussi arriveraient-elles à se perdre sur le plateau, si le plateau lui-même n'était surmonté d'un autre étage orographique, au travers duquel ces vallées se poursuivent⁽¹⁾. Elles continuent ainsi leur cours vers le Sud-Est, d'abord sur le plateau de la Craie supérieure, puis, au delà, sur le plateau d'atterrissement, jusqu'à l'Oued Mya⁽²⁾.

Notons que, vers l'Est, l'Oued Zirara et l'Oued Sidi-Hamed se jettent dans l'Oued Sadana.

Enfin, au Sud encore des vallées précédentes, se trouve l'Oued el-Khoua, qui est semblable, sauf que, en amont, il semble que cette vallée ne traverse pas de part en part le plateau inférieur, mais se ferme à son origine.

Dans la région d'Ouargla⁽³⁾, la séparation des vallées de l'Oued Mya et de l'Oued Igharghar n'est plus indiquée que par un système de gour isolés, qui deviennent de plus en plus clairsemés vers le Nord. Au-dessus du parallèle de Negoussa, ces deux vallées se confondent dans une vaste plaine, en pente générale vers Tougourt, au Nord, avec ravinements et thalwegs plus ou moins nets dans la même direction, ou à peu près.

A la surface de cette plaine, le lit de l'Igharghar est seulement jalonné par une série de daya allongées, séparées par des seuils, très surbaissés, et il se perd dans les sebkha qui se trouvent un peu au Sud de Tougourt.

À l'Ouest, la prolongation du lit de l'Oued Mya est mieux indiquée. On distingue, en effet, au milieu des ravinements inextricables de la plaine ondulée⁽⁴⁾, une artère principale (pl. III), dont la partie la plus basse est occupée par le chott de Bardad. Cette ligne de bas-fonds est dirigée du Sud-Ouest au Nord-Est; du côté Sud, elle communique avec la grande dépression d'Ouargla; du côté Nord, elle est séparée par un seuil du terminus méridional de la série des bas-fonds de l'Oued Rir'.

⁽¹⁾ Pour plus de détails, voir ma *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4, I.

⁽²⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4, IV.

⁽³⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre I, § 1.

⁽⁴⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre I, § 2.

De plus, elle communique, du côté occidental, avec d'autres lignes de bas-fonds, celles-ci descendant du Nord, du Nord-Ouest et de l'Ouest. Le bas-fond latéral d'El-Alia reçoit, à l'Ouest, l'Oued Zegrir.

En remontant l'Oued Zegrir, et, d'une manière générale, en remontant vers le Nord-Ouest le versant occidental du bassin hydrographique (à partir de cette région intermédiaire entre les bas-fonds d'Ouargla et de l'Oued Rir'), on laisse sur sa gauche le plateau et la Chebka du Mزاب, et l'on arrive dans ce que j'ai appelé la partie orientale de la région des *daya* ⁽¹⁾.

La vallée de l'Oued Rir' (pl. III) représente, ainsi que je l'ai montré ⁽²⁾, la réunion des vallées de l'Oued Mya et de l'Oued Igharghar et leur prolongement jusqu'à la partie la plus basse du bassin hydrographique, c'est-à-dire jusqu'au Chott Melrir.

Le nom d'Oued Rir' s'applique plus particulièrement à la zone de bas-fonds qui forme le lit mineur de cette vallée, et le long de laquelle s'échelonnent les belles oasis dont tout le monde aujourd'hui a entendu parler. Cette zone de bas-fonds se dirige du Sud au Nord, avec pente générale vers le Nord, depuis Bledet-Ahmar, par Tougourt (67 m. 29), Ourlana, El-Berd, jusqu'au Chott Mérouan, dépendance méridionale du grand Chott Melrir. Elle présente une succession de chotts et de sebkha, dont j'ai décrit l'allure capricieuse ⁽³⁾ (pl. III). Quand il tombe de fortes pluies, on voit l'eau couler sur d'assez longs parcours vers le Nord le long de l'artère principale de cette série de bas-fonds; on ne peut dire cependant que la ligne hydrographique de l'Oued Rir' présente un thalweg continu — sauf vers son extrémité septentrionale, aux approches du Chott Mérouan, où elle prend alors le nom d'Oued Khérouf : — ce sont plutôt des bassins allongés et doucement étagés du Sud au Nord, séparés par des seuils généralement imperceptibles à l'œil.

Les chotts de l'Oued Rir' renferment des eaux en permanence, mais en quantité variable suivant les saisons. Ces eaux sont très fortement salines, surtout pendant l'été, et, par suite, absolument imposables. Il n'en est pas de même des eaux artésiennes qui jaillissent en abondance tout le long de l'Oued Rir' : celles-ci sont généralement potables, bien qu'elles-mêmes encore chargées de sels minéraux ⁽⁴⁾.

Les eaux artésiennes de l'Oued Rir' devant être plus loin, dans la troisième partie de cet ouvrage ⁽⁵⁾, l'objet d'une étude approfondie, je ne m'arrêterai pas ici à leur sujet. Mais je tiens à dire de suite, afin d'éviter toute confusion, que leur gisement est souterrain et se trouve entièrement distinct de la ligne d'eau

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2.

⁽²⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre I, § 3.

⁽³⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre I, § 3, II et III.

⁽⁴⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10, ainsi que l'Annexe I du présent ouvrage.

⁽⁵⁾ *Hydrologie du Sahara algérien*, 3^e partie, chapitre I, § 3, et chapitre II, § 4 et 5.

des bas-fonds de la surface; celle-ci seulement doit nous occuper dans cette première partie.

La vallée de l'Oued Rir' reçoit deux affluents, venant de l'Ouest : ce sont l'Oued el-Athar, qui descend de la partie orientale de la région des daya, et l'Oued Retem, qui descend du plateau d'El-Djoug (pl. I).

Plus au Nord, l'Oued Itel, qui vient aussi du Djoug, se rend directement dans le Chott Melrir.

Ces vallées de l'Ouest et leurs propres affluents prennent naissance sur le versant méridional de la chaîne surbaissée et sensiblement parallèle à l'Atlas, qui sépare leur bassin du bassin de l'Oued Djeddi⁽¹⁾.

L'Oued Djeddi dépend du massif montagneux du Nord, et l'écoulement qui a lieu sous les alluvions de son lit acquiert, de ce fait, plus d'importance. Cette vallée prend sa source dans le Djebel Amour, dont certains sommets s'élèvent, dans la région correspondante, à plus de 1,700 mètres d'altitude; elle porte d'abord le nom d'Oued M'zi, jusqu'à Laghouat (795 mètres), où elle entre dans le Sahara. Elle se dirige ensuite vers l'Est-Nord-Est, et suit à peu de distance le pied méridional du Djebel bou-Kahil, d'où elle reçoit une série d'affluents. Puis, décrivant une grande courbe vers l'Est et le Sud-Est, elle vient se jeter au Nord-Ouest du Chott Melrir (pl. I).

Dès le milieu de cette courbe, l'Oued Djeddi, après un parcours de plus de 400 kilomètres (depuis son origine) débouche dans la plaine septentrionale du Melrir; la vallée cesse alors de former une gouttière définie, mais s'étale vers l'Est, dans un delta large de 5 à 6 kilomètres, où le lit serpente et se ramifie. La berge droite de l'Oued se suit encore jusqu'au bord de la terrasse de Tahir-Rashou (altitude, 26 mètres), au pied de laquelle passe l'artère principale du lit, à 28 kilomètres droit au Sud de Biskra. Au delà, à la surface de la plaine, ce n'est plus qu'un étroit chenal, qui diminue graduellement d'importance (pl. III).

A 20 kilomètres en amont de Laghouat, les eaux de l'Oued M'zi disparaissent sous les sables du lit; une partie remonte à la surface dans la gorge située immédiatement avant Laghouat (pl. V, fig. 1), et une prise d'eau y est installée pour alimenter les irrigations de cette oasis⁽²⁾; puis la rivière continue de nouveau son cours sous les sables et les graviers. Bien au delà, l'Oued Djeddi sert à arroser, au moyen de puits creusés dans son lit, et aussi avec ses crues annuelles, les oasis de Sidi-Khaled et des Ouled Djellal.

A chaque printemps, une série de crues descendent du Djebel Amour et du Djebel bou-Kahil dans l'Oued Djeddi; en mars 1884, j'ai vu, vis-à-vis d'Oumach, c'est-à-dire non loin du delta d'embouchure, la gouttière coulant à pleins bords, sur une largeur de 200 mètres environ et avec une hauteur d'eau de près de

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2.

⁽²⁾ Voir ci-après 2^e partie, § 2.

6 mètres. En aval, les eaux de ces crues répandent leurs submersions fertilisantes sur la plaine d'alluvions limoneuses qui s'étend au Nord de Tahir-Rashou, et que recouvrait, il y a vingt ans encore, l'épaisse forêt de Saada (pl. I) ⁽¹⁾.

D'autre part, la plaine septentrionale du Chott Melrir est sillonnée par une série d'oueds, qui descendent du Djebel Aurès par des ravins encaissés et au travers de gorges étroites. Les plus importants sont l'Oued Biskra (formé par la réunion de l'Oued el-Outaya et de l'Oued el-Abdi), l'Oued el-Abiod, l'Oued Guetchane, l'Oued el-Arab, l'Oued bou-Dokkan et l'Oued Djarreuch. Les oueds de cette série n'ont pas de longs parcours, au plus 150 kilomètres. Mais comme ils prennent leur source, au Nord, dans un grand massif de montagnes, dont les cimes dépassent l'altitude de 2,300 mètres, ils collectent beaucoup d'eaux dans leurs bassins supérieurs, aux époques, d'ailleurs fort variables, où des orages y surviennent, et plus particulièrement en hiver et au printemps, pendant la saison des pluies et lors de la fonte des neiges : aussi présentent-ils en aval une succession de crues souvent très volumineuses et presque toujours torrentielles ⁽²⁾. Ces crues coulent parfois jusqu'au chott, mais elles se perdent généralement avant d'y arriver.

A Biskra (123 mètres), on observe souvent 15 à 20 crues par an, et il n'est pas rare de voir les grandes crues remplir le chenal de l'Oued Biskra, large de 400 mètres ⁽³⁾.

Les Romains avaient certainement installé de nombreux barrages de dérivation ⁽⁴⁾ sur les rivières qui débouchent ainsi de l'Aurès dans le Sahara : grâce aux irrigations, ils savaient tirer parti de cette plaine du Melrir, que tapisse un limon épais, fin et argilo-sableux, brun clair, remarquablement fertile. Aujourd'hui tout se réduit à des barrages légers, de construction arabe, qui sont emportés à chaque grande crue ⁽⁵⁾.

En temps ordinaire, les eaux qui filtrent sous les graviers de certains des oueds en question sont partiellement captées pour les irrigations des oasis échelonnées sur leur parcours — les unes dans la région subsaharienne des montagnes de l'Aurès, au fond des vallées (oasis des Sahari sur l'Oued el-Outaya, des Ouled Zian sur l'Oued el-Abdi, des Beni bou-Sliman et de l'Ahmar Kaddou

⁽¹⁾ Voir ci-après, à l'annexe I du présent ouvrage hydrologique, la composition chimique de l'eau recueillie par moi dans un *ghedir* de la plaine de Saada (analyse n° 3 du tableau). Cette eau ne renfermait pas moins de 2 gr. 5571 de sels par litre; mais elle avait subi une évaporation assez longue, et l'analyse considérée ne saurait donner une idée de la qualité, incomparablement supérieure, des eaux amenées par les crues de l'Oued Djeddi. — Voir aussi 3^e partie, chapitre II, § 10.

⁽²⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 2, quelques aperçus sur le débit de ces oueds.

⁽³⁾ Voir ci-après, à l'annexe I du présent ouvrage hydrologique, la composition chimique de l'eau d'une crue de l'Oued Biskra, recueillie à 19 kilomètres en aval de Biskra (analyse n° 4 du tableau). Cette eau courante ne renfermait que 0 gr. 4007 de sels par litre.

⁽⁴⁾ Et peut-être aussi des barrages de retenue, bien que la trace positive de travaux de ce genre n'ait pas été constatée, à ma connaissance, dans les gorges sahariennes de l'Aurès.

⁽⁵⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 2, ce que je dis des travaux de barrage à entreprendre au pied méridional de l'Aurès.

sur l'Oued el-Abiod, du Djebel Chechar sur l'Oued el-Arab, etc.) — les autres, en aval, dans la plaine septentrionale du Melrir (oasis du Zab central sur l'Oued el-Abiod, du Zab oriental sur l'Oued el-Arab, etc.)⁽¹⁾. Mais les débits disponibles sont loin d'être entièrement utilisés ainsi, et quant aux autres oueds, qui n'ont pas d'oasis sur leur cours, leurs eaux sont complètement perdues pour la région.

On sait que la cuvette du Chott Melrir se trouve tout entière en contre-bas du niveau de la mer; près de son bord occidental, l'altitude négative descend au-dessous de — 31 mètres.

Vers l'Est, un seuil sépare ce chott du Chott Gharsa, qui est également en contre-bas, et un autre seuil sépare celui-ci des Chotts Djérid et Fejej. Ces derniers sont en contre-haut de la mer; mais leurs altitudes ne dépassent pas 15 à 33 mètres. Enfin le Chott Fejej est séparé de la Méditerranée par le seuil de Gabès, dont l'altitude au col est de 47 m. 37 (pl. IV)⁽²⁾.

Les bassins hydrographiques des Chotts Gharsa et Djérid sont donc tous deux fermés et distincts de celui du Melrir. Ils sont, d'ailleurs, beaucoup moins étendus.

Le bassin du Gharsa se trouve presque entièrement au Nord de ce chott. Il comprend d'abord, au Nord même, l'Oued Allenda, l'Oued Seldja et leurs affluents, qui ne remontent pas fort loin dans l'Atlas tunisien. Mais il se fait surtout remarquer, au Nord-Est, par la grande artère de l'Oued Tarfaoui, qui passe par l'oasis de Gafsa (Oued Baïech)⁽³⁾, et qui, avec ses affluents, collecte, en amont, les eaux d'une partie importante du grand massif de montagnes des Nemencha et des Frachich.

Au contraire, le bassin du Djérid et de son annexe, le Fejej, est immédiatement limité, le long du bord septentrional de ces chotts, par la chaîne rocheuse du Cherb⁽⁴⁾ et, à l'extrémité orientale du Fejej, par le seuil bas et sableux de Gabès⁽⁵⁾. Il présente, par contre, une assez grande extension vers le Sud, le faite de séparation entre ce bassin intérieur et le bassin maritime du golfe de Gabès étant formé par l'arête rocheuse de la région des Ourghamma⁽⁶⁾ (montagnes des Troglodytes). Cette arête saillante se dirige du Nord au Sud, comprend le Djebel Douirat et se relie vers le Sud-Est aux falaises limites du plateau tripolitain (Djebel Nefousa). Ses flancs sont fortement ravinés de part et d'autre, et son versant occidental est sillonné par une série d'oueds, assez mal connus, dirigés de l'Est à l'Ouest.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 5. — Voir aussi ci-après l'Appendice statistique.

⁽²⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre II, IV.

⁽³⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 3.

⁽⁴⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 1, III.

⁽⁵⁾ *Ibidem*, 2^e partie, chapitre II, § 2, IV.

⁽⁶⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1, IV.

La plupart de ces oueds se poursuivent vers l'Ouest jusqu'aux grandes dunes de l'Erg oriental, où ils se perdent : ils donnent lieu alors à une série correspondante de daya. Des oueds semblables s'observent plus au Sud, sur le même versant du plateau tripolitain, jusqu'au parallèle de Ghadamès et au delà, et aboutissent de même aux grandes dunes. On peut considérer ces oueds successifs comme appartenant respectivement aux bassins hydrographiques du Djérid, puis du Gharsa, puis du Melrir.

Enfin, au Sud même du Chott Melrir, il importe de mentionner la région de l'Oued Souf et la série de ses oasis, en pente vers le Nord, à partir d'El-Oued (77 mètres)⁽¹⁾. L'Oued Souf doit, à mon sens, répondre à une gouttière plus ou moins nette — ou, du moins, à une zone de dépressions successives — qui aurait son origine bien en amont des oasis actuelles, et serait dirigée du Sud-Est au Nord-Ouest vers le Chott Melrir, mais dont le cours se trouverait aujourd'hui presque entièrement masqué par les grandes dunes de sable de l'Erg oriental.

§ 2. LE BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE L'OUED MESSAOURA.

Je donnerai d'abord un court aperçu sur l'hydrographie de la région des daya : région intermédiaire entre le bassin hydrographique de l'Est (ou du Chott Melrir) et le bassin hydrographique de l'Ouest (ou de l'Oued Messaoura).

J'ai décrit avec soin, dans ma *Géologie du Sahara*, l'orographie complexe de cette région, située au Sud du bassin supérieur de l'Oued Djeddi, et occupant une zone demi-circulaire autour du plateau du Mzab (pl. IV). J'y ai distingué une partie orientale⁽²⁾ et une partie occidentale⁽³⁾.

La ligne de séparation des eaux entre la partie orientale de la région des daya et le bassin de l'Oued Djeddi longe le faite du bourrelet qui se dirige de l'Est-Nord-Est à l'Ouest-Sud-Ouest à partir du plateau de Djouf; elle passe par Oglamdaguine (930 mètres) et aboutit au Ras Chaab (842 mètres). Sur le versant méridional de ce bourrelet prennent naissance une série de vallées, dont les plus importantes ont déjà été mentionnées plus haut et appartiennent encore au bassin du Melrir. Ce sont — en les désignant ici du Nord-Est au Sud-Ouest : — l'Oued Itel et l'Oued Retem, qui descendent du plateau d'El-Djouf; puis l'Oued el-Athar et l'Oued Zegrir, lesquels continuent leur cours sinueux au travers de la zone déprimée qui forme la partie orientale de la région des daya (zone en pente générale vers le Sud-Est, jusqu'à la région intermédiaire entre les bas-fonds de l'Oued Rir' et d'Ouargla); puis l'Oued en-Nessa, qui, dans la première partie de son cours, se trouve dans la même zone déprimée et pénètre ensuite dans la Chebka du Mzab.

D'autre part, la ligne de séparation des eaux se poursuit en se dirigeant vers

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 7.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2, II.

⁽³⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2.

l'Ouest et en longeant le faite de l'autre bourrelet saillant qui forme la partie occidentale de la région des daya; elle passe ainsi près de Tadjerouna (873 mètres), puis remonte au Nord-Ouest et aboutit au Kef Aoudja, au bas du versant méridional du Djebel Amour. Sur le versant méridional de ce second bourrelet, on rencontre un autre groupe de vallées, parallèles et dirigées du Nord-Ouest-Nord au Sud-Est-Sud; ce sont : l'Oued Nili (pl. IX, fig. 1) [fig. 2 dans le texte du premier volume], le Feid el-Kelba, etc., jusqu'à l'Oued bou-Seba-Lchal, le Chabet Hachana et le Chabet Mehach. Ces dernières sont relativement peu importantes; les sillons qu'elles tracent à la surface augmentent d'abord, mais bientôt diminuent de largeur; puis les oueds s'étalent, en forme de delta, et se terminent à des dépressions fermées, de manière à constituer, à proprement parler, une série de bassins isolés. Néanmoins il est naturel de rattacher ce groupe de petites gouttières au système hydrographique des autres vallées, situées plus à l'Ouest, dont nous allons parler : vallées semblables et parallèles, mais qui, descendant pour la plupart de l'Atlas, sont bien plus importantes (d'une importance croissante de l'Est à l'Ouest, depuis l'Oued Mehaignen jusqu'à l'Oued Messaoura).

Parmi les vallées qui se succèdent ainsi de l'Est à l'Ouest, les principales sont, d'abord : l'Oued Mehaignen, l'Oued Zergoun, l'Oued Seggueur, l'Oued ben-Djereyat, l'Oued el-Gharbi, l'Oued Namous, qui constituent ce qu'on peut appeler plus spécialement le groupe du Gourara; puis, au delà, se trouve le groupe de l'Oued Messaoura proprement dit.

La série des Oueds Mehaignen, Zergoun, Seggueur, ben-Djereyat et Gharbi présente, dans son ensemble, un parallélisme remarquable (pl. IV). C'est une série de grandes gouttières, larges et profondes, entaillées dans un manteau d'atterrissements homogènes, en limon rouge, et descendant vers le Sud-Est-Sud. Leur largeur et leur profondeur décroissent graduellement de l'amont à l'aval, jusqu'à devenir presque nulles, à l'entrée de la région des grandes dunes de l'Erg occidental.

L'Oued Zergoun, l'Oued Seggueur, l'Oued el-Gharbi remontent jusque dans les massifs du Djebel Amour et des montagnes de la région des *Ksour*, massifs qui séparent le Sahara des hauts plateaux oranais, et dont les altitudes maxima sont comprises entre 1,500 et 2,000 mètres⁽¹⁾. Ce sont autant de lignes d'eau, qui servent aux irrigations de quelques oasis placées sur leur parcours, soit déjà dans la montagne, soit à leurs débouchés dans la plaine saharienne : El-Maïa (945 mètres), Brizina (830 mètres), El-Abiod-Sidi-Cheikh (861 mètres), etc.

En aval, dans le Sud, les mêmes oueds restent, il est vrai, presque toujours à sec; mais on y rencontre de nombreux puits de 2 à 3 mètres de profondeur,

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 1, I.

qui ne tarissent pas l'été. Pendant l'hiver, quand il est pluvieux, les *ghedir* sont assez fréquents, et l'eau se trouve alors généralement à fleur du sol. Enfin ces oueds présentent parfois des crues torrentielles : celles-ci sont, en général, assez rapidement absorbées par les sables et les graviers du lit; cependant il arrive aussi qu'elles se propagent au loin dans le Sahara, jusqu'aux grandes dunes de sable, qui les boivent alors entièrement.

Les crues de l'Oued Zergoun coulaient autrefois dans la gouttière du Mehaiguen. Mais elles ont changé leur cours, et laissent aujourd'hui le Mehaiguen à sec.

L'Oued Zergoun aboutit à la dépression fermée de Dayet-Tarfa, laquelle reçoit, de plus, l'Oued Loua, au Nord.

Bien que la vallée de l'Oued Loua ne fasse pas partie de la série des oueds parallèles qui précèdent et qui suivent, c'est ici qu'il convient de la mentionner au point de vue hydrographique.

Cette gouttière longe en serpentant le pied de la grande et remarquable falaise qui limite à l'Ouest le plateau crétaé du Mzab : la falaise d'El-Loua (pl. XII, fig. 4) [fig. 4 dans le texte]⁽¹⁾. J'ai dit qu'elle prenait naissance à une demi-journée environ au Sud-Ouest de Zebbacha, qu'elle se dirigeait du Nord au Sud, et qu'elle avait une longueur de 75 kilomètres à vol d'oiseau; je viens d'ajouter qu'elle aboutissait à Dayet-Tarfa, de même que l'Oued Zergoun.

En somme, le bassin de l'Oued Loua est peu étendu, et il est entièrement saharien : c'est dire que l'eau s'y montre rarement.

M. Parisot a émis l'avis⁽²⁾ que l'Oued Zergoun, dirigé du Nord-Ouest-Nord au Sud-Est-Sud, était continué au Sud-Est par l'Oued Ter'ir, qui représenterait ainsi le prolongement de la même vallée vers l'aval. De même, l'Oued Zirara et l'Oued el-Khoua pourraient être remontés vers l'amont, au sein du grand Erg, le long de crêtes rocheuses perçant au travers des sables. Il y aurait donc communication entre les deux bassins hydrographiques, de l'Ouest et de l'Est, que nous avons distingués dans le Sahara algérien.

Nous avons vu qu'en remontant, vers le Nord-Ouest, l'Oued Ter'ir et les autres oueds voisins, on arrivait à une région où les vallées cessaient d'être nettement définies et communiquaient par des cols d'importance comparable, où les découpures du plateau crétaé figuraient un réseau entrecroisé, et où les reliefs intermédiaires s'émiettaient de plus en plus vers l'Ouest, jusqu'à ne plus former que des îlots épars. Dans ces conditions, on n'est plus guidé par les reliefs pour discerner le système des vallées, et, en l'absence de thalweg con-

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3, III.

⁽²⁾ A.-V. Parisot. — La région entre Ouargla et El-Goléa. Lignes d'eau (*Bulletin de la Société de géographie*, février 1880).

tinu, on peut, pour ainsi dire, faire passer des vallées dans tous les sens, par ces innombrables trouées : à plus forte raison, dans la partie la plus occidentale de cette région déchiquetée, qu'ensablent les ramifications du grand Erg.

L'idée que l'Oued Ter'ir est la continuation de l'Oued Zergoun est, en effet, naturelle, quand on considère que ces deux vallées, situées bout à bout, ont à peu près même direction et même pente générale vers le Sud-Est. Il est vrai qu'il n'y a pas de thalweg continu de l'une vers l'autre, pas plus d'ailleurs que le long de chacune d'elle, ni qu'en général, dans la plupart des oueds sahariens. En somme, la question peut être résolue d'une manière à peu près facultative.

On peut dire seulement que le versant occidental de la cuvette du Melrir est en pente générale vers le Sud-Est, de même que le manteau d'atterrissement qui descend du pied méridional de l'Atlas oranais ; que ces deux plans inclinés sont presque dans le prolongement l'un de l'autre, et ne sont séparés que par un ressaut, la falaise d'El-Loua ; que ce ressaut forme la ligne de démarcation des deux bassins hydrographiques du Chott Melrir et de l'Oued Messaoura ; mais que, lorsqu'il est ébréché, la distinction des deux bassins n'est plus accusée par le relief, et devient douteuse.

L'Oued Seggueur, l'Oued ben-Djereyat et l'Oued Gharbi ont été explorés et suivis par M. P. Marès⁽¹⁾ jusqu'à l'Erg occidental. Les berges de l'Oued Gharbi peuvent avoir jusqu'à 30 ou 40 mètres de hauteur, mais n'ont le plus souvent que 10 à 20 mètres.

M. Marès a décrit avec soin l'allure des oueds en question à leur arrivée dans les grandes dunes de sable. Ces gouttières d'érosion deviennent de moins en moins larges et profondes ; finalement leurs alluvions s'étalent et recouvrent toute la surface ; le limon rouge quaternaire est alors remplacé par un sable quartzeux clair plus récent : c'est en entrant dans la région des dunes qu'on constate ce changement de la nature du sol. Quant aux sillons d'érosion, ils se bifurquent. « Arrivée à ces terrains de sables clairs, l'eau diminuée de force et de volume, n'ayant plus qu'un courant insensible, s'est divisée en plusieurs branches, cherchant en quelque sorte un point d'arrêt et de repos. En pénétrant plus avant au milieu des Areg, on voit chaque branche de bifurcation arriver à des impasses barrées naturellement vers le Sud par le terrain de sables bleus ou jaunes, que les eaux n'ont plus eu la force d'éroder plus loin. Elles se sont alors accumulées en ces points, formant des *daya* ou lacs, aujourd'hui complètement à sec⁽²⁾. » Ces *daya* sont le plus souvent ovales et allongées vers le Sud.

⁽¹⁾ P. Marès. — Note sur la constitution générale du Sahara dans le Sud de la province d'Oran (*Bulletin de la Société géologique*, 1857).

⁽²⁾ Il est probable que cette explication si claire et si rationnelle de M. Marès s'applique, d'une manière générale, aux *daya* que l'on rencontre dans d'autres régions du Sahara en amont des grands massifs de

Leur grande dimension varie de quelques centaines de mètres à 2 et 3 kilomètres.

Mais s'il est vrai que les eaux courantes s'arrêtent à ces *daya*, les oueds eux-mêmes se poursuivent au travers de l'Erg. C'est ce que M. Parisot a mis en évidence pour l'Oued Seggueur. Cet oued, après un parcours de plus de 220 kilomètres, à partir de son origine, dans la direction du Sud-Est-Sud, arrive à la *Daya el-Hamra* (681 mètres), à l'entrée de l'Erg; mais, au delà, les indigènes savent qu'il se continue, dans la même direction, au milieu des grandes dunes, où une succession de *daya*, dont on connaît les noms et les distances approximatives, jalonnent son prolongement sur 170 kilomètres environ, jusqu'à El-Goléa (oasis, 383 mètres). On se trouve évidemment ici, de nouveau, en présence, non d'un thalweg continu, mais d'une ligne de dépressions, présentant une série de bas-fonds étagés et séparés par des seuils surbaissés.

La plaine où se trouve l'oasis d'El-Goléa (pl. VI, fig. 2) occupe, ainsi que je l'ai exposé dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾, le fond d'une sorte de large couloir Nord-Sud, entre la falaise de la Craie moyenne, à l'Est, et le grand massif des dunes de l'Erg occidental, à l'Ouest⁽²⁾. Cette dépression allongée est tapissée par une zone d'alluvions, en pente faible vers le Sud. Elle représente le prolongement de l'Oued Seggueur, qui descend du Nord-Ouest-Nord, comme nous venons de voir, mais qui tourne ici vers le Sud, son lit même passant le long du bord occidental de l'oasis. Puis l'oued se continue par la *Sebkha el-Melah*, et il se poursuit vers le Sud-Ouest, sous le nom d'Oued Meguiden, sur 250 kilomètres environ, jusqu'au grand bas-fond du Gourara; une série de puits sont échelonnés le long de son cours (pl. IV).

L'oasis même d'El-Goléa (pl. XXXVII) est irriguée au moyen de puits ordinaires à bascule, simple ou double (pl. XXXVIII), ou à poulie, alimentés par les infiltrations des alluvions de la vallée (sans parler des puits artésiens dont il sera question plus loin⁽³⁾). De plus, une *foggara*, c'est-à-dire une galerie

dunes, là où des oueds viennent s'y perdre : par exemple, à la région du Maader, aux *daya* de la lisière Nord-Est de l'Erg oriental, etc.

A ce propos, on ne manquera pas de remarquer aussi l'analogie apparente qui existe entre ces *daya* de la lisière amont des dunes continentales du Sahara et les étangs situés en arrière de la zone de nos dunes maritimes de Gascogne, en France. Cependant l'explication ne semble pas devoir être la même dans les deux cas. Sur les bords de la mer, en effet, les dunes représentent des appareils littoraux, isolant de l'Océan une partie de la plage, et ce sont, en général, d'anciennes échancrures de la plage, demeurées en arrière, qui ont donné lieu aux étangs juxtaposés que l'on observe du côté de la terre ferme (De Lapparent. — *Traité de géologie*, 1885).

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4, III.

⁽²⁾ D'où l'expression de *Djoua d'El-Goléa*, employée parfois pour désigner cette vallée. Nous avons déjà vu la même dénomination de *Djoua* (fourreau), usitée chez les Sahariens pour désigner des dispositions semblables. Quelques lignes plus loin, précisément, se trouve cité un autre Oued el-Djoua, situé non loin au Sud-Ouest d'El-Goléa, et qu'il importe de ne pas confondre avec celui d'El-Goléa même.

⁽³⁾ Voir ci-après 2^e partie, § 2, III et le *Post-scriptum* du présent ouvrage hydrologique.

souterraine de drainage, recueillant les eaux d'une série de puits le long de son parcours, part de la lisière des grandes dunes, à l'Ouest, et s'écoule vers l'oasis, à l'Est.

A vrai dire, il ne s'agit plus là seulement d'une ligne d'eau superficielle, mais déjà d'une nappe souterraine, bien que peu profonde. Nous y reviendrons dans la seconde partie de cet ouvrage, à propos des eaux souterraines du haut Sahara ⁽¹⁾.

D'autre part, à l'Est d'El-Goléa, le plateau inférieur se trouve légèrement en pente dans cette direction, jusqu'au pied de la falaise supérieure, et celle-ci est longée, à son tour, par un cordon d'alluvions, d'importance variable, avec puits. Cet oued a 2 kilomètres 1/2 de largeur auprès d'Hassi-el-Melah; il se poursuit vers le Sud, prend un peu plus loin le nom d'Oued el-Djoua, puis tourne au Sud-Ouest, en même temps que la ligne d'escarpement, et constitue la Sahaba el-Gagnera, plaine de terre blanchâtre (pl. I et II).

Notons enfin, sur le plateau inférieur, au Nord-Est et à l'Est d'El-Goléa, la dépression de l'Oued Toroudi, qui longe le pied de la ligne de relief intermédiaire que j'ai indiquée sur ce plateau, entre les falaises supérieure et inférieure (série des Gour Zidia, d'El-Fedj, etc.) ⁽²⁾. J'ai dit que cette ligne de relief se reliait vers le Sud au bas-fond de Mechgarden, logé dans une entaille du même plateau.

Revenons aux oueds du Sahara oranais, situés à l'Ouest de l'Oued Segueur.

L'Oued ben-Djereyat, qui passe par les daya de Habessa (403 mètres), et l'Oued el-Gharbi, qui passe par les daya de Oum-ed-Dar (569 mètres), doivent être considérés comme donnant également lieu à des lignes de dépressions au travers de l'Erg, et comme aboutissant, au delà, au Gourara.

De même, plus à l'Ouest, l'Oued Namous, qui passe par l'oasis d'El-Outed (880 mètres). Cet oued se distingue des précédents par sa direction générale, voisine du Nord-Sud; il prend sa source vers l'extrémité Sud-Ouest du massif montagneux des Ksour, dans des régions où l'on trouve des chiffres d'altitude de 2,000 à 2,200 mètres.

Il est probable que la plupart des eaux que les gouttières ci-dessus apportent aux grandes dunes se répartissent au sein de ce massif perméable sous forme d'une sorte de large nappe, plutôt que de s'y poursuivre comme lignes d'eaux distinctes. Mais cette nappe, tamisant sous les sables, ne s'en écoule pas moins vers le Sud, en vertu de la pente générale, et toutes ces eaux doivent filtrer en aval, et se rendre, en majeure partie, dans la grande dépression du Gourara, dont elles alimentent les puits et les *feggaguir* (pl. de *foggara*). Une fraction arrive peut-être à l'Oued Messaoura, dont le bas-fond du

⁽¹⁾ Voir ci-après 2^e partie, § 2.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4, II.

Gourara doit dépendre, bien qu'un seuil sépare sans doute l'oued et le bas-fond.

Au delà, vers l'Ouest, se trouvent d'autres oueds importants qui descendent de montagnes d'altitudes croissantes, dépendant du grand Atlas marocain, et qui vont se jeter, au Sud, dans l'Oued Messaoura. Le principal est l'Oued Zouzfana, qui passe par la grande oasis de Figuig, et dont le confluent avec l'Oued Messaoura est situé en amont de la région des grandes dunes, à Igli (pl. IV).

L'Oued Messaoura, qui, au-dessus d'Igli, porte le nom d'Oued Guir, et, en aval, dans le Touat, le nom d'Oued Messaoud, est la dernière et, de beaucoup, la plus grande artère du système hydrographique que nous examinons ici. Elle change de nouveau de nom dans la partie inférieure de son cours au travers de la région du Touat, et s'y appelle l'Oued Messaoud (ou encore l'Oued Touat).

L'Oued Guir prend sa source au plus épais et au plus haut de l'important massif de montagnes de l'Atlas central marocain, dont les sommets s'élèvent à des altitudes comprises entre 3,000 et 4,000 mètres, et sont occupés par des neiges éternelles. La direction générale de l'Oued Guir, puis de l'Oued Messaoura, puis de l'Oued Messaoud, est du Nord-Ouest-Nord au Sud-Est-Sud, jusqu'à l'extrémité méridionale du Touat, soit sur 800 kilomètres de longueur.

J'ai dit plus haut⁽¹⁾ que, chaque année, après les pluies d'hiver et de printemps, l'Oued Guir coulait à ciel ouvert, pendant un certain temps, jusqu'à Igli. On ajoute qu'au delà, l'Oued Messaoura montrerait, pendant quelques jours, un courant superficiel jusque vers Karsaz⁽²⁾. Parfois même, de loin en loin, ce courant superficiel se verrait jusqu'à Taourirt (extrémité méridionale du Touat). Quoi qu'il en soit exactement, apparente ou non, la ligne d'eau en question est certainement fort abondante, et l'on sait que, le long de son cours, s'échelonnent de nombreux ksour, de grandes et nombreuses oasis.

Immédiatement à l'Est du Touat se trouve la région contiguë des ksour et des oasis du Tidikelt, dont le groupe principal est massé sur le bord oriental du bas-fond d'In-Salah. Cette plaine basse du Tidikelt est traversée, du côté méridional, par l'Oued Massin, qui vient de l'Est-Nord-Est, et aboutit à une région mal définie au point de vue hydrographique, située suivant le prolongement de l'Oued Messaoud. Malgré son étendue assez importante, le bassin de l'Oued Massin est fort pauvre en eau; notons cependant les petits oueds qu'il reçoit du Nord, et qui prennent naissance à une série de sources situées au pied méridional du Djebel Tidikelt.

⁽¹⁾ Page 12.

⁽²⁾ Je ferai observer cependant que, d'après le général Colonieu et le capitaine Brosselard-Faidherbe, l'Oued Messaoura se trouve barré de chaînes de dunes en plusieurs endroits : or ces chaînes transversales doivent, tout au moins, interrompre le courant superficiel de l'oued et en absorber une partie.

Au delà du Touat et du Tidikelt vers le Sud, on connaît les remarquables travaux de M. Sabatier sur la géographie physique du Sahara central⁽¹⁾ — travaux d'après lesquels il semblerait que l'Oued Messaoud poursuit vers le Sud, et que c'est là un affluent du Niger. — Les conclusions de M. Sabatier sont : « Qu'à la sortie du Touat, après une disparition de courte durée sous les dunes, l'oued tourne au Sud-Sud-Est, et aboutit à peu près à l'Oued Ahenet ou Aherer. Cet oued est un affluent de l'Oued Teghazert ou Tirhehert⁽²⁾, qui, probablement, déverse ses eaux dans le Niger, ou, tout au moins, se perd dans un système de marais desséchés durant la saison chaude, et situés à peu de distance au Nord du coude oriental du Niger. »

Un argument contraire est tiré des chiffres d'altitudes donnés par M. Rholfs, lequel, ainsi qu'on sait, a suivi l'Oued Messaoura et l'Oued Messaoud depuis Igli jusqu'à Meharza, dans le Touat. Mais, après discussion et comparaison, il semble que, dans le cas particulier dont il s'agit, les indications du baromètre anéroïde de cet explorateur soient sujettes à caution, et que les altitudes indiquées par lui soient trop basses. A deux jours vers l'Est, le même anéroïde donnait 137 mètres pour In-Salah, où M. Soleillet a trouvé 267 mètres : soit une différence de 130 mètres. En prenant cette différence, et en relevant d'autant l'altitude indiquée par M. Rohlfs pour Meharza, on aurait, en ce point de l'Oued Messaoud, 235 mètres (au lieu de 105 mètres), et alors la relation supposée de cet oued avec le Niger, à 800 kilomètres plus au Sud, deviendrait possible. En effet, d'après l'altitude de 200 mètres, trouvée par M. Lenz à Tomhouctou, on peut admettre que le Niger, à son coude oriental, est à une altitude d'à peu près 150 mètres.

Signalons enfin, à ce propos, les cartes récentes dressées par renseignements, mais avec beaucoup de soin, par M. le capitaine Bissuel sur les routes suivies par les Touareg de l'Ouest et sur la région de l'Ahenet⁽³⁾. A l'inspection de ces cartes, il faut reconnaître qu'on ne distingue pas de grande artère hydrographique faisant communiquer l'Oued Messaoud (ou Oued Touat) avec le Niger, et la conclusion la plus vraisemblable est qu'il existe entre leurs bassins un ou plusieurs seuils séparatifs. Ajoutons que la région de l'Ahenet semble montagneuse et accidentée.

⁽¹⁾ C. Sabatier. — Mémoire sur la géographie physique du Sahara central (*Société de géographie d'Oran*, 1880).

⁽²⁾ Grand oued prenant naissance dans la partie méridionale du plateau du Mouydir, sur le versant occidental du massif montagneux du Ahaggar.

⁽³⁾ Capitaine H. Bissuel. — Les Touareg de l'Ouest, 1888.

DEUXIÈME PARTIE.

LES EAUX SOUTERRAINES DU HAUT SAHARA.

Le haut Sahara algérien⁽¹⁾ est incomparablement moins riche que le bas Sahara en eaux souterraines. Il possède toutefois, dans le sous-sol de maintes régions, une multitude de petites nappes aquifères, qui sont renfermées soit dans les terrains crétacés, soit dans les terrains d'atterrissement. De plus, les conditions hydrologiques s'améliorent notablement vers l'extrême Sud, en particulier dans la région artésienne d'El-Goléa.

Dans un premier paragraphe, je donnerai un aperçu général sur les eaux souterraines des terrains crétacés et des terrains d'atterrissement dans le haut Sahara. A ce propos, et entre autres questions, j'étudierai les chances, assez problématiques, du projet souvent agité d'entreprendre des sondages de recherche au Mzab, en vue d'y obtenir des eaux jaillissantes.

Dans un second paragraphe, je parlerai spécialement des points d'eau rencontrés le long de notre itinéraire de Laghouat à El-Goléa; je m'occuperai, en particulier, des deux points d'eau extrêmes, Laghouat et El-Goléa⁽²⁾.

Dans un appendice, relativement assez développé, j'étudierai la question de l'alimentation en eau d'une ligne de chemin de fer de Laghouat à El-Goléa.

Notons ici les planches générales qui devront être consultées plus spécialement au cours de cette deuxième partie : carte-itinéraire de Laghouat à El-Goléa (pl. II); carte géologique d'ensemble (pl. IV); coupes géologiques générales au travers du Sahara algérien (pl. X); coupe géologique par parties brisées de Laghouat à El-Goléa (pl. XI, fig. 1). Quant aux cartes ou coupes de détail, il y sera renvoyé dans le texte, aux endroits convenables.

⁽¹⁾ Sous la dénomination de *haut Sahara algérien*, je ne comprends que la partie du Sahara actuellement occupée ou administrée par nous dans le Sud des provinces d'Alger et d'Oran, mais non toutes les dépendances naturelles de ces deux provinces plus au Sud. Car si le prolongement méridional de la province d'Alger, au delà de la latitude d'El-Goléa (prolongement qui comprend tout le bassin du haut Oued Mya), mérite encore, malgré ses altitudes déjà moindres, la qualification de haut Sahara, le haut Sahara de la province d'Oran, au contraire, passe dans son extrême Sud (au delà de l'Erg occidental) à des régions relativement basses, riches en eaux, telles que le Gourara, le Touat, le Tidikelt : on pourrait distinguer là une sorte de *bas Sahara occidental* ou du Sud oranais, par opposition au *bas Sahara oriental* ou du Sud constantinois et tunisien.

⁽²⁾ Voir, en outre, pour El-Goléa, le *Post-scriptum* placé à la fin de l'ouvrage.

§ 1. APERÇU GÉNÉRAL SUR LES EAUX SOUTERRAINES DU HAUT SAHARA.

Je traiterai d'abord des eaux souterraines des terrains crétacés, puis de celles des terrains d'atterrissement du haut Sahara.

I. EAUX SOUTERRAINES DES TERRAINS CRÉTACÉS DU HAUT SAHARA.

Les terrains crétacés règnent, ainsi qu'on l'a vu⁽¹⁾, dans tout l'Est du haut Sahara (pl. IV); ils sont constitués par de grands massifs de calcaires et de marnes (pl. X). Les massifs calcaires, bien que leurs bancs soient le plus souvent fort compacts, offrent beaucoup de parties perméables aux eaux souterraines : ils comprennent aussi des couches poreuses; ils présentent des zones fissurées; enfin de nombreuses fentes les traversent. D'autre part, les massifs marneux renferment eux-mêmes beaucoup d'intercalations de couches perméables, en calcaires et en grès. Des séries de niveaux aquifères peuvent donc exister et existent, en effet, au sein des couches crétacées du haut Sahara; mais leurs eaux sont, en général, peu abondantes.

D'une façon sommaire, envisageant les choses dans leur ensemble, on peut dire que ces massifs calcaires et marneux sont respectivement perméables et imperméables, et que les eaux souterraines tendent à se rassembler vers la partie inférieure des massifs calcaires et vers la partie supérieure des massifs marneux sous-jacents. Aux deux grandes alternances de calcaires et de marnes que nous avons distinguées dans le Centre et le Sud du Sahara algérien correspondent ainsi deux groupes principaux de nappes souterraines, deux niveaux aquifères, situés respectivement vers la base des deux massifs calcaires et perméables.

Le plus important de ces deux niveaux aquifères est celui qui se place dans les couches de la Craie moyenne, au voisinage du contact des calcaires turoniens du plateau du Mزاب et des marnes cénomaniennes sous-jacentes. Cela se comprend, d'ailleurs, si l'on remarque que ce système de couches se poursuit d'une manière continue, sous les atterrissements, vers le Nord et vers le Nord-Est, jusqu'aux montagnes de l'Atlas, où se trouve la principale région d'alimentation des eaux souterraines du Sahara algérien.

Quelques nappes se rencontrent au sein même du massif des calcaires turoniens, telles que celles qui alimentent les puits d'El-Hassi (pl. IX, fig. 2, et pl. XIII). Mais c'est à la partie supérieure du massif marneux sous-jacent, dans ses lits intercalaires de grès et de calcaires, que se rassemblent la majeure partie des eaux souterraines; il en est ainsi, du moins, au fond des vallées et sur leurs bords. Tel est le cas des nappes innombrables qui alimentent la plupart

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie.

des puits creusés dans les vallées de la Chebka du Mزاب et de Metlili, et qui affleurent aux petites sources d'Aïn-Massin (pl. XII, fig. 2 et 3); de même aussi pour toutes celles qui filtrent dans la série des puits que l'on rencontre successivement le long de l'Oued Ter'ir et dans les vallées de la Chebka du Sud d'El-Hassi (pl. IX, fig. 2, et pl. XV, fig. 9).

Malgré la régularité générale des couches crétacées qui les renferment, les nappes en question ne laissent pas que d'être assez capricieuses d'allure dans leurs détails. Considérées dans leur ensemble, on peut dire qu'elles sont drainées par les vallées qui découpent la formation, et que, sur les plateaux intermédiaires, elles se trouvent à des niveaux plus élevés, avec des quantités d'eau encore moindres qu'aux abords des vallées. Sauf exception locale, elles ne possèdent pas de pression appréciable, et c'est à peine si l'on peut présumer çà et là, par suite de certaines ondulations des couches, qu'elles soient susceptibles de devenir faiblement artésiennes.

Au Mزاب, Ville⁽¹⁾ a signalé le fait suivant, qui mérite d'être remarqué. Près de Bou-Noura, au sommet du plateau turonien de calcaires dolomitiques, où l'Oued Zouili prend sa source, il existe une excavation profonde (4 mètres), au fond de laquelle, en appliquant l'oreille, « on entend un bruit sourd et continu, comparable au bruit d'une eau courante, roulant sur des rochers. Les Mزابites pensent, en effet, que c'est une cascade souterraine qui produit ce bruit ». Ce cours d'eau souterrain prouve que, sous certaines parties des plateaux en question, les massifs calcaires présentent de grandes fentes et de larges crevasses, et sans doute aussi des zones très fissurées, où les eaux souterraines se rassemblent et circulent facilement.

Néanmoins ce ne sont là que des phénomènes locaux et exceptionnels, et, d'une manière générale, on ne peut nier que la région de la Chebka du Mزاب et de Metlili (altitudes : Berrian, 590 mètres; Metlili, 560 mètres; plateau à l'Ouest, 740 mètres) se trouve dans de mauvaises conditions au point de vue hydrologique. Elle est trop nettement en contre-haut du bas Sahara, vers lequel s'écoulent, au Sud-Est, les eaux souterraines, de même que les eaux superficielles. Il est vrai que, d'autre part, elle est en contre-bas de l'Atlas, au Nord-Ouest et au Nord, d'où ses eaux souterraines descendent en partie; mais la pression que celles-ci pourraient acquérir ainsi doit être à peu près contrebalancée par les pertes de charge qu'elles subissent; de plus, nous avons dit⁽²⁾ que les couches crétacées figurent, dans cette partie du Sahara algérien, un bombement surbaissé (pl. X, fig. 4), sur le versant oriental duquel se trouve le Mزاب et qui ne saurait manquer d'influencer défavorablement des nappes d'aussi peu de volume et d'aussi peu de pression que celles qui circulent sous le plateau turonien de cette région.

⁽¹⁾ L. Ville. — Exploration géologique du Mزاب, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, 1867.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3.

Assurément l'idée d'une série de sondages de recherche, à entreprendre au Mzab, serait de nature à tenter le Gouvernement général de l'Algérie; car, si l'on pouvait y obtenir des eaux jaillissantes, on améliorerait singulièrement la situation agricole de ce pays, naturellement pauvre, mais fort intéressant et habité par une population industrielle, qu'il importe de nous attacher de plus en plus. Malheureusement, d'après ce que je viens d'exposer, il faut se prémunir contre certaines illusions.

Toutefois les conclusions négatives qui précèdent s'appliquent surtout au niveau aquifère de la Craie moyenne, le seul sur lequel on ait des éléments sérieux d'appréciation. Mais, en profondeur, il n'est pas douteux que les conditions s'améliorent, sans qu'on sache dans quelle mesure. Un sondage profond, qui traverserait toute l'épaisseur des marnes cénomaniennes, devrait atteindre, au-dessous, le prolongement de la formation des grès albiens, si développée dans le Djebel Amour ⁽¹⁾, et il est probable qu'au sein de ces grès perméables, sous la couverture des marnes imperméables, on trouverait des eaux artésiennes en assez grande abondance, et peut-être avec pression suffisante pour jaillir à la surface. Même avant d'arriver aux grès albiens proprement dits, on peut espérer découvrir, dans la partie inférieure du massif céuomanien, des niveaux perméables, calcaires ou sableux, avec nappes artésiennes. Dans l'incertitude, j'estime qu'on devrait être outillé de manière à pouvoir aller au moins à 200 mètres de profondeur, ou mieux, à 300 mètres. D'ailleurs, même à ces profondeurs, les chances de réussite restent problématiques ⁽²⁾.

A l'Ouest de la Chebka du Mzab et de Metlili règne une hamada (altitude maxima, 706 mètres) où toute idée de recherches artésiennes doit être écartée. Mais plus à l'Ouest, dans la profonde échancrure de l'Oued Loua, la situation semble plus favorable qu'au Mzab, et je crois qu'on pourrait y obtenir des eaux jaillissantes (peut-être vers 150 ou 200 mètres de profondeur).

Au Sud du 32^e degré de latitude, les chances augmentent également dans la Chebka du Sud d'El-Hassi, c'est-à-dire dans la région déchiquetée que sillonnent les parties supérieures des Oueds Zahra, Ter'ir, Sadana, Sidi-Hamed, Zirara. Des sondages réussiraient sans doute dans les dépressions des Daya Tarfa, El-Aref, Zoubia : mais il serait encore prudent de prévoir des profondeurs de 200 mètres. L'emplacement de Dayet-Zoubia (altitude, 415 mètres) semblerait particulièrement bien choisi; car les couches crétacées s'affaissent légèrement vers cette dépression, où l'on se trouve au centre d'un bassin local des eaux souterraines (pl. XI, fig. 1).

Plus au Sud, je présume qu'on pourrait, de même, obtenir de distance en

⁽¹⁾ Cette formation des grès du Djebel Amour doit, il est vrai, cesser à une certaine distance vers le Sud, puisque, du côté du pays des Touareg, le Céuomanien repose directement sur les grès du Dévonien; mais ce n'est que beaucoup plus au Sud.

⁽²⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 9, l'appoint que les eaux souterraines des terrains crétacés de cette partie du haut Sahara fournissent dans l'alimentation du bassin artésien du bas Sahara.

distance des eaux jaillissantes le long de la bordure occidentale des reliefs crétacés, et cela jusqu'à la dépression d'El-Goléa (383 mètres). Les profondeurs des sondages iraient en diminuant vers le Sud, de manière à n'être plus que d'une centaine de mètres aux approches d'El-Goléa. Malheureusement cette zone est encombrée par les ramifications de l'Erg occidental : aussi le tracé d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa a-t-il dû, pour contourner ces chaînes de dunes, être reporté notablement vers l'Est. A partir de sa sortie de l'Oued Ter'ir, il se maintient sur le plateau turonien où il serait déraisonnable d'entreprendre des recherches artésiennes.

II. EAUX SOUTERRAINES DES TERRAINS D'ATTERDISSEMENT DU HAUT SAHARA.

Les atterdissements du haut Sahara renferment également des eaux souterraines, en quantité variable, sur la plus grande partie de leur étendue. Mais il ne s'agit pas davantage de nappes volumineuses et nettement artésiennes, telles qu'il en existe, au contraire, dans le bassin d'atterdissement du bas Sahara.

Nous avons vu que ces terrains d'atterdissement règnent, au Nord du haut Sahara, dans la région des *daya*, et, à l'Ouest, dans les vastes régions de plaines qui descendent du Djebel Amour et des montagnes des Ksour vers le relief de l'El-Loua et vers le massif des grandes dunes de l'Erg occidental. Généralement les terrains en question sont de nature perméable : ce sont des sables, purs ou argileux, des grès tendres, des poudingues sableux, des calcaires tufacés. Certaines couches cependant présentent une imperméabilité relative ou même complète : grès compacts, calcaires concrétionnés, argiles sableuses, argiles. Or les eaux souterraines, quand ces terrains en contiennent une quantité appréciable, ont une double tendance : d'une part, elles se répartissent par imbibition dans la masse perméable, où elles peuvent même s'élever par capillarité au-dessus de leurs niveaux d'alimentation; d'autre part, elles se concentrent suivant certaines couches, où elles donnent lieu alors à de véritables nappes. Celles-ci sont d'ailleurs peu étendues et irrégulières, à cause de l'allure lenticulaire des formations.

De petites nappes de ce genre se rencontrent, par exemple, dans la partie occidentale de la région des *daya* ⁽¹⁾; on peut citer celles qui alimentent les puits de Zebbacha (pl. XXXIV). Néanmoins on ne peut se dissimuler que cette région, située en surélévation par rapport aux parties voisines du haut Sahara (altitude du point culminant, 930 mètres), ne soit à classer parmi les plus pauvres en eaux souterraines; on ne saurait songer à y obtenir des eaux jaillissantes, dût-on poursuivre les sondages dans les terrains crétacés sous-jacents.

Dans la partie orientale et limitrophe de la région des *daya* ⁽²⁾, les sondages

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2, II.

⁽²⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre I, § 2, I.

entrepris, en 1889 et 1890, à 40 et 60 kilomètres à l'Est de la citerne de Tilremt (sondages de Bou-Fekroun, 90 mètres de profondeur, et de Talemzaman, 70 mètres), étaient voués d'avance à l'insuccès⁽¹⁾. Les conditions deviennent moins défavorables dans la zone médiane d'atterrissement qui descend vers Guerara et El-Alia, au Sud-Est; cependant l'échec complet du sondage entrepris en 1885, d'après les indications de Ville⁽²⁾, dans la dépression de Guerara (altitude, 295 mètres), n'est guère encourageant; il est vrai que ce sondage a dû être arrêté vers 86 mètres de profondeur, tandis que Ville avait prévu un sondage de 100 à 150 mètres.

Notons enfin, à la lisière Nord du haut Sahara, le sondage entrepris en 1889, à 24 kilomètres à l'Est de Laghouat⁽¹⁾; bien que poussé à 127 mètres de profondeur, il n'a donné aucun résultat, comme c'était à prévoir.

Le but que s'était proposé l'autorité militaire, en exécutant ainsi des sondages sur les plateaux Nord du haut Sahara, était d'y créer des points d'eau assez nombreux pour que les nomades, avec leurs troupeaux, pussent utiliser en tout temps les pâturages de ces régions. Mais, pour cela, le meilleur moyen (le plus pratique et le plus économique à la fois) sera d'y creuser des citernes à ciel ouvert et à fond cimenté⁽³⁾.

A l'Ouest de la région des daya, les nappes aquifères doivent être plus nombreuses et plus abondantes dans les atterrissements du Sahara oranais. Des infiltrations importantes ont lieu, en effet, le long de la série des lignes d'eau superficielles que j'ai mentionnées plus haut⁽⁴⁾ et qui sillonnent ces régions, Oued Zergoun, Oued Seggueur, etc. Toutes les eaux que le sous-sol absorbe ainsi continuent à s'écouler souterrainement vers le Sud, suivant le pendage général de la formation d'atterrissement, et il est probable qu'à une certaine distance en aval-pendage, elles deviennent plus ou moins artésiennes. Toutefois, au Nord du massif des grandes dunes de l'Erg occidental, je ne crois pas à l'existence de nappes d'eaux artésiennes de quelque importance. Entre autres raisons, la coupe des terrains ne semble pas s'y prêter, vu l'absence de formation imperméable, propre à former couverture.

Au Sud de l'Erg, les conditions s'améliorent, et la sonde révélera peut-être un jour, dans le Gourara, l'existence d'un bassin artésien, comparable à celui du bas Sahara.

⁽¹⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

⁽²⁾ L. Ville. — Exploration géologique du Mزاب, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, 1867.

⁽³⁾ Quant aux sondages profonds, ils ne sauraient nullement remplir le but, fort désirable en effet, qu'on se propose dans ces parages. Ils ne donneraient pas ici d'eau jaillissante, et l'on n'y obtiendrait que des puits ordinaires, où il faudrait puiser : or les nomades ne s'assujettiraient pas, en général, à tirer l'eau de pareilles profondeurs pour abreuver leurs animaux. Ces puits ne seraient utilisés que par des voyageurs de passage.

⁽⁴⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 2.

§ 2. POINTS D'EAU DE L'ITINÉRAIRE DE LAGHOUAT À EL-GOLÉA.

Les points où la caravane de notre Mission a fait de l'eau sont les suivants : Laghouat, la citerne de Tilremt, Zebbacha-Rharbi, Aïn-Massin, El-Hassi, Hassi-Charef, El-Goléa. Je mentionnerai, de plus, le point d'eau de Mechgarden, à deux journées au Sud-Ouest d'El-Goléa.

I. LAGHOUAT.

Laghouat, ville et oasis (pl. V, fig. 1), est abondamment pourvue d'eau.

J'ai dit ⁽¹⁾ que le courant superficiel de l'Oued M'zi disparaît à 20 kilomètres au-dessus de Laghouat; les eaux continuent ensuite leur cours, sous les sables et graviers du lit, jusqu'à 4 kilomètres en amont. Là elles passent au travers d'une brèche étroite de la muraille rocheuse qui forme le bord méridional du Dakla (entre le Kef Ras-el-Aïoun, à droite, et le Djebel Zebach, à gauche), et, par suite du resserrement brusque du lit, une partie de la rivière remonte à la surface, pour disparaître à nouveau un peu plus loin sous les sables et graviers. En ce point est installée une prise d'eau des plus sommaires, formée de deux barrages en pierres sèches et en terre. Deux canaux s'en détachent et amènent les eaux, le premier à l'oasis Sud ⁽²⁾, le second à l'oasis Nord; mais, vu leurs longueurs, ces canaux en terre (*saguia*) laissent perdre la plus grande partie des eaux, dont un quart à peine, soit 50 litres par seconde, arrive à destination.

Un troisième barrage en sables et fascines, construit au débouché de l'Oued M'zi dans la plaine saharienne et rattaché aux crêtes mêmes de Laghouat, servait, en cas de crue, à ramener une partie des eaux sur l'oasis; mais il a été enlevé par une forte crue, survenue en 1882.

En outre, la ville et l'oasis Nord possèdent de nombreux puits, alimentés par les infiltrations de l'Oued M'zi. L'eau s'y trouve à 5 ou 6 mètres de la surface. La ligne rocheuse dont le Rocher des Chiens (Djebel Tizgrarin) forme l'arête principale joue ici le rôle d'un barrage naturel, qui arrête les eaux souterraines et les empêche de s'écouler vers l'oasis Sud.

Du côté de l'oasis Sud, on a creusé jusqu'à 30 mètres sans trouver d'eau, sauf dans le voisinage immédiat de la rivière.

Les puits ont des eaux de qualité bien inférieure à celles de l'Oued M'zi ⁽³⁾. Mais ils offrent cependant un intérêt majeur pour la défense de la place ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

⁽²⁾ Ce canal se rend d'abord dans la ville de Laghouat, puis gagne l'oasis Sud en passant entre les deux crêtes rocheuses sur lesquelles est bâtie la ville.

⁽³⁾ Voir ci-après la composition des eaux de l'Oued M'zi : à l'Appendice de la 2^e partie, § 3 — à la 3^e partie, chapitre II, § 10 — et à l'Annexe I.

⁽⁴⁾ Les ressources en eaux potables de la place de Laghouat consistent : 1° en une fontaine publique,

L'eau qui surgit naturellement à la surface du lit de l'Oued M'zi, au Ras-el-Aïoun, ne représente qu'une faible fraction de la rivière, dont la majeure partie n'apparaît pas et filtre souterrainement au travers des sables et des graviers du lit. Mais le jour où l'on construira un barrage en maçonnerie à cet endroit, on pourra réussir à ramener entièrement les eaux à la surface et à utiliser tout le débit de la rivière (sauf la question des pertes le long des canaux d'amenée). Or il n'est pas exagéré de dire qu'on arriverait ainsi à doubler l'oasis de Laghouat.

Des études très complètes ont été faites en vue de ce travail par le service des ponts et chaussées. Le rocher qui forme seuil sous le lit, et sur lequel il faudrait établir la maçonnerie, se trouve à une profondeur maxima de 11 mètres. Le lit est rempli par un sable très fin vers le haut et mêlé de graviers vers le bas; le mode de construction à employer pour fonder dans ce terrain serait d'établir des enceintes partielles en pieux et palplanches jointives. Les expériences faites par le Génie ont démontré la possibilité de construire le barrage, sans détourner l'Oued M'zi — opération qui serait au moins aussi difficile que le travail du barrage lui-même, et qui aurait pour résultat inévitable de ruiner l'oasis de Laghouat, en la privant d'eau pendant tout un été.

II. ENTRE LAGHOUAT ET EL-GOLÉA.

La première halte de notre itinéraire a été à la citerne de Nili, que nous avons trouvée à sec. Le chef de Mission dut envoyer les chameaux chercher de l'eau à la citerne de Tilremt, située à une journée environ vers l'Est.

La citerne de Nili est placée dans l'oued de ce nom (pl. IX, fig. 1); le lit offre en ce point un élargissement, auquel se rend un petit affluent venant de l'Ouest.

alimentée par la première dérivation de l'Oued M'zi; 2° en un certain nombre de puits publics et particuliers.

Dans le cas de blocus, les habitants et la garnison ne devraient compter que sur les puits. A l'intérieur de l'enceinte se trouvent 12 puits publics et 4 puits particuliers: 6 ont de l'eau excellente; 1 de l'eau bonne; 2 de l'eau légèrement saumâtre, mais buvable; 3 de l'eau saumâtre, buvable à la rigueur; 1 de l'eau saumâtre, que les animaux boivent; 3 de l'eau saumâtre. Ces puits sont, pour ainsi dire, intarissables. On n'arrive à les épuiser que momentanément avec une forte pompe et après un travail considérable. Chacun peut fournir plus de 30 litres à la minute. C'est beaucoup plus qu'il n'est nécessaire pour l'alimentation de toute la ville. On pourrait, du reste, creuser encore dans la ville presque autant de puits qu'on voudrait.

Le service du Génie a dû prévoir le cas, à peu près inadmissible d'ailleurs, où la garnison et la population européenne seraient forcées de se réfugier dans les forts. Ces forts étant construits sur les crêtes calcaires, on ne saurait y trouver de l'eau directement que par des puits verticaux, du fond desquels partiraient des galeries latérales, allant drainer les alluvions au Nord. Mais ces travaux seraient fort coûteux.

Actuellement le fort Bouscarin possède une citerne, pouvant contenir 438 mètres cubes d'eau filtrée; celle-ci est alimentée par une pompe aspirante et foulante, placée sur un petit canal d'irrigation, à 131 mètres de distance horizontale et 31 mètres en contre-bas. Le service de l'hôpital puise dans cette citerne pour sa consommation quotidienne.

Le fort Morand a aussi une petite citerne, d'une contenance de 22 mètres cubes. On la remplit au moyen de mulets chargés de tonnelets d'eau.

Un barrage en terre ramène les eaux du lit vers la citerne, où elles s'emmagasinent et sont protégées contre une évaporation trop active.

La citerne de Tilremt est creusée au fond d'une daya fermée. A l'époque de notre voyage, elle avait de l'eau provenant d'une pluie tombée en septembre 1879.

Au milieu de la même daya de Tilremt, on a creusé autrefois un puits, qui pénètre assez profondément dans le massif des calcaires turoniens, et qui a été arrêté à une soixantaine de mètres; il ne donne presque pas d'eau, et on n'y trouve habituellement qu'à peine de quoi remplir une peau de bouc. Un autre puits fut creusé en 1884 sur la bordure Nord de la daya; il est profond de 90 mètres; il donne en abondance, dit-on, une eau excellente.

Pour ce qui est des points d'eau suivants de notre caravane, entre Laghouat et El-Goléa, je renverrai à l'Annexe II, placée à la fin du présent ouvrage.

On y trouvera les renseignements recueillis sur les puits ordinaires de Zeb-bacha, d'El-Hassi et d'Hassi-Charef (profondeurs, diamètres, températures, débits, etc.), ainsi que sur les sources d'Aïn-Massin (et aussi sur les puits instantanés de Mechgarden, au Sud-Ouest d'El-Goléa)⁽¹⁾.

Notre voyage s'étant accompli après une sécheresse ininterrompue de plusieurs années, les débits que nous avons constatés à ces divers points d'eau doivent être considérés comme des minima.

III. EL-GOLÉA.

De même que Laghouat, El-Goléa (pl. VI, fig. 2), située à l'autre extrémité du projet de chemin de fer considéré, est un point d'eau remarquable. Il y a même là une région aquifère de premier ordre, pour le haut Sahara tout au moins.

L'oasis d'El-Goléa (pl. XXXVII) possède des puits assez nombreux de 5 à 6 mètres de profondeur, quelques-uns davantage, où l'on puise pour les besoins des irrigations (puits ordinaires à bascule, simple ou double, pl. XXXVIII, ou à poulie). Fait à signaler : trois de ces puits indigènes se distinguent en ce qu'ils sont artésiens et même jaillissants — très faiblement, il est vrai; ils ont de 7 m. 90 à 8 m. 30 de profondeur.

De petites sources se rencontrent le long de la vallée. La plupart sont obstruées et tarées; les autres ont des débits insignifiants. Ces sources sont généralement situées au centre de dépressions plus ou moins accusées; l'eau y sourd au sommet de petits tertres argileux, en partie recouverts par les sables.

Signalons aussi les vestiges des galeries et tranchées de drainage (*foggara*, pl. *feggaguir*) qui sillonnaient autrefois la plaine d'El-Goléa, et permettaient, à

⁽¹⁾ Voir ci-après (Appendice de la 2^e partie, § 3 — *Post-scriptum* — et Annexe I) la composition chimique de quelques-unes de ces eaux.

leurs débouchés, d'irriguer à l'eau courante. Elles prenaient naissance soit à une source, soit au pied de l'Erg. Une seule est encore en activité⁽¹⁾.

L'Annexe III, à la fin de cet ouvrage, est consacrée spécialement aux puits indigènes, aux sources naturelles et aux feggaguir d'El-Goléa. On y trouvera des renseignements détaillés recueillis en partie par moi, lors de notre Mission, et en partie, ultérieurement, par M. le lieutenant Reibell⁽²⁾.

Les puits ordinaires et les feggaguir s'adressent à une première nappe, voisine de la surface, et renfermée dans les alluvions de la vallée. Cette nappe est remarquablement abondante ici. D'une part, en effet, nous avons vu plus haut⁽³⁾ que le bas-fond d'El-Goléa (pl. IV) [fig. 4 ci-après dans le texte]⁽⁴⁾ est situé sur le cours de l'Oued Seggueur, prolongé par l'Oued Meguiden, et en aval-pendage d'une partie assez importante de l'Erg occidental, dont les eaux d'infiltration descendent du Nord-Ouest vers lui. D'autre part, il se trouve barré brusquement, au Sud-Est, par la falaise crétacée d'El-Goléa, et la disposition de cette falaise en forme d'arc concave, tendant à emprisonner les eaux qui se rendent dans le bas-fond, achève de réaliser un ensemble de conditions favorables pour la constitution d'un bassin local.

Quant aux trois puits artésiens indigènes d'El-Goléa, ils correspondent évidemment — de même que les sources naturelles qui parsèment la plaine — à une nappe plus profonde et dotée de pression hydrostatique. Les puits en question sont eux-mêmes, il est vrai, peu profonds; mais il est probable qu'ils ont été creusés aux emplacements d'anciennes sources.

C'étaient là des indices favorables, en présence desquels les recherches d'eaux franchement jaillissantes, au moyen de sondages, se trouvaient tout indiquées dans la plaine d'El-Goléa. Effectivement⁽⁵⁾ les travaux de sondage que l'autorité militaire a été amenée à y entreprendre récemment ont été couronnés de succès, et l'on a obtenu ainsi des puits tubés jaillissants, qui présentent de fort beaux débits, même à une certaine hauteur au-dessus de la surface du sol. J'ai cru devoir, pour compléter la présente étude sur les eaux souterraines du haut Sahara, consigner brièvement dans un *Post-scriptum* placé ci-après⁽⁶⁾, les faits intéressants dont il s'agit, ainsi que les conclusions qui en résultent relativement à l'existence d'une nappe artésienne en profondeur, au sein des terrains crétacés moyens, dans la région d'El-Goléa.

⁽¹⁾ Ces *feggaguir* remontent à une époque antérieure à la conquête arabe. Elles dénotent une pré-occupation agricole et une aptitude au travail qui ne se rencontrent plus chez les habitants actuels du pays.

⁽²⁾ Voir, en outre, ci-après, au § 3 de l'Appendice de la 2^e partie et à l'Annexe I, les résultats d'une série d'analyses faites sur les eaux d'El-Goléa.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 2.

⁽⁴⁾ *Ibid.*, *Post-scriptum*.

⁽⁵⁾ Renseignements ajoutés lors de la correction des dernières épreuves.

⁽⁶⁾ Page 284.

APPENDICE.

AVANT-PROJET

POUR L'ALIMENTATION EN EAU D'UN CHEMIN DE FER DE LAGHOuat À EL-GOLÉA
AU MOYEN DE PUIITS.

(Voir à l'appui la planche II et la figure 1 de la planche XI.)

J'étudierai d'abord la question avec le tracé direct par la hamada située entre le Mzab et l'El-Loua (pl. II), puis avec la variante par l'El-Loua.

Je présenterai ensuite quelques observations générales et mes conclusions.

§ 1. TRACÉ DIRECT PAR LA HAMADA ENTRE LE MZAB ET L'EL-LOUA.

Un train ordinaire de marchandises consomme, en moyenne, une tonne d'eau par heure, soit à peu près tous les 25 kilomètres.

Admettons un train par jour dans chaque sens sur le chemin de fer de Laghouat à El-Goléa. Nous devrions avoir, tous les 25 kilomètres, au moins une station d'eau, pouvant fournir 2 tonnes par vingt-quatre heures. Mettons 4 tonnes, pour tout prévoir, pertes et autres consommations.

Le système assurément préférable d'alimentation consisterait à trouver sur place l'eau nécessaire, en creusant une série de puits. Il ne saurait être question, d'ailleurs, dans ces régions, que de puits ordinaires, dont on aurait à élever les eaux à la surface; quant à des recherches d'eaux jaillissantes, elles ne devraient être prévues ici qu'à titre exceptionnel et dans certaines localités spéciales.

Examinons d'abord exclusivement ce système, et voyons s'il est possible de faire, entre Laghouat et El-Goléa, une série de puits échelonnés le long de la ligne, distants l'un de l'autre de moins de 25 kilomètres et fournissant chacun au moins 4 tonnes par vingt-quatre heures.

La ligne franchit d'abord un seuil en atterrissement, puis se maintient à la surface de plateaux calcaires, arides et secs, sauf 80 kilomètres en vallée. Sur 420 kilomètres de longueur totale, on n'a ainsi que 80 kilomètres où l'on trouve de l'eau à peu de profondeur.

Les terrains créacés du haut Sahara présentent assez régulièrement, ainsi que j'ai dit plus haut (§ 1, I), une série de nappes d'infiltration vers le contact des calcaires turoniens et des marnes cénomaniennes. Le massif calcaire, ai-je ajouté, peut lui-même renfermer quelques petites nappes, par exemple, celles qui alimentent les puits d'El-Hassi; mais c'est à la partie supérieure des marnes sous-jacentes, dans les lits intercalés de calcaires et de grès, que se trouve la majeure partie des eaux souterraines de ce niveau hydrologique. Pour plus de simplicité, nous supposerons, dans l'étude pratique dont il s'agit ici, qu'il existe une nappe unique, qu'elle se trouve, sous les plateaux de calcaires turoniens, au contact même des étages calcaire et marneux, qu'elle s'abaisse aux abords des vallées qui entaillent la formation et pénètrent dans les marnes cénomaniennes, et qu'alors elle est située au niveau du fond de ces échancrures : nous l'appellerons conventionnellement la *nappe créacée d'alimentation*.

Cette nappe doit exister plus ou moins sur toute l'étendue des régions que traverse le projet de chemin de fer de Laghouat à El-Goléa et des régions avoisinantes du haut Sahara. Mais elle ne saurait présenter, en général, que de faibles débits le long même du tracé de chemin de fer : celui-ci, en effet, suit à peu de distance le bord occidental de la bande crétacée qui fait saillie au milieu du Sahara algérien, et il se trouve ainsi constamment situé du côté de l'amont-pendage des couches, qui plongent au Sud-Est vers la cuvette du Melrir. En ce qui concerne les débits à escompter dans les puits que l'on creuserait le long du chemin de fer, le seul indice de quelque valeur est l'altitude, en raison inverse de laquelle nous admettrons que croît le volume de la nappe crétacée d'alimentation.

Le nivellement de la surface et la stratigraphie du sous-sol permettent de connaître la profondeur et l'altitude auxquelles se trouve la nappe aux différents points de l'itinéraire. Ces données ressortent à l'inspection de la coupe géologique de Laghouat à El-Goléa (pl. XI, fig. 1). Elles sont résumées par le tableau suivant :

TABLEAU RÉSUMANT LES ALLURES DE LA NAPPE CRÉTACÉE D'ALIMENTATION
LE LONG DU TRACÉ DE LAGHOUAT À EL-GOLÉA.

	Laghouat.	Une journée au Sud de Zebbacha.	Descente d'El-Hassi.	Bir-Rekaoui.	Noumar.	El-Goléa.	Oued el-Djoua.
Profondeur moyenne sous la surface	200 ^m	100 ^m	0 ^m	75 ^m	100 ^m à 0 ^m	0 ^m à 100 ^m	
Altitudes extrêmes	620 ^m -500 ^m	620 ^m -560 ^m	560 ^m -393 ^m	393 ^m -240 ^m	280 ^m -396 ^m	380 ^m -250 ^m	
	Variante par l'El-Loua ⁽¹⁾ .						
	0 ^m						
	620 ^m -393 ^m						

I. DE LAGHOUAT AU PARALLÈLE DE ZEBBACHA.

(100 kilomètres : 4 puits, sans compter la tête de ligne.)

Le tracé quitte Laghouat à l'altitude de 739 mètres, s'élève jusqu'à l'altitude de 842, puis descend jusqu'au parallèle de Zebbacha, qui est à l'altitude de 712.

Il franchit la chaîne surbaissée qui sépare, au Nord, le bassin de l'Oued Djeddi et, au Sud, les bassins de l'Oued Nili et des autres vallées parallèles dont j'ai parlé. Il passe à proximité du Ras Cha'ab, point culminant de la chaîne, à l'altitude de 850 mètres.

Le seuil d'atterrissement doit être un faite de séparation pour les eaux souterraines, comme pour les eaux superficielles. J'ai dit qu'il correspondait probablement à un relief sous-jacent du terrain crétacé : celui-ci se trouverait, d'après la figure 1 de la planche XI, à une centaine de mètres de profondeur. On peut douter que des puits, même de 100 mètres, au travers des terrains d'atterrissement, récoltent suffisamment d'eau, vu les altitudes et les conditions de cette région; cela n'est pas impossible cependant. En cas d'insuffisance, il faudrait aller s'adresser à la nappe crétacée située plus bas, et alors il y aurait encore à traverser le massif des calcaires turoniens, épais d'environ 100 mètres, avant d'atteindre la nappe. Celle-ci, d'ailleurs, serait peu abondante, tant à cause de l'altitude que du bombement des

⁽¹⁾ Voir ci-après le § 2 du présent Appendice.

couches dans cette partie du Sahara. J'admettrai enfin qu'on doive poursuivre les fonçages sur une cinquantaine de mètres dans les marnes cénomaniennes.

Soit, pour chaque puits, 100 mètres au minimum et peut-être, au total, 250 mètres à creuser, dont 100 mètres au travers de calcaires très durs.

Les conditions seraient les mêmes pour les puits n^{os} 1 et 2.

Le n^o 1 se fera sur le parallèle du camp du 18 au 19 janvier. On pourrait le placer dans l'Oued bou-Trekfine, qui se trouve à moins d'un kilomètre de la ligne; cela économiserait 15 mètres environ de forage.

Le n^o 2 se fera sur le parallèle de la citerne de Nili.

Si le seuil souterrain de terrain crétacé était à une plus grande profondeur sous la surface, on pourrait vraisemblablement recueillir assez d'eau sans sortir des terrains d'atterrissement. Ce serait une grande économie; mais mieux vaut se placer dans les conditions les plus défavorables.

L'altitude décroît ensuite vers le Sud, et le puits n^o 3 aurait chance de réussite sans sortir des terrains gréseux et sableux, qui doivent avoir à peu près 120 mètres d'épaisseur de ce côté. Le puits sera fait dans la zone déprimée et transversale où se trouve la série des deltas de l'Oued Nili et autres vallées parallèles.

Le puits n^o 4 sera creusé dans une dépression à choisir sur le parallèle de Zebbacha-Gharbi. Les puits creusés par les indigènes au fond de la cuvette de Zebbacha-Gharbi nous montrent que dans cette région, avec une profondeur de 10 mètres, on peut obtenir 750 litres d'eau par vingt-quatre heures. Un puits poussé jusqu'à la base de l'atterrissement, qui doit avoir ici environ 80 mètres, donnerait sans doute suffisamment d'eau.

II. DU PARALLÈLE DE ZEBBACHA À LA DESCENTE D'EL-HASSI.

(100 kilomètres : 4 puits.)

Après avoir dépassé Zebbacha, le tracé continue à descendre jusqu'à l'altitude de 670 mètres, et passe insensiblement du plateau d'atterrissement sur le plateau crétacé. Il se poursuit en ligne droite sur celui-ci, en s'élevant d'abord à l'altitude de 712, et s'abaissant ensuite à l'altitude de 637, qui est celle d'El-Hassi.

Les puits n^{os} 5, 6 et 7 seront échelonnés le long du plateau crétacé. Ils auront chacun sans doute à traverser 100 mètres de calcaires très durs et au moins 50 mètres de marnes. La nappe se trouve toujours dans des conditions défavorables : l'altitude diminue, mais la distance au massif alimentaire du Nord augmente; on est sur un bombement des couches, etc.

A partir d'El-Hassi, le tracé suit l'Oued Sobti et s'engage dans l'Oued Djedari. Il descend rapidement ainsi à l'altitude de 543 mètres, et pénètre dans les marnes aquifères (pl. IX, fig. 2). Les conditions de réussite des forages s'améliorent ici.

Le puits n^o 8 sera placé dans l'Oued Djedari, à son débouché dans la plaine de Dayet-el-Aref; une profondeur de 50 mètres, dans les marnes, devra suffire.

Il eût été préférable de pouvoir reculer encore davantage le puits n^o 8, et de le placer à Dayet-el-Aref même, qui se trouve à une quarantaine de mètres en contre-bas; mais la distance entre le n^o 7 et le n^o 8 fût devenue trop grande (à moins de faire un puits de plus sur le plateau).

III. DE LA DESCENTE D'EL-HASSI À BIR-REKAOUI.

(60 kilomètres : 3 puits.)

Cette section centrale de la ligne est de beaucoup la mieux dotée en eaux. Elle est indiquée comme région d'approvisionnement et d'habitation.

Le tracé continue en vallée, au sein des marnes aquifères. Il s'abaisse à l'altitude d'environ

400 mètres auprès de Teniet-el-Anez; puis il descend l'Oued Ter'ir, dont l'altitude à Bir-Rekaoui est de 393 mètres (pl. IX, fig. 2).

La section considérée est donc très bien située par rapport aux eaux crétacées. De plus, elle suit des lignes d'eau superficielles et doit bénéficier de l'écoulement qui a lieu le long de leurs thalwegs (d'autant plus que la cuvette de ces vallées est marneuse et imperméable).

Les puits indigènes sont nombreux dans les vallées en question; l'Oued Ter'ir en possède, dit-on, 101. Ces puits traversent les alluvions quaternaires et pénètrent dans les marnes cénomaniennes.

Lors de notre mission, le puits d'Hassi-Charef, profond de 14 mètres, donnait encore, après une grande sécheresse, 3,000 litres en vingt-quatre heures.

J'ai attribué trois puits à cette section. Ils ne seront distants que de 20 kilomètres. Ils n'auront guère chacun que 25 mètres, à percer dans des roches tendres.

Le n° 9 se fera dans l'Oued Zaiti, près de son débouché dans Dayet-el-Aref (ou dans cette daya même, ainsi que je vais dire).

Les n° 10 et 11 se feront dans l'Oued Ter'ir, le premier vis-à-vis du promontoire du flanc gauche de la vallée, le second entre Hassi-Charef et Bir-Rekaoui.

Outre les besoins du chemin de fer, les puits pourraient, d'ailleurs, être multipliés le long de cette section, qui est apte à se développer. Des oasis pourraient y être créées, comparables à celles du Mزاب.

Signalons, en particulier, Dayet-Zoubia, dont la situation naturelle se recommanderait pour la création d'un groupe d'habitations et comme gare principale de la future ligne, à mi-distance entre Laghouat et El-Goléa. Nous avons vu que quatre vallées convergent vers cette dépression fermée, qui récolte leurs eaux. L'emplacement est également bien choisi pour la recherche des eaux crétacées : car cette dépression, ai-je fait observer plus haut, occupe le centre d'un bassin local (pl. XI, fig. 1).

Ce serait le cas de faire à Dayet-Zoubia un grand sondage de recherche, qui aurait chance de fournir des eaux jaillissantes. D'après ce qui précède, on s'adresserait non plus à la nappe ordinaire d'alimentation, la seule sur laquelle est basée l'étude du présent Appendice, mais à la nappe artésienne qui doit exister dans la partie inférieure du massif cénomanien, vers son contact avec les grès albiens sous-jacents.

Aussi ai-je prévu, par exception, au n° 9, l'éventualité d'un sondage de 200 mètres (au lieu d'un simple puits d'alimentation du chemin de fer⁽¹⁾).

IV. DE BIR-REKAOUÏ À L'OUED EL-KHOUA.

(90 kilomètres : 4 puits.)

A partir de Bir-Rekaoui, le tracé continue à descendre l'Oued Ter'ir vers le Sud-Est. Nous avons exposé que le contact des calcaires turoniens et des marnes cénomaniennes s'abaisse dans cette direction, puis disparaît sous les alluvions du lit, et que, dès lors, les calcaires apparaissent seuls sur les berges de la vallée, dont la hauteur diminue graduellement (pl. IX, fig. 2). Le lit de l'Oued Ter'ir, au point où le tracé en sort, est à l'altitude de 356 mètres : c'est le point le plus bas de notre itinéraire de Laghouat à El-Goléa.

Du moment où la cuvette de la vallée devient calcaire, elle n'a plus guère d'étanchéité, et l'écoulement, le long du thalweg, doit se perdre peu à peu. Quant à la nappe ordinaire d'alimentation, il résulte du plongement des couches qu'elle est à une profondeur croissante sous

⁽¹⁾ Que si le sondage de Dayet-Zoubia réussissait, on pourrait en exécuter une série d'autres dans les régions parcourues par le chemin de fer, le long des Oueds Djedari, Zaiti, Ter'ir, depuis les environs de Dayet-el-Aref jusqu'à ceux de Hassi-Charef. Mais ce serait là une entreprise de colonisation saharienne, n'ayant plus rien à faire avec l'alimentation en eau de la ligne elle-même.

la vallée. En revanche, à mesure qu'on s'avance vers le Sud-Est, on laisse derrière soi, en amont-pendage, une région de plus en plus étendue; par suite, il est permis d'espérer que les eaux souterraines augmentent de volume.

Le tracé, depuis la sortie de l'Oued Ter'ir jusqu'à l'Oued el-Khoua, se maintient à des altitudes voisines de 400 mètres. Les puits de cette section ne devront compter sur aucun appoint de la surface; ils auront à traverser le massif des calcaires turoniens, mais trouveront dans les marnes sous-jacentes des nappes mieux fournies (et peut-être faiblement ascendantes).

On fera les puits au fond des oueds qui entaillent le plateau, afin d'avoir le moins possible à forer au travers des calcaires durs.

Le puits n° 12 sera placé à la sortie de l'Oued Ter'ir; le n° 13 à la traversée de l'Oued Sadana; le n° 14 à la traversée de l'Oued Zirara; le n° 15 à la traversée de l'Oued el-Khoua. Les épaisseurs de calcaires compacts à traverser seront respectivement d'environ 40, 50, 75 et 60 mètres. Il suffira de prolonger chaque puits de 25 mètres dans les marnes cénomaniennes (plus exactement, ces 25 mètres comprendront une dizaine de mètres de calcaires crayeux et, au-dessous, une quinzaine de mètres de marnes).

V. DE L'OUED EL-KHOUA À EL-GOLÉA.

(70 kilomètres : 3 puits, sans compter El-Goléa.)

A partir de la traversée de l'Oued el-Khoua et du passage de sables de Noumar, le tracé se dirige au Sud-Ouest vers El-Goléa; l'altitude est de 383 mètres aux deux extrémités, et s'abaisse dans l'intervalle à 320. Les couches se relèvent vers le bord de la cuvette; il y a diminution du volume et de la pression de la nappe, mais aussi de sa profondeur sous les calcaires turoniens.

L'Oued Toroudi, qui longe le pied de la ligne du Gour Zidia, est indiqué pour l'emplacement d'un puits : ce sera le n° 17, ayant à traverser environ 20 mètres de calcaires et 25 mètres de marnes.

Quant au n° 16, on le mettra au fond d'un oued, à peu près à mi-distance entre l'Oued el-Khoua et l'Oued Toroudi. L'épaisseur de calcaires à traverser sera d'environ 65 mètres, et l'on poursuivra de 25 mètres dans les marnes.

De l'Oued Toroudi au Ksar d'El-Goléa, il n'y a que 30 kilomètres, et l'on pourrait, à la rigueur, se passer de puits. Cependant je prévois encore un puits dans l'Haoud mta-Guenina, entre les Gour Ouargla et El-Goléa; il aurait 15 mètres dans les calcaires et 35 mètres dans les marnes. Ce serait le n° 18, le dernier avant El-Goléa.

Résumé. — Ainsi dix-huit puits seraient nécessaires pour l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa, sans tenir compte de l'alimentation des deux stations extrêmes, lesquelles sont abondamment pourvues d'eau.

Le tableau suivant (voir pages 48 et 49) indique les emplacements des puits, les épaisseurs des diverses natures de roches qu'ils traversent et leurs profondeurs totales. Suivent un résumé par section et un résumé général.

TABLEAU POUR L'ALIMENTATION D'UN CHEMIN DE FER

Numéros des puits	PREMIÈRE SECTION.				DEUXIÈME SECTION.				
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 8.	
Emplacements des puits	Près le camp du 18 au 19 janvier (dans l'Oued bou-Trekfina).	Près la citerne de Nili.	Delta terminal de l'Oued Nili.	Près Zebbacha.	Entre Zebbacha et Ain-Massin.	Près d'Ain-Massin.	Entre Ain-Massin et El-Hassi.	Dans l'Oued Djedari.	
Épaisseurs des diverses natures de roches à traverser.	Grès agglutinés, sables, argiles, tufs calcaires, <i>moyennement durs et tendres</i> ; n'ont pas besoin de revêtement, sauf certains niveaux de sables coulants et d'argile plastique	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
	Calcaires, souvent <i>très durs</i> ; massif <i>compact</i>	100	100	120	80	"	"	"	
	Marnes, <i>tendres</i> ; ont besoin d'être murillées ou tubées; présentent des bancs intercalés de calcaires, grès, gypse (et parfois un niveau supérieur de calcaires crayeux) <i>moyennement durs</i> .	100 ?	100 ?	"	"	100	100	100	"
		50 ?	50 ?	"	"	50	50	50	50
Profondeurs totales.....	100 ou 250	100 ou 250	120	80	150	150	150	50	

		RÉSUMÉ	
		1 ^{re} SECTION.	2 ^e SECTION.
		4 puits.	4 puits.
		mètres.	mètres.
Épaisseurs des diverses natures de roches à traverser.	Grès agglutinés, sables, argiles, tufs calcaires, <i>moyennement durs et tendres</i> ; n'ont pas besoin de revêtement, sauf certains niveaux de sables coulants et d'argile plastique	400	"
	Calcaires, souvent <i>très durs</i> ; massif <i>compact</i>	200 ?	300
	Marnes, <i>tendres</i> ; ont besoin d'être murillées ou tubées; présentent des bancs intercalés de calcaires, grès, gypse (et parfois un niveau supérieur de calcaires crayeux) <i>moyennement durs</i> ...	100 ?	200
	Hauteurs totales de puits à forer	400 ou 700	500

DE LAGHOUAT À EL-GOLÉA AU MOYEN DE PUIITS.

TROISIÈME SECTION.			QUATRIÈME SECTION.				CINQUIÈME SECTION.		
N° 9.	N° 10.	N° 11.	N° 12.	N° 13.	N° 14.	N° 15.	N° 16.	N° 17.	N° 18.
Près ou dans Dayet-Zoubia.	Dans l'Oued Ter'ir, vis-à-vis le promontoire du flanc gauche de la vallée.	Dans l'Oued Ter'ir, entre Hassi-Charef et Bir-Rekouï.	Dans l'Oued Ter'ir, avant la sortie de la vallée.	Dans l'Oued Sadana.	Dans l'Oued Zirara.	Dans l'Oued el-Khoua.	Entre Noumar et les Gour Zidia.	Dans l'Oued Torouchi.	Dans l'Haoud m'a-Guenina.
mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	40	50	75	60	65	20	15
25 ou 200 (puits artés.).	25	25	25	25	25	25	25	25	35
25 ou 200 (puits artés.).	25	25	65	75	100	85	90	45	50
PAR SECTION.							RÉSUMÉ		
3 ^e SECTION.			4 ^e SECTION.		5 ^e SECTION.		GÉNÉRAL.		
— 3 puits.			— 4 puits.		— 3 puits.		— 18 puits.		
mètres.			mètres.		mètres.		mètres.		
"			"		"		400		
"			225		100		625 ou 825		
75 ou 250 (avec un puits artésien).			100		85		735 ou 460		
75 ou 250 (avec un puits artésien).			325		185		1,485 ou 1,960		

La section centrale, la 3^e, est de beaucoup la plus favorisée, au double point de vue du prix des forages à exécuter et de la quantité d'eau à espérer.

Dans la 4^e et la 5^e section, les forages seront plus coûteux, mais on peut compter, avec le programme prévu, sur une quantité d'eau convenable.

Quant aux 1^{re} et 2^e sections, elles se trouvent dans des conditions inférieures à tous égards (surtout la 2^e), et le résultat, malgré les dépenses, sera sans doute médiocre (bien que suffisant pour l'alimentation d'un chemin de fer).

En somme, l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa, au moyen de puits échelonnés le long de la ligne, ne comporterait pas moins de 1,485 à 1,960 mètres de forage, dont : 400 mètres dans des roches moyennement dures et tendres, n'ayant généralement pas besoin de revêtement; 460 à 735 mètres dans des roches tendres et moyennement dures, devant être généralement murillées ou tubées; enfin 625 à 825 mètres dans des roches dures, souvent même très dures. Le chiffre de 1,960 mètres suppose un forage profond de 200 mètres, en vue d'un puits artésien jaillissant.

§ 2. VARIANTE PAR L'OUED LOUA.

Une variante, proposée pour le tracé d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa, passerait par la vallée de l'Oued Loua (pl. II). Le tracé, à partir du parallèle de Zebbacha, obliquerait au Sud-Ouest, descendrait un des ravins de tête de l'Oued Loua, longerait le pied de la grande falaise, en se maintenant dans le lit de l'oued (pl. XII, fig. 4), descendrait celui-ci jusqu'à Dayet-Tarfa, puis, se rabattant au Sud-Est, passerait par le large défilé qui fait communiquer Dayet-Tarfa avec la plaine de l'Oued Zaiti, et se raccorderait par là avec le tracé suivi par nous.

Cette variante aurait des avantages au point de vue de l'alimentation en eau. Dans le projet d'alimentation au moyen de puits, elle permettrait de s'affranchir des forages n^{os} 5, 6 et 7, profonds et coûteux.

Ce n'est pas que l'Oued Loua soit bien favorablement située quant aux eaux crétacées : car elle se trouve à l'emplacement du bombement que les couches de la Craie figurent dans cette région (pl. X, fig. 4). Mais elle pénètre profondément dans l'étage des marnes cénomaniennes, au sein desquelles il existe sans doute d'autres niveaux aquifères, à des altitudes plus basses. De plus, si l'on voulait traverser par un sondage profond cet étage marneux et rechercher la nappe artésienne dont j'ai admis l'existence aux environs du contact des marnes cénomaniennes et des grès albiens sous-jacents, on aurait chance, en se plaçant dans l'Oued Loua, de la recouper à une profondeur que j'ai évaluée à 150 ou 200 mètres (suivant l'emplacement).

D'autre part, les alluvions et les atterrissements de l'Oued Loua renferment une certaine quantité d'eau. Cet appoint serait faible, si l'on ne considérait que les eaux de pluie récoltées dans son bassin, qui est peu étendu et entièrement saharien. Mais il est probable que certaines nappes renfermées dans les couches d'atterrissement qui s'élèvent vers le pied de l'Atlas oranais s'écoulent souterrainement vers la dépression considérée; il n'est même pas impossible que des sondages peu profonds y recouper quelque peu d'eaux ascendantes.

Un puits serait à faire au centre de Dayet-Tarfa (pl. II). En amont, on mettrait un puits sur le parallèle d'Ain-Massin, vis-à-vis de la grande échancrure de la falaise et du débouché de l'Oued Mehaiguen; puis un autre entre ce point et Zebbacha. Enfin un quatrième partagerait la distance entre le puits de Dayet-Tarfa et le grand puits de Dayet-Zoubia (pl. XII, fig. 2). Ces puits — en ne songeant qu'à des puits ordinaires d'alimentation pour le chemin de fer et sans parler de l'éventualité de sondages artésiens — n'auraient chacun que

40 à 50 mètres et ne traverseraient que des alluvions, des atterrissements et des marnes. Ils remplaceraient avantageusement, à tous égards, les quatre puits de la 2^e section.

§ 3. OBSERVATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS.

Laghouat et El-Goléa, les deux extrémités du projet de chemin de fer considéré, sont abondamment pourvues d'eaux, et d'eaux de très bonne qualité pour le Sahara.

Un barrage en maçonnerie, à la prise d'eau de Laghouat, permettrait de beaucoup mieux utiliser le débit de l'Oued M'zi.

Dans la plaine d'El-Goléa, on peut soit multiplier les puits ordinaires, soit faire de nouveaux sondages artésiens⁽¹⁾.

La composition chimique des eaux recueillies le long de notre itinéraire de Laghouat à El-Goléa est donnée plus loin, à l'Annexe I placée à la fin du présent ouvrage.

L'eau de Laghouat renferme environ 0 gr. 8 de sels par litre.

À El-Goléa, on trouve des eaux qui contiennent moins de 0 gr. 25 de sels par litre : ce qui est tout à fait exceptionnel au désert.

Assurément, si on voulait s'imposer au Sahara les mêmes conditions qu'en Europe — où une bonne eau pour chaudière ne doit contenir au plus que 0 gr. 001 de sulfate de chaux par litre — on serait conduit à éliminer toutes les eaux sans exception, même celle d'El-Goléa. Mais autres situations, autres exigences. Le long du Transsaharien, il faudra pratiquement qu'on en vienne à consommer les eaux du pays telles quelles, en faisant un choix entre elles : du reste, les procédés d'épuration chimique, bien que fort nombreux, n'ont encore qu'une valeur très relative, industriellement parlant. Les chaudières, assurément, s'incrusteront au bout d'un certain temps; mais on les réparera et les remplacera, quand il y aura lieu, et l'on prévoira en conséquence les dépenses d'entretien des locomotives, au chapitre des frais d'exploitation du chemin de fer⁽²⁾.

Pour ce qui est des eaux crétacées qu'on obtiendrait au moyen de puits entre Laghouat et El-Goléa, on peut compter, ainsi qu'on verra à l'Annexe I, que, sur la plus grande partie du parcours de la ligne, leur teneur moyenne en sels ne dépassera pas 1 gr. 20 par litre; or les eaux que consomment les locomotives des chemins de fer de l'Est algérien ne sont guère moins chargées de sels : elles tiennent, en moyenne, 1 gr. 10 par litre. Il est vrai que, sur la 1^{re} section de la ligne, de Laghouat à El-Goléa, on aurait deux ou quatre puits alimentés par les eaux des terrains d'atterrissement, et que celles-ci seraient deux ou trois fois plus chargées de sels.

L'avant-projet ci-dessus a été dressé de manière que les locomotives trouvent de l'eau, le long du chemin de fer, à des intervalles de moins de 25 kilomètres.

Le système des puits échelonnés serait évidemment le mode d'alimentation le plus naturel. Ce serait le plus simple et le moins coûteux, sinon pour la dépense de premier établissement, du moins pour l'exploitation et même pour l'entretien.

Une fois creusés (et convenablement murillés ou tubés à la traversée des terrains ébouleux, délitables ou coulants), les puits dureraient presque indéfiniment. Leur seul entretien consisterait en curages, à cause de l'ensablement graduel auquel on ne pourrait échapper.

Les eaux pourraient être élevées — de même que sur le chemin de fer transcontinental des États-Unis — au moyen de moulins à vent automatiques, et emmagasinées dans de grands réservoirs.

⁽¹⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum*.

⁽²⁾ On trouvera ci-après quelques indications à cet égard à l'Appendice V du chapitre I de la troisième partie.

En somme, ce système d'alimentation est possible sur toute la ligne.

C'est le seul raisonnable pour la section centrale⁽¹⁾.

Avant de dresser un projet définitif d'alimentation de la ligne de Laghouat à El-Goléa au moyen du système des puits que j'ai eu spécialement en vue, il y aurait lieu de le comparer — pour les deux premières et les deux dernières sections — sous le double rapport des dépenses de premier établissement et d'exploitation, au système de la conduite de refoulement qui a été mis en avant par M. Duponchel⁽²⁾, ou au système du transport de l'eau dans des citernes roulantes par les locomotives elles-mêmes. Pour ma part, j'admettrais peut-être ce dernier système⁽³⁾, si, en l'adoptant, on pouvait faire l'économie de premier établissement du creusement des puits prévus plus haut; mais tel ne serait pas le cas, et il faudrait toujours, indépendamment de l'alimentation des machines, forer des puits pour l'alimentation des gares et du personnel de la voie, attendu qu'il n'existe sur le tracé aucune oasis où l'on puisse se procurer ces approvisionnements complémentaires.

L'un ou l'autre des deux derniers systèmes d'alimentation comporteraient trois gares d'eau : une à Laghouat, une à Dayet-Zoubia, une à El-Goléa. L'eau serait refoulée ou transportée sur quatre tronçons de 100 kilomètres chacun, en chiffres ronds. La conduite de refoulement aurait à franchir le seuil du Ras Cha'ab, situé à 25 kilomètres au Sud de Laghouat et à 100 mètres en contre-haut.

Si l'on préférerait, ce que je ne prévois pas, n'employer que des eaux de Laghouat et d'El-Goléa, à cause de leur qualité, on aurait deux conduites de refoulement ou deux sections de citernes roulantes, partant des deux extrémités vers le centre et offrant chacune un développement de plus de 200 kilomètres. Mais, même en admettant cette solution improbable, il ne serait pas moins opportun de faire des recherches d'eau dans la section centrale, afin d'y mettre en valeur les vallées de cette région et de créer là, à mi-distance entre les deux bouts de la ligne, un relais habité et un centre de résistance.

⁽¹⁾ Ainsi que pour la seconde, si l'on adopte la variante de l'Oued Loua.

⁽²⁾ A. Duponchel. — Le Chemin de fer Transsaharien, jonction coloniale entre l'Algérie et le Soudan (Montpellier, 1878).

⁽³⁾ Ainsi qu'on verra plus loin, à l'Appendice V du chapitre I de la troisième partie, ce système d'alimentation au moyen de citernes roulantes doit être préféré pour la ligne de Biskra à Ouargla, bien que cette ligne soit abondamment pourvue d'eau. Mais la situation n'est pas comparable : car les eaux dont on disposerait entre Biskra et Ouargla, sur le parcours même du chemin de fer, ne renferment pas moins de 4 gr. 5 de sels par litre, en moyenne, et, dans ces conditions, on trouve avantage à employer exclusivement les eaux des deux stations extrêmes, Biskra et Ouargla, lesquelles accusent seulement 3 gr. par litre.

TROISIÈME PARTIE.

LE BASSIN ARTÉSIEN DU BAS SAHARA.

Le bas Sahara algérien et tunisien a ceci de très remarquable, que c'est un immense bassin d'eaux artésiennes, c'est-à-dire d'eaux souterraines, dotées de pression et, par suite, ascendantes ou jaillissantes. Ce bassin artésien est un des plus importants qui existent à la surface du globe. Son étude, indépendamment de son intérêt propre, ne peut manquer d'être instructive pour d'autres contrées.

Quelques régions privilégiées du bas Sahara attirent surtout l'attention et présentent une extraordinaire abondance d'eaux jaillissantes : eaux douces et potables, légèrement thermales, fournies soit par des sources naturelles, soit par des puits artésiens ou, autrement dit, par des sources artificielles.

Au Nord du Sahara de Constantine, dans la région de Biskra et à l'Ouest de cette région, c'est la belle série des sources du Zab, qui débitent ensemble près de 3 mètres cubes d'eau par seconde — soit environ 90 millions de mètres cubes pendant une année entière. — Au Sud, dans l'Oued Rir', ce sont des centaines de puits artésiens, dont tous les débits totalisés atteignent 4 mètres cubes d'eau par seconde — soit 130 millions de mètres cubes annuellement. — Plus au Sud, dans la région d'Ouargla, ce sont encore de nombreux puits artésiens, dont le débit total dépasse 0 mc. 500 d'eau par seconde — soit près de 20 millions de mètres cubes en un an.

D'autre part, dans le Sahara tunisien, on a les magnifiques sources du Djérid, à l'Ouest — les célèbres sources de Gafsa, au Nord — la masse des petites sources du Nefzaoua, au Sud — et enfin, à l'Est, les sources importantes de l'Aarad, le long du littoral du golfe de Gabès. Il faut signaler aussi, au bord du golfe de Gabès, les puits artésiens récemment forés dans la région dite de l'Oued Melah, ainsi que les puits artésiens romains que l'on rencontre dans le Sud de l'Aarad.

Ce n'est pas tout, loin de là. En dehors de ces régions définies, vers lesquelles les eaux artésiennes affluent, et où elles se trouvent, pour ainsi dire, concentrées en volume et en pression, il existe, sur toute l'étendue du bas Sahara algérien et tunisien, une diffusion d'eaux artésiennes qui imprègnent la masse des terrains sableux et perméables de son sous-sol, comme une immense éponge, et qui donnent lieu sans doute à bien des nappes ignorées. D'une manière générale, dans tout le bas Sahara règne une nappe ascendante, d'un faible débit, qui remonte jusqu'auprès de la surface, par pression et par capillarité, et qui

épouse plus ou moins les ondulations du sol : c'est elle qui filtre dans les puits ordinaires des caravanes et de certaines oasis, dans les excavations des jardins du Souf, dans les bassins situés au fond des entonnoirs naturels qu'on rencontre çà et là; elle qui, affleurant dans les dépressions du relief, alimente les sebkha et les chotts.

De toutes parts a lieu, sous le climat saharien, une évaporation active aux dépens de cette nappe supérieure. Aussi peut-on dire que les quantités d'eaux artésiennes qui se perdent ainsi de tous côtés sont incomparablement plus grandes que les volumes débités par toutes les sources et par tous les puits jaillissants réunis du bas Sahara.

Aperçu historique sur les puits artésiens des régions de l'Oued Rir' et d'Ouargla. — L'origine des puits artésiens indigènes des régions de l'Oued Rir' et d'Ouargla remonte fort loin, ainsi que les légendes populaires et les témoignages des auteurs⁽¹⁾ en font foi. Certaines traditions les font remonter à l'année 1341 de notre ère (742 de l'Hégire); les autres prétendent qu'elle est bien antérieure à l'Hégire; d'après d'autres même, les puits auraient existé de tout temps dans ces régions.

Une des légendes des Rouara s'exprime ainsi⁽²⁾ : « Avant l'apparition de l'homme dans l'Oued Rir', il n'existait que des *chria* et des *behour* (sources jaillissantes naturelles), et c'est ce qui a motivé la création des premières oasis du Sahara. D'un côté, l'accroissement des plantations et de la population, de l'autre, la diminution naturelle des *chria* et des *behour* affaiblirent, à la longue, les ressources de l'irrigation. Un jour, *chria* et *behour* cessèrent complètement de couler. Les marabouts se mirent alors en prière, et Dieu, le créateur et le savant, leur inspira la pensée de creuser des puits : ce qui fut mis immédiatement à exécution et couronné du plus éclatant succès. »

L'histoire de l'Oued Rir' est assez mal connue. Les traditions sont presque muettes sur les populations autochtones de ces régions, avant la première invasion des Berbères, venus de l'Est. Quant aux Romains, qui avaient atteint Biskra et solidement établi leur domination dans tout le Zab, il est à peu près certain qu'ils n'étendirent pas leur occupation permanente au delà de l'Oued Djeddi, vers le Sud; tout au moins n'en reste-t-il aucune trace dans l'Oued Rir'. Vint ensuite une seconde invasion berbère, puis la conquête arabe, à la fin du VII^e siècle.

Depuis le commencement du XV^e siècle jusqu'à la conquête française, l'Oued Rir', qui formait un petit royaume, avec Tougourt pour capitale, a été gouverné

⁽¹⁾ Dans sa dernière brochure sur les *Forages artésiens de la province de Constantine* (Louis Marle, éditeur, Constantine, 1890), M. Jus cite à ce propos des passages fort nets des écrits d'Ibn Khaldoun, d'El Riachis et de Shaw.

⁽²⁾ H. Jus. — *Les forages artésiens de la province de Constantine; résumé des travaux exécutés de 1856 à 1889* (Louis Marle, éditeur, Constantine, 1890).

par la dynastie des Ben Djellab : ce furent, entre eux et les beys de Constantine, des guerres incessantes, terminées plusieurs fois par le siège et la mise à sac de Tougourt. Même après la prise de Biskra par les Français, en 1844, l'Oued Rir' fut encore déchiré par une série sanglante de luttes intestines, et ce malheureux pays ne trouva la paix qu'en 1854, quand nos troupes le délivrèrent du gouvernement tyrannique qui l'opprimait, et occupèrent définitivement Tougourt.

La colonne expéditionnaire était commandée par le colonel Desvaux, qui conçut alors l'idée généreuse de relever l'Oued Rir' de ses ruines et de son état de décadence complète, et comprit le rôle bienfaisant que nous pouvions jouer dans le Sahara en y introduisant la sonde artésienne. Toutes les indications nécessaires à cet égard lui avaient d'ailleurs été fournies par l'ingénieur des mines Dubocq⁽¹⁾, qui avait déjà exploré l'Oued Rir' quelques années auparavant, examiné son système de puits artésiens et montré quel parti l'on pourrait tirer de ce bassin avec l'outillage européen.

Une noble tâche s'offrait à la nation conquérante. La manière la plus sûre et la plus élevée d'asseoir notre domination, n'était-ce pas de frapper l'imagination des indigènes par la puissance de nos moyens d'action et de les forcer à bénir le nom de la France, venant leur apporter à la fois la justice et la prospérité?

Le spectacle que présentaient à cette époque les oasis de l'Oued Rir' était vraiment lamentable. Les jardins dépérissaient, faute d'eau, et certaines oasis avaient déjà disparu sous les sables : car si le pulvérin sableux que les vents balayent sans cesse à la surface du désert est sans effet sur des oasis bien irriguées, il n'en est plus de même dans celles où l'eau manque ou devient insuffisante.

Les puits indigènes — qui sont simplement boisés, et dont la durée est forcément limitée — tarissaient peu à peu, par suite d'éboulements et d'ensablements, et chaque jour l'on désapprenait à en creuser de nouveaux. Symptôme des plus graves : l'ancienne corporation de ces hommes habiles et vénérés, appelés *m'ellem* (savants) et *r'tassin* (plongeurs), qui savaient, au péril de leur vie, creuser les puits jaillissants de l'Oued Rir', n'existait plus que de nom. « Nos enfants, disait alors un de ses principaux survivants, se ramollissent et craignent le danger. Si Dieu, le possesseur des miracles, ne vient point à notre aide, dans dix ans l'Oued Rir' sera abandonné et enseveli sous les sables. »

Mais le miracle fut fait, et la sonde française sauva l'Oued Rir'.

Le programme du colonel Desvaux était le suivant : procéder du connu à l'inconnu, creuser d'abord de nouveaux puits dans l'Oued Rir', rendre la vie aux oasis en décadence et attacher à la France de malheureuses populations; rechercher ensuite des eaux jaillissantes dans les steppes du Sahara, entre Biskra et Tougourt, assurer des gîtes d'étape aux colonnes françaises, aux convois, aux caravanes, de manière à faciliter les relations commerciales et la domi-

⁽¹⁾ Dubocq. — Mémoire sur la constitution géologique des Zibân et de l'Oued Rir' au point de vue des eaux artésiennes de cette portion du Sahara, 1853.

nation du pays; fournir une alimentation durable aux troupeaux des nomades qui passent l'hiver et une partie du printemps dans le petit désert de Morran, etc.; puis, plus tard, faire de même jusqu'à Ouargla.

Ces projets furent approuvés par le maréchal Randon, gouverneur général de l'Algérie. On s'adressa, pour les sondages, à la maison Degousée et Laurent. M. Charles Laurent fit, en décembre 1855, un voyage d'exploration, ayant pour objet de reconnaître exactement les conditions des sondages à entreprendre, les chances diverses à courir et les modifications qu'il conviendrait d'apporter aux outils de l'équipage de sonde, à faire fonctionner à 150 lieues du littoral. En avril 1856, le matériel de sondage était débarqué à Philippeville. Le 19 juin 1856 — date mémorable dans les annales de l'Oued Rir' — l'oasis de Tamerna-Djedida voyait le succès éclatant du premier puits français, et la sonde, aux mains de l'ingénieur Jus, faisait jaillir, en présence des indigènes étonnés, une gerbe d'eau magnifique : 4,000 litres par minute. La *Fontaine de la Paix*, tel fut le nom dont on baptisa cette nouvelle source d'eau vive, qui, en jaillissant, avait fait plus qu'une victoire de nos armes pour la pacification du Sud.

Depuis lors, et pendant trente ans, les sondages de l'Oued Rir' ⁽¹⁾ ont été poursuivis par l'administration militaire sous la direction aussi habile que dévouée de M. Jus, dont le nom restera lié à cette œuvre. La direction active des sondages militaires passa ensuite entre les mains de M. le lieutenant Clottu, un des meilleurs élèves du maître.

Dans une brochure récente ⁽²⁾, M. Jus compare ainsi l'état et la valeur des oasis de l'Oued Rir' en 1856, deux ans après la prise de Tougourt, et en 1890 :

TABLEAU COMPARATIF DES OASIS DE L'OUED RIR' EN 1856 ET EN 1890 ⁽³⁾.

DÉSIGNATION.	1856.	1890.	EN PLUS en 1890.	
Nombre	de villages ou d'oasis ⁽¹⁾	33	42	9
	d'habitants	6,772	13,302	6,530
	de palmiers-dattiers ⁽²⁾	359,300	630,512	271,212
	d'arbres fruitiers	40,000	90,000	50,000
	de puits artésiens indigènes	282	617	335
	de behour ⁽³⁾ irriguant effectivement	21	28	7
	de puits artésiens français	"	136	136
Débit total des puits artésiens indigènes et behour	Litres par minute. 52,767	Litres par minute. 107,463	Litres par minute. 44,696	

⁽¹⁾ Oasis ou annexes. — ⁽²⁾ Palmiers en rapport. — ⁽³⁾ Behour et chria.

⁽¹⁾ Appareils de sondage de la maison Ed. Lippmann et C^{ie} (ancienne maison Degousée et Laurent).

⁽²⁾ H. Jus. — Résumé graphique des sondages exécutés dans la province de Constantine du 1^{er} juin 1856 au 1^{er} janvier 1890 (Louis Marle, éditeur, Constantine, 1890).

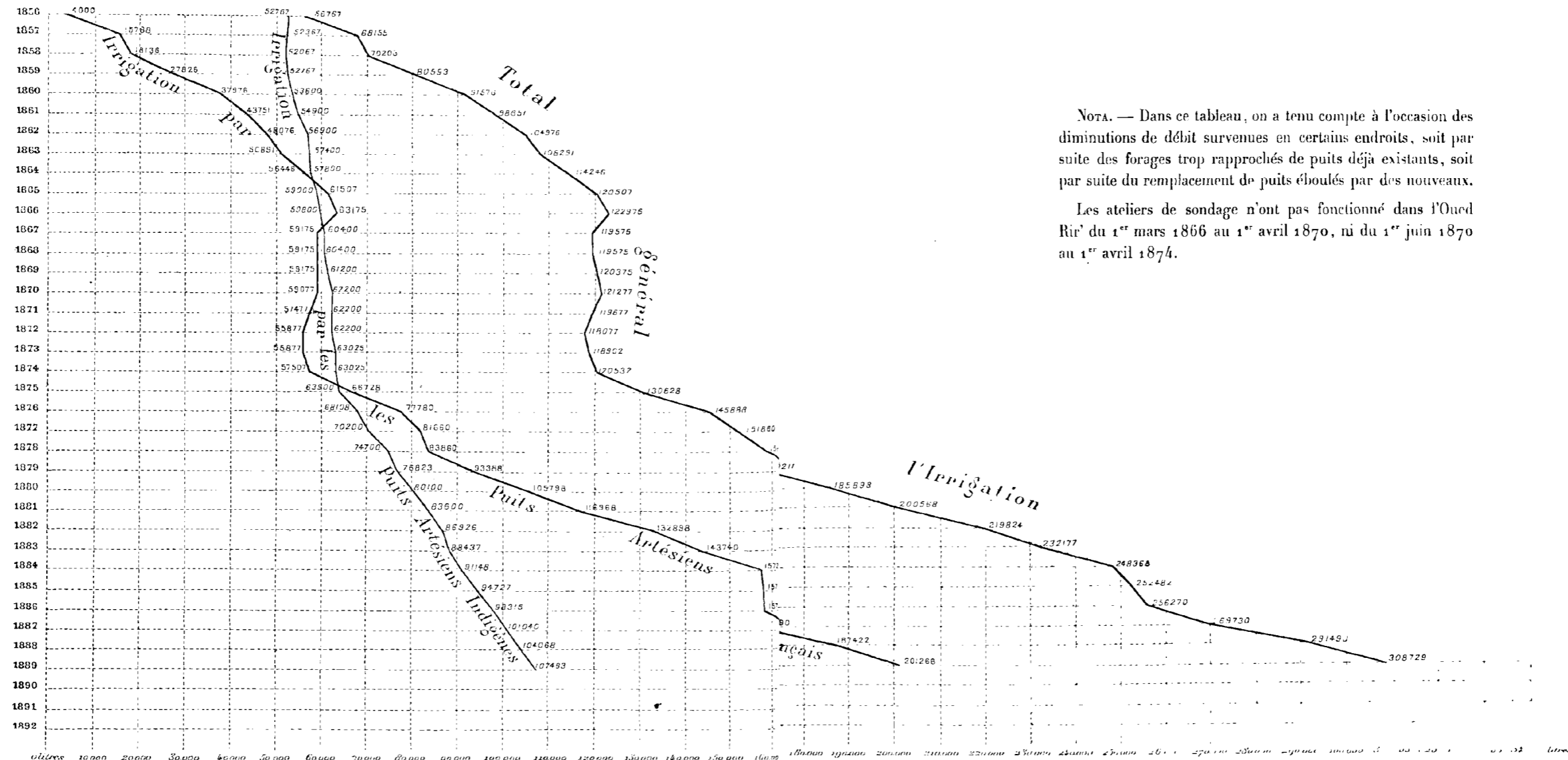
⁽³⁾ Ce tableau ne comprend pas les oasis de Bledet-Abmar et d'El-Goug, au Sud de l'Oued Rir', oasis que je comprends, au contraire, avec celles de l'Oued Rir' dans mes indications statistiques (*Géologie*

TABLEAU GRAPHIQUE

DE LA PROGRESSION DE L'IRRIGATION DES OASIS DE L'OUED RIR'

DU 1^{ER} JUIN 1856 1^{ER} JANVIER 1890.

Nombre des puits artésiens français	136	} Au 1 ^{er} janvier 1890.
Nombre des puits artésiens indigènes	617	
Nombre des behour (et chria) irriguant effectivement	28	
Total général du volume des eaux d'irrigation dans l'Oued ...		308,729 litres à la minute.



DÉSIGNATION.	1856.	1890.	EN PLUS en 1890.
	Litres par minute. #	Litres par minute.	Litres par minute.
Débit total des puits artésiens français.		201,266	201,266
Débit total de tous les puits artésiens français et indigènes de la région (plus les behour).	52,767	308,729	255,962
	Francs.	Francs.	Francs.
Valeur approximative { des palmiers.	1,300,000	10,097,160	8,797,160
{ des arbres fruitiers.	40,000	90,000	50,000
{ des maisons.	210,800	976,800	766,000
{ des puits artésiens indigènes.	314,000	600,000	286,000
{ des puits artésiens français.	"	600,000	600,000

J'ai cru également intéressant de reproduire ici (voir ci-contre la figure 2 dans le texte) celui des tableaux graphiques de cette brochure qui indique la progression de l'irrigation des oasis de l'Oued Rir' pendant la même période.

De pareils résultats se passent de commentaires ⁽¹⁾.

En résumé, l'œuvre des sondages militaires de l'Oued Rir' a eu pour résultat :

« 1° De jalonner nos routes stratégiques dans tout le Sahara, et de mettre nos convois militaires à l'abri des surprises, de la part des nomades et des oasiens;

« 2° D'assurer la paix et la tranquillité de Biskra à Tougourt-Temacin et même jusqu'à Ouargla;

« 3° D'augmenter le bien-être des populations du Sud en leur procurant les moyens de remplacer tous leurs anciens palmiers par de nouveaux et de s'agrandir considérablement;

« 4° De quadrupler l'irrigation de toutes les oasis et d'en assurer ainsi la vitalité;

« 5° De créer de nouvelles forêts de palmiers dans des terrains de chott salé, que nos oasiens et nos nomades n'auraient jamais songé à mettre en culture;

« 6° Enfin d'ouvrir les portes de l'Oued Rir' à des sociétés françaises de colonisation qui ont créé, par elles-mêmes, quatre oasis de plus de 60,000 palmiers-dattiers et dont les capitaux sont exclusivement restés entre les mains des populations de cette région.

du Sahara, 2^e partie, chapitre I, § 3, et Appendice statistique du présent ouvrage). D'autre part, il englobe Chegga, au Nord de l'Oued Rir', tandis que je rattache Chegga à la région des Zibans (Appendice statistique). Malgré ces quelques divergences, j'ai tenu à citer tel quel le tableau dressé par M. Jus, d'autant plus qu'il s'agit surtout d'un état comparatif.

⁽¹⁾ M. Jus ajoute à ce propos : « Nous ferons remarquer que si, de 1856 à 1890, les plantations de dattiers n'ont augmenté que de 271,212, alors que le débit total de l'irrigation s'est accru de 255,962 litres à la minute, cela tient à deux raisons : la première, c'est que nos oasiens ont complètement renouvelé leurs jardins, en abattant tous les vieux palmiers, dont la fécondation était difficile et le rendement à peu près nul, pour les remplacer par de nouveaux; la seconde, c'est qu'ils se sont adonnés aux cultures d'orge dans toutes leurs plantations, à partir de 1875, ne voulant plus rester sous la dépendance des nomades, qui leur échangeaient des céréales à des conditions exorbitantes. »

« Le but que le Gouvernement s'était proposé, en introduisant la sonde artésienne dans le Sahara, se trouve donc noblement atteint et même surpassé. »

Ajoutons que, depuis quelques années, il existe dans l'Oued Rir' une entreprise privée de forages, qui appartient à l'une des deux sociétés de colonisation installées dans le pays⁽¹⁾ et qui a foré 13 puits artésiens (compris dans le tableau précédent).

Notons aussi les sondages exécutés, de 1886 à 1888, sur la route directe de Biskra au Souf, par l'atelier militaire des sondages de l'Oued Rir'. Lors de l'occupation de la Tunisie, deux postes militaires furent établis dans le Souf, à El-Oued et à Debila, pour surveiller nos frontières de ce côté; la division de Constantine, voulant faciliter le mouvement des colonnes et des convois entre Biskra et ces nouveaux postes, résolut de créer des puits d'étape le long de la route des chotts, afin d'éviter désormais le détour par Tougourt. Le but a été atteint, et des eaux jaillissantes (d'un faible débit, il est vrai) ont été obtenues en plusieurs points de cette route.

D'autre part, la sonde artésienne était introduite en 1883 dans la région de Ouargla, par les soins de la division d'Alger. Les considérations qui ont amené l'autorité supérieure à cette excellente détermination sont résumées par les lignes suivantes⁽²⁾ :

« Lors de notre installation dans le pays, nous avons trouvé les populations des Ksours dans une profonde misère. De tout temps, les Ksouriens ont été à la merci des nomades et des Mzabites. Dans les vingt dernières années surtout, ces malheureuses populations ont eu, en outre, pour faits d'insurrection, à supporter des contributions de guerre qui, ajoutées aux exactions des nomades, aux ravages de l'usure et à la charge des impôts annuels, ont amené une grande détresse. Elles sont cependant très intéressantes, puisqu'elles seules travaillent le sol dans les oasis, et peuvent seules leur rendre leur ancienne prospérité.

« Il a semblé à l'autorité supérieure qu'on pouvait leur venir en aide, les aider à payer leurs dettes, les rendre propriétaires, et enfin faire revenir dans leur pays ceux qui, en grand nombre, l'avaient quitté par découragement. »

Les résultats qu'on se proposait se sont déjà fait sentir, et il est à espérer que l'œuvre des sondages militaires sera poursuivie avec persévérance tant dans la région d'Ouargla proprement dite que plus au Sud, sur le tracé du chemin de fer transsaharien.

Signalons enfin, à l'autre extrémité du bas Sahara, dans le Sahara tunisien, la réussite des sondages d'exploration qui ont été exécutés sur le littoral du golfe de Gabès, dans la région aujourd'hui connue sous le nom de *bassin de*

⁽¹⁾ *Compagnie de l'Oued Rirh* (appareils de la maison L. Dru). — L'autre société (*Société de Batna et du Sud algérien*) a préféré continuer à s'adresser aux ateliers militaires (avec l'autorisation de l'administration) pour faire forer ses puits, à son compte, aux points désignés par elle.

⁽²⁾ Notes sur le pays d'Ouargla et sur les sondages opérés dans ses oasis de 1883 à 1888 (Gouvernement général de l'Algérie, 1889).

l'Oued Melah. On sait que les forages en question ont été entrepris, dans ces dernières années, par M. de Lesseps et le groupe de capitalistes qui avaient auparavant soutenu le colonel Roudaire dans son projet de mer intérieure.

Le projet de mer intérieure est définitivement abandonné, et il faut s'en féliciter. Quant au nouveau programme, beaucoup plus pratique que l'ancien, il consiste essentiellement à fertiliser par l'irrigation des terrains jusqu'alors incultes, et à exécuter dans le Sud tunisien la même œuvre de création agricole que l'Oued Rir' a déjà vu s'accomplir.

Après ces indications préliminaires, abordons l'étude du bassin artésien du bas Sahara.

Dans un premier chapitre, je décrirai, au point de vue hydrologique, les régions traversées par notre itinéraire d'Ouargla à Biskra (pl. III) et les régions avoisinantes. Ce sera une première étude détaillée, basée surtout sur les indications des puits artésiens et des sources naturelles de ces régions.

Dans un second chapitre, je présenterai une étude d'ensemble sur le régime des eaux artésiennes du bas Sahara. J'y formulerai mes conclusions.

Enfin, dans un troisième chapitre, relativement court, je parlerai des animaux vivant dans les eaux artésiennes du bas Sahara algérien.

Parmi les planches qui devront être consultées plus spécialement au cours de cet exposé (et dont la plupart ont déjà servi pour ma *Géologie du Sahara*), je citerai de suite les principales : carte-itinéraire de Biskra à Ouargla (pl. III); coupes géologiques générales au travers du Sahara algérien (pl. X); coupe géologique de Biskra à Ouargla (pl. XI, fig. 3); carte des forages artésiens exécutés dans le Sahara du département de Constantine sous la direction de M. Jus (pl. XIX); coupes géologiques et hydrologiques détaillées des sondages de l'Oued Rir' (pl. XX et XXI); profils hydrologiques de l'Oued Rir' (pl. XXII) et de la région d'Ouargla (pl. XVIII, fig. 3); puits jaillissant de l'Oued Rir', coquilles, poissons et crustacés vivant dans les eaux artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla (pl. XXVIII et XXIX); — sans parler des figures de détail auxquelles il sera renvoyé en temps et lieu.

Je mentionnerai également ici les tableaux synoptiques des sondages de l'Oued Rir' et des sources du Zab que l'on trouvera ci-après dans le texte du premier chapitre.

CHAPITRE PREMIER.

EAUX ARTÉSIENNES, PUIITS ET SOURCES DES RÉGIONS TRAVERSÉES PAR L'ITINÉRAIRE D'OUARGLA À BISKRA ET DES RÉGIONS AVOISINANTES.

J'adopterai les mêmes divisions que pour le premier chapitre de la deuxième partie de ma *Géologie du Sahara*, de manière qu'il y ait correspondance entre les

descriptions géologique et hydrologique, le long de l'itinéraire d'Ouargla à Biskra, et que, pour chaque région de cet itinéraire, on puisse facilement se reporter d'un rapport à l'autre.

Le présent chapitre comprendra donc les cinq paragraphes suivants :

- 1° La région d'Ouargla ;
- 2° La région intermédiaire entre les bas-fonds d'Ouargla et l'Oued Rir' ;
- 3° L'Oued Rir' ;
- 4° La région intermédiaire entre l'Oued Rir' et le Zab ;
- 5° Le Zab.

J'ai déjà donné, dans ma *Géologie du Sahara*, un aperçu sur les oasis des régions d'Ouargla, de l'Oued Rir' et du Zab. On trouvera, de plus, à la fin du présent ouvrage, les *états statistiques* détaillés de ces oasis ⁽¹⁾.

A la suite de ce chapitre, je placerai cinq appendices :

Le premier appendice donne des extraits des rapports de M. Jus sur les travaux de sondages exécutés dans l'Oued Rir' pendant les campagnes de 1879 à 1882. Le second présente quelques observations pratiques sur les sondages de l'Oued Rir'. — En ce qui concerne les puits jaillissants indigènes, les opérations de leur creusement et de leur curage ont été décrites en détail par Ville ⁽²⁾ et par M. Jus ⁽³⁾, tant pour l'Oued Rir' que pour Ouargla, et je me contenterai de renvoyer à ces descriptions.

Le troisième appendice fournit des exemples de quelques sources des divers types du Zab occidental. Le quatrième est relatif au sondage n° 2 de Biskra (coupe et indications diverses).

Enfin le cinquième appendice traite, avec développement, de l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Biskra à Ouargla. Cette étude conclut à l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla pour l'alimentation des machines locomotives de la ligne.

§ 1. LA RÉGION D'OUARGLA.

Je parlerai successivement des puits ordinaires, des puits jaillissants indigènes et des sondages français de la région d'Ouargla. J'ajouterai quelques mots sur la question de l'écoulement des eaux.

Je rappelle que l'oasis d'Ouargla et ses environs sont l'objet d'une carte géologique spéciale (pl. VII), et que la figure 3 de la planche XVIII donne un profil hydrologique transversal de cette région, profil passant par Ouargla même et dirigé de l'Est à l'Ouest.

I. PUIITS ORDINAIRES.

L'oasis d'Ouargla et ses cinq annexes, Adjaja, Chott, Sidi-Kouilet, Rouissat

⁽¹⁾ Appendice statistique de l'*Hydrologie du Sahara*.

⁽²⁾ L. Ville. — Voyages d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

⁽³⁾ H. Jus. — Les forages artésiens de la province de Constantine, 1878.

et Ba-Mendil, possèdent environ 600 puits ordinaires à bascule. Ces puits, creusés la plupart dans les alluvions sableuses du bas-fond⁽¹⁾, n'ont que quelques mètres (3 m. 5 à 8 mètres d'après les nos 7 à 11 de l'Annexe II ci-après), et n'atteignent pas le niveau de la nappe artésienne qui règne en profondeur; ils sont alimentés simplement par les infiltrations d'une nappe voisine de la surface.

Des puits semblables se trouvent à l'oasis de Negoussa.

Exceptionnellement on rencontre quelques puits, beaucoup plus profonds, creusés au travers des grès massifs⁽²⁾ qui constituent les terrasses latérales et les gour du bas-fond d'Ouargla.

Le plus remarquable des puits de ce genre est celui que l'on voit sur la plate-forme supérieure du Gara Krima, au Sud d'Ouargla (pl. VII et XVIII, fig. 2). C'est un grand puits circulaire de 3 m. 75 de diamètre, exécuté jadis par les Mzabites au sommet même de cette forteresse naturelle (qui leur servait sans doute de lieu de refuge contre les nomades). Il est murailé sur 3 mètres seulement, près de l'orifice, et tient sans revêtement sur tout le reste de sa hauteur. D'après la longueur de la tranchée qui s'observe à la surface de la plate-forme, à partir de l'orifice, et qui servait évidemment à puiser au moyen d'une corde et d'une poulie, la profondeur primitive du puits devait être de 85 mètres: le puits traversait donc toute la hauteur du gara et pénétrait d'une trentaine de mètres dans les couches situées au-dessous du lit de l'Oued Mya, où il devait recouper des nappes d'infiltration latérales; mais il n'arrivait sans doute pas jusqu'au niveau de la nappe artésienne, niveau dont le prolongement se trouverait à 35 mètres environ plus bas. Ce puits a été en partie comblé et n'a plus que 45 mètres; il est à sec.

Je citerai aussi, au Nord-Ouest d'Ouargla, un autre puits analogue, creusé sur le monticule de la Kasba de Ba-Mendil, au milieu de la cour principale (n° 12 de l'Annexe II ci-après). Il a 27 mètres et se tient sans muraillement: il n'atteint pas le niveau de la nappe artésienne.

Pour ce qui est de la composition chimique, les eaux des puits ordinaires de la région d'Ouargla sont assez chargées en matières salines, comme toutes celles du bas Sahara, en général. On peut admettre, en moyenne, une teneur totale de 2 gr. 7253 en sels anhydres⁽³⁾. Il faut observer néanmoins que cette teneur est notablement inférieure à celles des eaux de la plupart des puits ordinaires, dans les autres régions de l'intérieur du bas Sahara⁽⁴⁾.

II. PUIITS JAILLISSANTS INDIGÈNES.

La région d'Ouargla (y compris Negoussa) possède, d'après les derniers

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 1, II.

⁽²⁾ *Ibid.*, 2^e partie, chapitre I, § 1, I.

⁽³⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

⁽⁴⁾ Sauf en ce qui concerne les eaux des puits ordinaires de l'Oued Mya, au Sud, à en juger d'après l'analyse n° 2 du tableau de l'Annexe I placée à la fin de l'ouvrage.

recensements⁽¹⁾, 258 puits jaillissants indigènes, dont 243 en activité et 15 ne donnant plus d'eau. Leurs débits varient de 10 à 560 litres d'eau par minute, suivant les puits. Le débit total est évalué à 27,128 litres par minute : soit une moyenne de 100 litres par puits.

Sur ces 243 puits jaillissants indigènes, l'oasis d'Ouargla et ses annexes d'Adjaja, de Chott et de Rouissat en comptent 210, qui débitent ensemble 23,088 litres⁽²⁾. L'oasis de Negoussa en compte 33, qui débitent ensemble 4,040 litres.

J'ai décrit en détail, dans ma *Géologie du Sahara*, les terrains traversés par les puits artésiens d'Ouargla : d'abord quelques mètres d'alluvions sableuses ; puis un massif compact de grès (étage *t*^{2a} des atterrissements anciens), qui règne jusqu'à 35 mètres de profondeur, en moyenne, sous le bas-fond ; enfin une couche marneuse imperméable (étage *l'* des atterrissements anciens), de 5 à 10 mètres d'épaisseur, qui recouvre les sables aquifères : c'est la *couverture* de la nappe artésienne, couverture qui maintient les eaux sous pression et qu'il faut percer pour leur livrer passage.

Tant qu'ils sont dans les terrains de sables meubles ou peu agrégés, les indigènes creusent un trou carré de 1 m. 50 à 3 m. 50 de côté et boisent les parois avec de gros troncs de palmiers, non équarris. Quand ils atteignent la roche de grès, ils poursuivent en forant un trou rond, de 1 mètre de diamètre, jusqu'aux sables aquifères.

La hauteur des boisages est très variable, parfois nulle ; elle atteint 7 m. 60 à l'Ain Boushag et 12 m. 70 à l'Ain Mouta. M. Ville cite un boisage de 16 mètres à Adjaja.

En somme, la hauteur totale, depuis l'orifice jusqu'à la rencontre des sables aquifères, est généralement de 30 à 40 mètres ; exceptionnellement (du côté de Rouissat) elle peut atteindre 50 mètres.

Au-dessous, on extrait les sables aquifères (étage *t*¹ des atterrissements anciens), qui sont meubles et même fluides, en quantité aussi grande que possible, de manière à pratiquer à la base des puits de grandes chambres d'alimentation.

La résistance des grès de l'étage *t*^{2a} assure aux puits de cette région une durée presque indéfinie. Le fait est qu'on n'en creuse pas de nouveaux. Les habitants en ont perdu l'habitude et en seraient incapables aujourd'hui, la corporation des puisatiers indigènes ou *m'eallem* (savants) ayant disparu.

Peu à peu cependant les chambres d'alimentation arrivent à se combler et le fond des puits s'obstrue, soit à cause d'ensablements par l'orifice, soit par

⁽¹⁾ Notes sur le pays d'Ouargla et sur les sondages opérés dans ses oasis de 1883 à 1888 (publication du Gouvernement général de l'Algérie, Alger, 1889).

⁽²⁾ Les anciens états, dressés en 1870 (voir ci-après l'Appendice statistique), indiquaient pour Ouargla et ses annexes des chiffres bien supérieurs, savoir : 316 puits jaillissants indigènes et un débit total de 50,290 litres d'eau par minute (soit un débit moyen de 159 litres par puits). Il est probable que ces différences tiennent non seulement à la diminution réelle du nombre des puits et de leurs débits, mais encore et surtout à des erreurs dans les recensements et les jaugeages des débits.

suite d'éboulements et de foisonnements dans les sables aquifères eux-mêmes (malgré la très faible vitesse des eaux jaillissantes). Il en résulte une diminution graduelle du débit. Aussi faut-il curer de temps en temps le fond des puits et rendre aux chambres d'alimentation des dimensions suffisantes : c'est l'œuvre des plongeurs ou *r'tassin*.

En outre, le coffrage en bois de la partie supérieure des puits pourrit et se décompose au bout d'un certain nombre d'années. Il se produit alors une réduction plus ou moins active des sulfates qui sont dissous dans ces eaux en proportion notable⁽¹⁾ : d'où la forte odeur d'hydrogène sulfuré que l'on constate fréquemment près des vieux puits.

D'une manière générale, c'est à des phénomènes de réduction semblables, en présence des matières organiques, que j'attribue la formation des gaz, parfois abondants, que l'on voit se dégager naturellement à l'orifice des puits artésiens et crever en bulles à la surface de l'eau. Le curage de certains puits a même dû être abandonné de ce chef, crainte d'asphyxie pour le plongeur.

Les meilleurs puits sont généralement recouverts d'une planche pour éviter l'ensablement par l'orifice.

La pression hydrostatique de la nappe artésienne qui alimente les puits d'Ouargla n'est souvent pas tout à fait suffisante pour amener l'eau jusqu'à la surface naturelle du sol. On a dû alors abaisser le niveau du sol pour permettre l'irrigation à l'eau courante, et les jardins environnants se trouvent ainsi enterrés au milieu de talus de déblais; ceux-ci sont même assez élevés dans la partie orientale de l'oasis d'Ouargla. Les sentiers qui sillonnent l'oasis et les murs qui séparent les jardins sont généralement placés sur ces talus, plus ou moins rectifiés.

A l'intérieur de l'enceinte de la ville (voir le plan d'Ouargla au $\frac{1}{10,000}$, pl. VII), on remarque trois puits artésiens indigènes, appartenant respectivement aux trois tribus qui se partagent Ouargla, savoir : l'Aïn Boushag aux Beni Sissin, l'Aïn Azzi aux Beni Brahim et l'Aïn Ali-Boubeker (?) aux Beni Ouaggin. Chacun d'eux est entouré d'une enceinte qui empêche l'accès de l'orifice.

L'analyse n° 11 (voir ci-après le tableau des analyses d'eau, à l'Annexe I placée à la fin de l'ouvrage) donne la composition chimique de l'eau de l'Aïn Boushag, situé auprès de la Kasba⁽²⁾. Cette eau ne contient que 1 gr. 49 de matières salines : c'est la moins chargée de sels qu'on ait citée jusqu'à ce jour entre Biskra et Ouargla.

En général, aux puits jaillissants de la région d'Ouargla, la teneur des eaux en sels est supérieure. On peut évaluer qu'en moyenne elle s'élève à 2 gr. 6225 par litre⁽³⁾. Mais c'est encore beaucoup moins que pour la plupart

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10, et Annexe I.

⁽²⁾ Le débit de ce puits, mesuré par moi en 1881, était de 184 litres par minute. Les notes sur le pays d'Ouargla, publiées en 1889 par le Gouvernement général de l'Algérie, n'indiquent, pour le même puits, qu'un débit de 150 litres.

⁽³⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

des eaux jaillissantes des autres régions de l'intérieur du bas Sahara et, en particulier, de l'Oued Rir'.

Je mentionnerai enfin les nombreuses observations que j'ai faites, pendant notre séjour à Ouargla, sur la température des eaux artésiennes. Je suis arrivé à une température moyenne de 24°,2, pour une profondeur de 34 mètres.

III. SONDAGES ARTÉSIENS FRANÇAIS ⁽¹⁾.

Au commencement de 1883, M. le général Loysel, commandant la division d'Alger, faisait entreprendre des sondages artésiens, avec l'outillage européen, dans la région d'Ouargla. La direction en fut confiée à M. le lieutenant A. Le Châtelier, et l'on doit à cet officier distingué l'exécution de plusieurs puits jaillissants, forés pendant les années 1883 et 1884; l'un d'eux, à Rouissat, débite 1,600 litres par minute. Depuis lors, la sonde artésienne a fonctionné pendant une série de campagnes dans la région d'Ouargla.

D'après les renseignements publiés en 1889 par la division d'Alger ⁽²⁾, 39 puits tubés ont été creusés de 1883 à 1888 à Ouargla, ville et oasis, dans les oasis de Chott, de Sidi-Kouilet, d'Adjaja et de Rouissat, ainsi que dans l'oasis de Negoussa. Sur ces 39 puits, 28 sont jaillissants et donnent ensemble 6,145 litres d'eau par minute (soit un débit moyen de 220 litres par puits); 3 sont simplement ascendants (Kasba et bordj d'Ouargla); 8 n'ont donné aucun résultat.

Comme profondeur primitive, ces puits sont comparables aux puits jaillissants indigènes. On remarque cependant trois d'entre eux qui ont été poussés à 60 mètres, à 75 mètres et à 85 mètres, mais sans qu'on ait recoupé de seconde nappe jaillissante ⁽³⁾. La nappe artésienne d'alimentation est unique et a été rencontrée à des profondeurs de 25 mètres à 44 m. 20. Quant à la hauteur tubée, elle varie de 10 m. 30 à 48 mètres; le diamètre du tubage inférieur est de 0 m. 16.

La profondeur de ces mêmes puits, mesurée de nouveau en 1888, avait, en général, diminué, parfois même notablement. Cela ne peut tenir qu'à l'ascension des sables inférieurs dans le forage, la force jaillissante de la nappe étant insuffisante pour les rejeter à l'orifice (et pour assurer la conservation de la chambre d'alimentation, à la base du puits).

IV. QUESTION DE L'ÉCOULEMENT DES EAUX.

Ainsi que je l'ai dit dans les préliminaires, il ne suffit pas, dans les oasis sahariennes, de faire jaillir l'eau : encore importe-t-il d'évacuer le plus loin possible les eaux d'arrosage, après qu'elles ont servi.

⁽¹⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

⁽²⁾ Notes sur le pays d'Ouargla et sur les sondages opérés dans ses oasis de 1883 à 1888, Alger, 1889.

⁽³⁾ On serait sorti des sables d'atterrissement et l'on aurait pénétré dans des marnes, sans doute crétacées.

A Ouargla, il faut reconnaître que la chose n'est pas facile.

Le desideratum serait évidemment de tracer au travers des oasis — comme dans l'Oued Rir' — des fossés de drainage, de manière à écouler les eaux vers les sebkha et le chott, situés en contre-bas. Mais la pente naturelle dont on dispose à cet effet se trouve être extrêmement faible, ainsi qu'il ressort d'un nivellement opéré avec le niveau à bulle d'air par M. Descamps, sous la direction de M. Barois, entre la ville d'Ouargla et la Sebkha de Ba-Mendil; de plus, cette faible pente elle-même ne peut être utilisée quand le niveau des jardins a dû être abaissé pour l'irrigation, en raison de l'insuffisance de la force ascensionnelle des puits artésiens.

Avec des sondages tubés et convenablement aménagés, on devrait, du moins, obtenir des eaux jaillissant franchement à la surface et pouvoir, par suite, utiliser toute la pente naturelle du terrain. Néanmoins il paraît que l'écoulement est plus défectueux que jamais à Ouargla auprès des sondages récemment exécutés (sondages qui, à eux tous cependant, ne débitent pas plus que deux beaux puits de l'Oued Rir'); il paraît même que c'est une véritable inondation.

Mais qu'y faire si la pente naturelle du sol est réellement insuffisante pour évacuer le trop-plein des eaux d'arrosage? J'ai indiqué⁽¹⁾ une mesure radicale à prendre : elle consisterait à drainer le chott même et les sebkha d'Ouargla en creusant une grande tranchée vers le Nord, au travers de la plaine qui descend vers Negoussa et la Sebkha Safioun. Il y aurait lieu de s'assurer vraiment de la possibilité d'une solution satisfaisante dans cette direction.

Quoi qu'il en advienne, les oasis d'Ouargla ne pourront jamais être assainies comme celles de l'Oued Rir', et pourtant Ouargla est destiné, avec le chemin de fer, à devenir un centre saharien des plus importants. Mais la gare et la nouvelle ville à créer devront être placées sur les terrasses qui bordent le bas-fond, soit à l'Ouest, soit à l'Est, et non plus au milieu des oasis elles-mêmes.

§ 2. LA RÉGION INTERMÉDIAIRE ENTRE LES BAS-FONDS D'OUARGLA ET DE L'OUED RIR'.

Cette région intermédiaire possède, en général, une nappe ascendante, parfois abondante, qui règne à peu de profondeur sous la surface (1 m. 50 à 5 mètres) et qui épouse plus ou moins les ondulations du sol.

La nappe en question filtre dans les puits indigènes creusés au fond de certaines dépressions de la plaine vallonnée que traversent l'itinéraire de notre mission (pl. III) et celui de la première mission Flatters⁽²⁾ — tels que, par exemple, sur notre itinéraire, les puits d'Hassi-Hafert-Chaouch, d'Hassi-Sidi-Mohamed (voir l'Annexe II, à la fin du volume), etc. — La même nappe

⁽¹⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887).

⁽²⁾ Voir la carte insérée dans les *Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters*, 1884.

apparaît au fond de certains entonnoirs naturels, tels que le Bahr Ramada (p. XVIII, fig. 6 et 7)⁽¹⁾.

Cette nappe peu profonde alimente également les puits ordinaires où l'on puise pour les irrigations des oasis d'El-Hadjira et de Taïbet⁽²⁾, situées dans l'artère principale des bas-fonds qui relie les dépressions d'Ouargla et de l'Oued Rir'. De même, aux oasis de Taïbin et d'El-Alia, situées dans le bas-fond annexe.

Un sondage a été exécuté, en 1859, dans le bas-fond principal, près de l'ancienne oasis de Bardad et au bord du chott de ce nom. Il a recoupé successivement trois nappes ascendantes et rencontré ensuite, à la profondeur de 66 m. 48, une petite nappe jaillissante, fortement salée⁽³⁾, d'un débit de 50 litres à la minute; il a été arrêté à 97 m. 95⁽⁴⁾.

Le médiocre résultat, on peut même dire l'insuccès de ce sondage, tient, entre autres raisons, à ce que la coupe des terrains traversés (voir planche XX) ne comporte pas de niveau franchement imperméable, pouvant servir de couverture à une nappe artésienne de quelque importance. Cependant, d'après les apparences extérieures, l'emplacement semblait choisi au mieux pour les recherches d'eaux jaillissantes dans cette région. Dans son ensemble, en effet, la région intermédiaire entre les bas-fonds d'Ouargla et de l'Oued Rir' figure une grande ondulation concave (pl. XI, fig. 3), faiblement dessinée, mais suffisante pour permettre d'escompter l'existence d'un bassin artésien local, entre ceux d'Ouargla et de l'Oued Rir' : or le sondage de Bardad avait été placé dans la partie la plus basse de l'ondulation.

Il est possible que la coupe des terrains soit plus favorable dans d'autres parties de cette région, et l'idée de nouvelles recherches ne doit pas être abandonnée soit le long du bas-fond d'El-Hadjira et de Bardad, soit le long de la ligne du chemin de fer. En tout cas, il sera toujours facile, au moyen de puits ordinaires, d'obtenir de l'eau en quantité largement suffisante aux gares de Tougourt à Ouargla.

L'analyse n° 15 (voir ci-après l'Annexe I) donne la composition chimique de l'eau du puits d'Hassi-Sidi-Mohamed. Les eaux des autres puits de la région sont analogues⁽⁵⁾.

§ 3. L'OUED RIR'.

Pour faciliter l'étude des sondages artésiens de l'Oued Rir' (pl. XIX, carte),

⁽¹⁾ Voir dans ma *Géologie du Sahara* (2^e partie, chapitre I, § 2) les indications relatives à l'effondrement de ce bahr.

⁽²⁾ Voir les indications données par Ville au sujet des puits de ces oasis (*Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara*, 1865).

⁽³⁾ Analyse n° 94 de Ville. — Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

⁽⁴⁾ D'après Ville, «l'expérience faite à Bardad est incomplète; rien ne prouve qu'il n'y a pas au-dessous de 100 mètres une nappe importante d'eau potable jaillissante». C'est possible, mais cela semble peu probable.

⁽⁵⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

j'ai dressé un tableau synoptique (voir ci-contre pages 68 et 69), qui complétera utilement les tableaux graphiques donnés par les planches XX et XXI (coupes géologiques et hydrologiques détaillées) et par la planche XXII (profils hydrologiques). On y trouvera, en outre, des indications relatives aux altitudes, aux terrains traversés, etc., les principales données concernant les débits des puits, les températures des eaux artésiennes, leurs teneurs en sels, etc.

Je vais maintenant passer successivement en revue, de même que dans ma *Géologie du Sahara*, la région centrale ou d'Ourlana, la région méridionale ou de Tougourt (où je ferai, de même aussi, quatre subdivisions) et la région septentrionale ou de Mraïer.

I. RÉGION CENTRALE DE L'OUED RIR' (OURLANA).

(Pl. XX et pl. XXI, fig. 2; pl. XXII, fig. 1 et 4.)

D'après le tableau précédent, les puits français tubés et jaillissants des oasis de la région centrale de l'Oued Rir', après la campagne de 1881-1882, étaient au nombre de 31. Tous les sondages exécutés dans cette région avaient réussi⁽¹⁾; la plupart ont donné de forts débits. De même pour les sondages exécutés depuis cette époque.

Il y a lieu de noter, en outre, un sondage écarté vers l'Ouest, à Mrara, et n'ayant pas donné de résultat. Ce sondage ne se trouve pas porté sur le tableau précédent, parce qu'il est situé en dehors de la zone artésienne de l'Oued Rir', ainsi que nous verrons.

Quant aux puits jaillissants indigènes, ils ont tous disparu de la région centrale de l'Oued Rir'.

La région d'Ourlana proprement dite est l'objet d'une carte spéciale au $\frac{1}{100,000}$ (pl. XXIV, fig. 1), où j'ai indiqué tous ses puits jaillissants, ses chria et ses behour, en 1885. On peut dire que, par places, le bassin artésien y est transpercé de trous comme un écumoir.

Si l'on considère le triangle ayant pour sommets Mazer, Sidi-Amran et Sidi-Yahia, on y comptait, en 1885, sur une superficie de 20 kilomètres carrés environ, 23 puits jaillissants, débitant ensemble 65,287 litres par minute : soit un débit moyen de près de 3,000 litres par puits tubé et de 32 litres 6 par hectare.

Au Sud-Ouest d'Ourlana, le volume des eaux jaillissantes aux deux Tamerna était, à la même date, de 19,515 litres par minute, débités par 10 puits français : soit une moyenne d'environ 2,000 litres par puits tubé.

Signalons enfin, avant d'entamer la description des sondages de cette région, la figure 2 de la planche XXIV qui donne — à une plus grande échelle que les planches XX et XXI — les coupes géologiques et hydrologiques détaillées des puits n^{os} 1 et 2 d'Ourlana et du puits de Chria-Saïah.

⁽¹⁾ Le puits n^o 1 de Tala-em-Mouïdi a disparu par suite d'un accident (voir ci-après Appendice I du chapitre I de la 3^e partie). Il a été remplacé par le puits n^o 2 du même nom.

TABLEAU SYNOPTIQUE POUR L'ÉTUDE

DIVISION de L'OUED RIR en trois grandes régions.	PRINCIPAUX GROUPES de SONDAGES FRANÇAIS et de puits indigènes.	ORIFICES. ALTITUDES moyennes rectifiées (1).	TERRAINS IMPERMÉABLES RECOURVANT LA MAPPE PRINCIPALE.				TERRAINS (CISEMENT) COMPOSITION.
			COMPOSITION dominante (2).	ÉPAISSEUR moyenne tra- versée (3).	COUVERTURE PROPREMENT DITE.		
					Nature.	Altitudes moyennes.	
		mètres.		mètres.	mètres.		
Région septen- trionale.	Groupe d'Ouirir - Ensira, de Mraïer et de Dendouga....	- 13,5 à - 3	Marnes sableu- ses et sables marneux....	72 (4)	Argile grasse ou marnes com- pactes ou sa- bleuses.....	- 85,5 (4)	Sables, parfois avec sables argileux en sous-ordre.....
	Groupe latéral de Sidi-Khelil.	+ 14	Marnes com- pactes et mar- nes sableuses.	26	Marnes com- pactes.....	- 12	Sables très fluides, par- fois avec sables argi- leux en sous-ordre..
	Groupe d'El-Berd et Tinedla..	+ 3 à + 4	Marnes sableu- ses et sables marneux....	65	Marnes com- pactes ou sa- bleuses.....	- 56	Sables avec sables argi- leux en sous-ordre..
	Groupe de Zaouiet-Rihab et Mel- lah.....	+ 25	Idem.....	57	Idem.....	- 32	Sables parfois très légè- rement argileux....
Région centrale.	Grand groupe de Mazer, d'Our- lana, Chria-Saïah et Tala-eu- Mouïdi, d'Ariana-Djama et Tiguedidin, de Coudiat-Sidi- Yahia et Sidi-Yahia, de Sidi- Amran et d'Ayata (4).....	+ 33 à + 43	Marnes com- pactes et mar- nes sableuses.	63	Poudingue con- crétionné cal- caire.....	- 30 à - 20	Sables.....
	Groupe de Tamerna-Khedima et Tamerna-Djedida.....	+ 45 à + 47	Idem.....	56	Poudingue con- crétionné sili- ceux.....	- 10	Idem.....
	Groupe de Moggar, Sidi-Sli- man, Bou-Rekhis et El-Kes- sour.....	+ 51,5 à + 58	Idem.....	60	Marnes com- pactes.....	- 9	Sables, parfois avec sa- bles argileux en sous- ordre.....
Région méri- dionale.	Groupe latéral de Sidi-Rached, Bram, Ghamra et El-Harihira.	+ 54 à + 63	Marnes com- pactes.....	45	Idem.....	+ 10	Gypse rocheux fissuré, sables parfois très lé- gèrement argileux..
	Grand groupe de Meggarin- Khedima et Meggarin-Dje- dida, de Zaouia, Tebesbest, Tougourt, Nezla et Koudiat- el Koda.....	+ 54 à + 69	Idem.....	75	Argile grasse..	- 12	Sable très fluide, parfois avec sables argileux en sous-ordre.....
	Groupe terminal de Temacin et Tamelahit, de Bledet-Ahmar et El-Goug.....	+ 71 à + 86	Idem.....	45 à 16	Marnes com- pactes.....	+ 26 à + 70	Idem.....
TOTALS.....							

(1) Les altitudes aujourd'hui les mieux déterminées de l'Oued Rir sont les suivantes : Ouan-el-Thiour - 6^m; Ouirir - 13^m5; Mraïer (Bordj) + 3^m30; Sidi-Khelil + 14^m; Nza-ben-Razg + 39^m60; Zaouiet-Rihab + 25^m; Ourlana + 33; Tamerna-Khedima + 45^m; Sidi-Rached + 54^m; Bram + 54^m; Moggar + 51^m50; Meggarin-Djedida 54^m80; Tougourt 67^m30.

(2) Le gypse n'est pas noté, mais il est souvent très abondant.

(3) Prise de préférence le long de la zone principale des chotts (sauf pour les groupes latéraux de Sidi-Khelil, de Tamerna et de Sidi-Rached).

(4) Erratum. — La coupe hydrologique donnée par la figure 1 de la planche XXII indique, dans ce groupe, le niveau de la première nappe qu'on y rencontre vers 52 mètres.

(5) Épaisseur moyenne du gypse, 8 mètres; épaisseur moyenne explorée par la sonde dans les sables inférieurs, 30 mètres.

(6) Les chiffres de cette colonne indiquent généralement des profondeurs exceptionnelles.

(7) Depuis que ce tableau a été dressé, le sondage n° 4 de Sidi-Amran, foré dans la campagne de 1883-1884, a donné 6.000 litres à la minute, ce qui est le débit le plus élevé obtenu dans l'Oued Rir.

DES SONDAGES DE L'OUED RIR'.

AQUIFÈRES. (ARTÉSICIEN.)		PROFON- DEURS MAXIMA des sondages (1).	PUITS FRANÇAIS TUBÉS APRÈS LA CAMPAGNE DE 1881-1882.				INDIGÈNES jaillissants en 1882.	BEHOUR IRRIGUANT effectivement.	DÉBIT TOTAL des irrigations en litres par minute.	TEMPÉRA- TURE MOYENNE de la nappe jaillissante prin- cipale (10).	POIDS TOTAL moyen des sels anhydres par kilogramme d'eau (12).
ÉPAISSEUR explorée par la sonde.			NOMBRE des sondages effectués.	NOMBRE actuel de puits tubés jaillissants.	débit maximum en litres par minute.	débit moyen en litres par minute.					
Moyenne.	Maxima.	mètres.						litres.	litres.		litres.	degrés.	grammes.
	40 00	82 08	13	12	4,000	1,700	6	1	20,303	25°,3	4,3798
	70 00	97 10	6	4	1,200	700	26	1	3,030	24°,6	5,3115
	40 00	97 95	3	3	2,000	1,500	"	2	4,716	26°,1 (13)	5,3667
	20 00	77 95	2	2	1,108	900	"	3	1,803	25°,4	5,7000
20	60 30	113 54	19	18	5,000 (7)	3,000	"	12	60,285	25°,5 (11)	5,0799
	20 00	76 73	10	10	4,000	2,000	2	1	19,515	24°,8	4,4550
	30 00	89 02	11	9	4,000	2,000	2	1	17,928	25°,8 (12)	4,5740 (14)
1	60 10	118 95	23	14	2,000 (8)	800	2	"	15,331	24°,8	5,6076 (15)
	45 70	103 70	11	8	4,000	1,400	284	"	62,413	24°,8	4,2863
	"	84 68	3	"	"	"	151	"	14,500	"	3,9197
.....		.....	101	80	.....	.....	473	21	219,824 (9)		

(7) Le débit primitif maximum des nappes jaillissantes captées avait été de 4,000 litres par minute au puits n° 1 de Sidi-Rached et de 3.800 litres au n° 1 de Ghanna.

(8) Dans l'évaluation du débit total des irrigations, on a tenu compte des diminutions survenues par suite soit des variations des puits trop rapprochés les uns des autres, soit des remplacements de puits éboulés par de nouveaux.

(9) Moyennes approximatives se rapportant, dans chaque groupe, à l'ensemble des sondages ayant atteint la nappe principale. — Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 11.

(11) Température minima observée dans l'Oued Rir' : 23 degrés au n° 2 du C. Sidi-Yahin (1885).

(12) Température maxima observée dans l'Oued Rir' : 26°,8 au n° 2 de Tinedla et au n° 3 de Moggar.

(13) Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

(14) Teneur minima constatée dans l'Oued Rir' : 3 gr. 51/2 au n° 2 de Sidi-Sliman.

(15) Teneur maxima constatée dans l'Oued Rir' : 8 gr. 4207 au n° 2 de Ghanna.

Presque tous les sondages de la région centrale de l'Oued Rir' ont recoupé dans les sables supérieurs, entre 3 mètres et 5 mètres (et quelquefois plus près encore de la surface), une première nappe ascendante, sans importance, qui épouse plus ou moins le relief extérieur du sol.

Une seconde nappe, tantôt ascendante, tantôt jaillissante — mais alors d'un très faible débit — se rencontre à des profondeurs variant de 20 à 50 mètres, dans les sables et sables argileux de l'étage marno-lacustre *l*. Elle se dédouble parfois.

Grâce à leur peu d'abondance, les eaux de ces deux premières nappes n'empêchaient généralement pas le fonçage des puits par les procédés indigènes. Les Rouara sont même arrivés assez souvent, dans la région d'Ourlana, à la grande nappe de 75 mètres; mais ils se trouvaient entravés par la moindre venue d'eau, vu la profondeur à atteindre et la dureté du poudingue à percer. Ainsi la sonde française a permis de reprendre et d'achever, à Tamerna-Khedima, un puits arabe, qui avait été arrêté à 49 mètres, rien que par la rencontre d'une nappe de 6 litres de débit.

Arrivons à la grande nappe, la seule qui offre de l'intérêt dans la région centrale. Les journaux de sondage mentionnent, à la base des argiles de l'étage lacustre *l*, puis au travers du poudingue, puis dans les sables inférieurs *t'*, l'apparition d'une série de nappes jaillissantes, de plus en plus importantes, dont le nombre peut atteindre cinq. Le devoir du sondeur était d'enregistrer, sans interprétation prématurée ni tendance systématique, les faits tels qu'ils se présentaient; mais, après avoir discuté et coordonné les indications ainsi consignées, on est conduit à rattacher ces apparitions successives à une seule et même nappe, ayant les sables inférieurs pour siège et le poudingue pour couverture normale⁽¹⁾.

Je me bornerai à citer quelques-uns des sondages les plus intéressants et les plus instructifs à cet égard.

Au n° 1 de Tala-em-Mouidi, aucune nappe jaillissante de quelque importance ne se déclara (sauf une petite nappe de 5 litres de débit, entre 42 et 48 mètres) jusqu'à ce que le trépan eût achevé de percer le poudingue. Presque aussitôt après, à 59 m. 97, une nappe jaillit limpide, débitant 300 litres par minute à la température de 24°,30. La sonde s'enfonça ensuite par son propre poids jusqu'à 66 m. 95 dans les sables fluides, qui s'élevèrent avec l'eau et remplirent le trou de la sonde, dès que l'outil les mit en mouvement. Pendant le passage de 64 mètres à 70 mètres, l'eau augmenta de volume d'une manière continue, entraînant des sables boueux, et porta son débit à 2,000 litres; de même, de

⁽¹⁾ Ainsi le poudingue concrétionné à cailloux roulés que, géologiquement, j'avais rattaché à l'étage inférieur de transport *t'* (voir le tableau de la page 316 dans ma *Géologie du Sahara*), forme couverture pour la nappe artésienne et, par suite, se rattache hydrologiquement à l'étage marno-lacustre et imperméable *l* (voir le tableau ci-dessus des sondages de l'Oued Rir').

70 mètres à 70 m. 30, profondeur à laquelle le débit atteignit 3,300 litres par minute, à la même température de 24°,30 : l'orifice supérieur de la colonne ascensionnelle se trouvait à 0 m. 80 au-dessus du sol. Il est évident qu'ici on n'a eu affaire qu'à une nappe unique, se dégageant de plus en plus du sein des sables inférieurs ¹.

Généralement la nappe commence à se manifester pendant le forage du poudingue. Tel a été le cas au puits n° 2 de Tala-en-Mouïdi ⁽¹⁾. Au puits n° 1 d'Ourlana, la nappe apparut comme on commençait à percer ce banc rocheux; puis elle augmenta graduellement dans les sables et cailloux roulés, où elle atteignit son maximum à 65 m. 77, avec un débit total de 3,000 litres. De même, au puits n° 2 de Tamerna-Khedima, la nappe se mit à filtrer (avec un débit insignifiant, il est vrai) à la traversée de la couche dure; mais elle ne jaillit franchement que du milieu des sables inférieurs, où elle atteignit, à 56 m. 91, le débit total de 1,300 litres.

Fréquemment il arrive dans les sondages que la nappe fasse déjà son apparition au-dessus du poudingue. Au puits d'Ariana, le journal de sondage enregistre une nappe jaillissante de 500 litres à 55 m. 40, puis une autre de 700 litres à 57 m. 64, profondeur à laquelle commence le banc rocheux; ces nappes prirent leur cours dans l'intérieur de la colonne de 0 m. 20, quand sa base fut parvenue à 58 mètres. A la traversée du poudingue, le débit augmenta de 300 litres; à 60 m. 30, fin de la couche dure, le trépan s'enfonça rapidement; l'eau se troubla, et le débit continua à s'accroître. Enfin, pendant le passage des sables aquifères, où l'on descendit jusqu'à 74 mètres, le débit total s'éleva graduellement à 3,300 litres, à 25°,80. Ici encore on voit qu'il n'y a qu'une grande nappe : les deux nappes apparues au-dessus du poudingue ne sont, pour ainsi dire, que ses avant-gardes; elle s'est déclarée au fur et à mesure que l'épaisseur de la couche dure diminuait, et n'a donné tout son débit qu'au sein des sables inférieurs.

De même au puits n° 2 de Sidi-Amran. La grande nappe a fait deux apparitions au-dessus du poudingue, l'une à 58 m. 64 dans des argiles avec plaquettes calcaires, l'autre à 61 m. 01 dans des sables marneux avec petits cailloux roulés; mais elle n'est devenue abondante que dans les sables sous-jacents. Aussitôt après avoir percé la couche rocheuse, épaisse ici de 0 m. 63, le trépan est entré dans des sables ébouleux, qui ont été fouillés jusqu'à 81 m. 09, et où le débit total a été porté à 4,000 litres par minute.

Au puits n° 1 de Mazer, la grande nappe a donné un premier jaillissement de 400 litres dans des sables quartzeux, et a augmenté de 300 litres sous le poudingue dans des sables marneux avec cailloux roulés. C'est au milieu de ces sables, vers 66 mètres, qu'elle a offert tout son développement et porté son débit total à 2,200 litres.

⁽¹⁾ Voir ci-après, à l'Appendice I du présent chapitre, le journal de sondage du n° 2 de Tala-en-Mouïdi.

Au puits n° 2 de Sidi-Yahia, nappe ascendante à 50 m. 57; première nappe jaillissante de 117 litres, sous le poudingue; seconde nappe jaillissante dans les sables inférieurs, où l'on a pénétré de 27 m. 84 : débit total, 1,217 litres. Au puits n° 1 de Sidi-Yahia, situé à 1,200 mètres du n° 2, le poudingue n'a été entamé que de 0 m. 75, et sa dureté a fait arrêter le sondage à 41 mètres; mais, entre 40 et 41 mètres, on avait déjà obtenu un jaillissement de 1,100 litres, dû à une fuite de la grande nappe au travers du poudingue.

Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des sondages de cette région, il arrive parfois que la grande nappe ne se dégage pas aussitôt que le poudingue est traversé et que l'outil entame la masse aquifère des sables inférieurs : il faut alors fouiller dans les sables pour procéder à son dégagement. Au puits du Coudiat Sidi-Yahia, aucun jaillissement n'eut lieu jusqu'au poudingue, à 57 m. 38, ni à la traversée du poudingue, jusqu'à 60 m. 67, non plus qu'au delà, dans les sables inférieurs, jusqu'à 66 m. 34 : enfin « l'eau monte rapidement au sol, dit le journal de sondage, se déverse par la colonne d'ascension en débitant 80 litres à la minute, puis, après avoir charrié beaucoup de sable très fin, elle porte ce débit à 800 litres. Sa force ascensionnelle n'est cependant pas assez puissante pour entraîner avec elle le plus gros sable, qui se dépose dans le trou de sonde jusqu'à la profondeur de 52 m. 65 et forme résistance à la libre sortie de l'eau. Pour arriver à perforer le cœur de la nappe, on a donc recours à une colonne mixte de secours, formée de tubes de 0 m. 16 et 0 m. 12, que l'on descend à 67 m. 10. Cette opération permet d'explorer, au moyen d'une tige pointue, jusqu'à 80 m. 66, et de mettre constamment le sable en mouvement. Dès que la tige d'exploration atteint 74 mètres, l'eau se trouble, augmente de débit, charrie une grande quantité de sables et cailloux, et arrive à fournir son volume maximum de 3,600 litres par minute ».

On voit que les sables aquifères forment une masse sensiblement homogène, dans laquelle il est impossible de distinguer des variations tranchées de perméabilité et de pression. Exceptionnellement le n° 1 de Tiguédidin semblerait, d'après son journal de sondage, avoir recoupé dans les sables inférieurs trois nappes distinctes, qui auraient respectivement pour couvertures trois niveaux successifs de poudingue; ce puits, le plus profond de la région centrale, a été poussé jusqu'à 113 m. 54, et son débit n'atteint cependant que 1,200 litres. Mais l'exemple en question (qui n'est pas, d'ailleurs, établi avec une certitude suffisante) ne saurait être considéré comme normal.

De fait, les nappes successives que les journaux de sondage relatent dans les sables aquifères ne sont ordinairement pas distinctes. Ces indications traduisent simplement les augmentations graduelles de débit d'une nappe unique, qui ne peut souvent se dégager que par à-coup, par suite des alternatives d'obstruction par les sables et de dégorgement brusque de la colonne ascensionnelle.

En résumé, une grande nappe sous pression a pour siège les sables inférieurs et se trouve maintenue en profondeur par le banc compact de poudingue.

Elle jaillit avec force, dans les forages, aussitôt que cette couverture est percée, et filtre déjà par quelques issues, au travers de la roche, sous les chocs du trépan.

Les fissures naturelles ou les défauts de continuité ou les variations de composition du poudingue peuvent donner lieu à des sortes de fuites ascensionnelles de la grande nappe. Mais les eaux qui s'échappent ainsi sont de nouveau arrêtées, généralement du moins, par les argiles superposées de l'étage *l* et forment alors de petites nappes subordonnées, au-dessus du poudingue.

Enfin il peut arriver qu'une certaine quantité d'eaux artésiennes s'élève plus haut dans l'étage argilo-sableux *l* et y forme, aux alternances des niveaux perméables et imperméables, une ou deux nappes distinctes, soit ascendantes, soit jaillissantes. Mais ces nappes supérieures, corollaires de la nappe principale, sont peu fréquentes et peu importantes dans la région centrale. Pratiquement on ne s'en préoccupe guère dans cette région.

En principe toutefois, on ne peut nier que, là comme ailleurs, les parties perméables de l'étage *l* ne soient imprégnées d'eaux artésiennes, soit par suite des déperditions de la grande nappe, soit par imbibitions latérales autour des conduits naturels qui traversent cet étage et alimentent les behour et les chria, dont je parlerai plus loin. Une fraction de ces eaux s'élève même, par pression et par capillarité, jusqu'auprès de la surface, où elle forme la nappe ascendante supérieure que j'ai notée plus haut; cette nappe, généralement saumâtre, est insignifiante comme volume, mais remarquable par sa constance. Ajoutons que les eaux météoriques contribuent aussi à son alimentation.

D'autre part, au-dessous de la nappe principale, les dispositions sont moins bien connues. Dans la région centrale, en particulier, nous venons de voir que la plupart des forages n'ont pénétré que de 10 à 30 mètres au travers des sables aquifères: ils ont été arrêtés, en effet, dès que le maximum du débit de la nappe a semblé atteint.

Il est à cet égard une série d'observations dont on ne saurait évidemment trouver la trace dans les journaux de sondage, et pour lesquelles le mieux est de s'en rapporter à l'opinion des praticiens eux-mêmes. Or l'expérience de M. Jus l'amène à considérer que les sables aquifères diminuent assez rapidement de perméabilité vers le bas, et qu'au delà d'une certaine profondeur, ils cessent même d'être aquifères. Au-dessous de la nappe régneraient, ainsi que j'ai dit dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾, « des sables à gros grains, plus ou moins cimentés entre eux, autrement dit, des grès grossiers »: ceux-ci seraient complètement secs.

L'existence de grès semblables a été, en effet, constatée par certains sondages dans d'autres régions de l'Oued Rir', comme nous verrons. Leur présence en profondeur est-elle un fait général? Cela est probable, et la rivière sou-

⁽¹⁾ Page 118.

terrain aurait ainsi une sorte de *lit*. Néanmoins, par places, je serais porté à croire, en outre, à l'existence de certaines zones ou cheminées d'alimentation *per ascensum*; c'est une question sur laquelle je reviendrai dans le chapitre II ⁽¹⁾.

On comprend que, toutes choses égales d'ailleurs, la pression hydrostatique de la nappe soit d'autant plus grande qu'elle est maintenue par une couverture plus imperméable à une plus grande profondeur et à une altitude moindre. A cet égard, la région centrale de l'Oued Rir' se présente dans des conditions favorables, sinon exceptionnelles. Le poudingue forme généralement un banc bien compact; au-dessus se trouvent le plus souvent des argiles plastiques ou des argiles sableuses, et, dans son ensemble, l'étage *l* est assez argileux. La puissance moyenne de cet étage argilo-sableux est de 56 à 63 mètres le long de la zone principale des chotts et de ses ramifications. L'altitude de la surface varie de 25 à 45 mètres.

Si l'on étudie les sondages de cette région; de Mazer à Sidi-Amran, et que l'on discute l'opération du dégagement de la grande nappe au sein des sables inférieurs, on trouve que le maximum de débit a été obtenu à une profondeur moyenne de 70 mètres, en chiffres ronds. Les températures correspondantes de la grande nappe peuvent être considérées comme données assez exactement par les températures des champignons formés aux orifices des puits par les eaux jaillissantes; en effet, règle générale, les eaux de la grande nappe se trouvent seules captées à la base de la colonne ascensionnelle, sans mélange avec les eaux des niveaux supérieurs, et, de plus, l'abondance du débit ne permet généralement pas de craindre un abaissement de température le long de cette colonne de tubes. Or la moyenne des températures observées dans le groupe en question — moyenne correspondant à la profondeur indiquée de 70 mètres — est de 25°,5 environ.

Dans les régions des deux Tamerna, la profondeur moyenne du maximum de débit de la grande nappe est à peu près de 60 mètres, et la moyenne des températures correspondantes d'environ 24°,8 ⁽²⁾.

La considération de la couverture et des altitudes ne suffit pas pour expliquer la supériorité relative de la région centrale de l'Oued Rir', sous le double rapport de la pression et du volume de la nappe. Il y a, en outre, d'autres facteurs plus difficiles à apprécier, tels que la perméabilité des sables aquifères, l'allure du gisement des eaux artésiennes, l'emplacement par rapport aux sources d'alimentation, etc. ⁽³⁾.

La situation qui résulte de l'ensemble complexe de toutes ces conditions naturelles est particulièrement favorable dans la région proprement dite d'Ourlana, à en juger par le nombre et le débit des puits de cette région (pl. XXIV, fig. 1).

⁽¹⁾ 3^e partie, chapitre II, § 9.

⁽²⁾ Pour plus de développements sur la température des eaux artésiennes de l'Oued Rir', voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 11.

⁽³⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 4 et 9.

Les sondages de Tala-em-Mouïdi, du Chria Saïah, du Coudiat Sidi-Yahia, etc., sont même placés en des points saillants du relief, et les gerbes de 3,000 à 5,000 litres par minute, obtenues à ces sondages, jaillissent au sommet de mamelons qui sont élevés de 10 à 15 mètres au-dessus de la plaine environnante.

C'est au moment du premier jaillissement que la force ascensionnelle se montre la plus grande, les eaux artésiennes faisant alors brusquement irruption dans la colonne de tubes.

Au puits n° 2 de Sidi-Amran, où le diamètre de la dernière colonne de tubes n'était que de 0 m. 12, le jaillissement eut lieu avec une violence particulière. Dès que la colonne reposa par sa base sur le poudingue et put drainer nettement les eaux comprimées de la nappe sous-jacente, le jet d'eau à l'orifice s'élança jusqu'en haut de la chèvre du sondage. La succion, ou plutôt la poussée fut telle que l'eau charria une grande abondance de sables, de cailloux roulés et de noyaux calcaires, parmi lesquels certains pesaient jusqu'à 1,200 grammes; pendant trois jours, l'agitation des pierres entraînées dans ces tubes de tôle métallique produisit un bruit semblable à un roulement de tambour, et le volume des matériaux que les eaux jaillissantes projetèrent pendant toute une semaine à la surface fut évalué à 400 mètres cubes. Notons incidemment ici que parmi les sables ainsi rejetés de la profondeur à la surface se trouvaient beaucoup de petits *poissons* et de *mollusques vivants*: mais je traiterai spécialement au chapitre III ⁽¹⁾ de ce curieux phénomène des *animaux rejetés par les puits jaillissants de l'Oued Rir'*.

Au puits n° 1 de Tala-em-Mouïdi, dont le diamètre final était de 0 m. 20, les eaux jaillissantes charrièrent une quantité relativement peu considérable de sables boueux; mais, pendant deux à trois jours, elles rejetèrent des galets calcaires, dont un pesait environ 1,300 grammes ⁽²⁾, ainsi que de grosses concrétions. Après l'achèvement du sondage, des expériences sommaires ont été faites sur les variations du débit suivant l'altitude de l'orifice :

ALTITUDES DE L'ORIFICE.	DÉBITS APPROXIMATIFS PAR MINUTE ⁽³⁾ .
Au niveau du sol (altitude + 46 mètres).....	3,800 litres.
A 0 m. 80 au-dessus du sol (hauteur finalement adoptée pour l'orifice du puits).....	3,300
A 1 m. 50	3,000
A 2 mètres.....	2,000
A 2 m. 50	1,200

⁽¹⁾ 3^e partie, chapitre III, § 2.

⁽²⁾ Le puits n° 2 de l'oasis nouvelle du Coudiat Sidi-Yahia (puits du Chria Adjeje), foré en 1885, a également rejeté de gros galets, dont un pesait 1,200 grammes.

⁽³⁾ Ces chiffres ne sont évidemment que tout à fait approximatifs. Mais ils montrent avec quelle rapidité les débits décroissent à mesure que l'orifice de la colonne ascensionnelle est exhaussé, et l'on serait

« Un mois après l'achèvement du puits, dit M. Jus, l'eau a charrié au sol des blocs d'argile pesant jusqu'à 1,800 grammes, en produisant, d'après la version des indigènes, une détonation assez forte pour être entendue à une distance d'un kilomètre; elle s'est élevée au-dessus du tube avec une très grande force d'ascension, et a porté son débit de 3,500 à 5,000 litres par minute. »

J'ai été témoin d'un phénomène analogue au puits n° 4 de Sidi-Amran, foré en 1884, et débitant 6,000 litres par minute. Le 7 mars 1885, comme je passais auprès de ce puits, je vis de grandes gerbes d'eau jaillir de son orifice, à une hauteur de plus de 2 mètres; en même temps, de gros blocs d'argile rouge étaient projetés hors de la colonne ascensionnelle, et, en quelques instants, la cuve en fut remplie. Les plus gros que j'ai recueillis pesaient 3 kil. 750 et 2 kil. 250⁽¹⁾. La nappe jaillissante qui les rejetait avait été rencontrée à une profondeur de 74 à 77 mètres. Le débit du puits n'a pas varié, d'ailleurs, à la suite de ce phénomène accidentel.

Les eaux ainsi comprimées en profondeur ne pouvaient manquer de se frayer naturellement passage çà et là, au travers des terrains superposés, et d'arriver à jaillir en certains points de la surface, de manière à donner lieu à des sources. On comprend également que ces sources se soient formées de préférence aux endroits où les dislocations du terrain avaient préparé la voie aux eaux jaillissantes. Tel est, selon moi, le cas de la plupart des *chria* et de beaucoup des *behour* qui parsèment la vallée de l'Oued Rir', et qui sont surtout nombreux dans la région centrale (pl. XXIV, fig. 1). A signaler, en particulier, l'exemple si caractéristique du Chria Ayata (pl. XXIII, fig. 3), que j'ai décrit en détail dans ma *Géologie du Sahara*⁽²⁾.

Les *chria* (nids) sont de petits réservoirs d'eaux artésiennes, ayant généralement la forme d'entonnoirs, et situés sur des buttes de terrain qui font saillie à la surface de la plaine et s'aperçoivent de loin. Les *behour* (*bahr*, mer, étang, pl. *behour*) sont aussi des réservoirs d'eaux artésiennes, mais plus importants, véritables lacs, qui occupent des gouffres à parois abruptes et sont très profonds pour la plupart, du moins par rapport à leurs dimensions horizontales.

Ces *chria* et *behour* de l'Oued Rir' sont trop intéressants pour que je ne m'y arrête pas avec quelque développement dans le présent ouvrage; aussi leur consacrerai-je, dans le chapitre suivant, une étude spéciale⁽³⁾, où je traiterai

tenté d'en déduire que le niveau piézométrique de la nappe artésienne de la région d'Ourlana se trouve à quelques mètres seulement au-dessus du mamelon considéré. En réalité cependant, il doit être plus élevé, car la brusque augmentation de débit qui s'est produite naturellement un mois après et que relatent les lignes suivantes montre que la veine liquide sur laquelle les expériences en question avaient été faites subissait des pertes de charge anormales, sans doute du fait d'obstructions et d'étranglements à la base de la colonne ascensionnelle.

⁽¹⁾ Collection de l'École nationale des Mines.

⁽²⁾ Page 120.

⁽³⁾ 3^e partie, chapitre II, § 4, V.

des diverses questions qui s'y rapportent et, entre autres, de leur mode de formation.

Relativement à cette dernière question, on verra que des explications différentes ont été mises en avant. Pour ma part, et pour les raisons que je donnerai, je considère, en principe, les chria et les behour de l'Oued Rir' comme des sources naturelles, comme des événements spontanés de la nappe artésienne. Néanmoins je reconnais aussi, d'accord avec M. Jus, que beaucoup de behour proviennent simplement d'anciens puits indigènes éboulés; j'admets également que parfois les buttes des chria peuvent s'expliquer par de simples accumulations de sables autour des orifices d'anciens puits (ou d'anciennes sources). Mais je ne saurais accepter exclusivement cette manière de voir.

Quelle que soit, d'ailleurs, l'origine — naturelle ou artificielle — que l'on doive attribuer, suivant les cas, aux chria et aux behour de l'Oued Rir', leur mode d'alimentation est toujours le même. Que l'on puisse le constater ou non, ces réservoirs communiquent par le fond avec la nappe souterraine, au moyen de conduits plus ou moins capricieux et étranglés.

La plupart n'ont pas d'écoulement à la surface. Il en est cependant qui fournissent un certain débit. Dans la région centrale, en particulier, on en compte 16 qui servent effectivement aux irrigations. Mais le débit d'une source de ce genre a rarement de l'importance : généralement il ne dépasse pas 400 à 500 litres par minute; exceptionnellement on cite des débits de 720 litres et même 1,680 litres par minute aux Behour Aïn-ba-Moussa et El-Haouch de Mazer; le plus souvent, ce ne sont que de minces filets d'eau.

On trouvera ci-après, à l'Annexe IV, les observations que j'ai faites, lors de notre mission, sur quelques behour et chria de l'Oued Rir' (dont la plupart dans la région centrale). Remarquons de suite, à ce propos, que la considération des températures est peu instructive ici; on constate, en effet, que les températures des eaux de ces petits bassins artésiens, même prises au fond des réservoirs, varient beaucoup d'une saison de l'année à l'autre : elles sont influencées surtout par les températures extérieures de l'air, et cela d'autant plus que les eaux s'y renouvellent moins.

D'après ce qui précède, on peut dire que les chria et les behour de l'Oued Rir' témoignent de la présence en profondeur d'une nappe artésienne susceptible de jaillir à la surface⁽¹⁾. Aussi fournissent-ils, concurremment avec les puits jaillissants eux-mêmes, des indications fort utiles sur la répartition des eaux souterraines et l'allure de la nappe.

La succession ininterrompue et la multiplicité des puits et des chria et behour

⁽¹⁾ C'est là, tout au moins, une règle à peu près générale dans l'Oued Rir'. Cependant cette conclusion n'est certaine que lorsque les chria et behour ont un écoulement; exceptionnellement on rencontre aussi quelques chria en des points où la nappe jaillissante n'existe pas : ce sont alors de petites accumulations de sable, avec quelques palmiers, autour d'anciens puits ordinaires d'infiltration.

le long de la région centrale, de Zaouïet-Rihab à Tamerna-Djedida (pl. III et pl. XXIV, fig. 1), montrent que la nappe jaillissante y règne d'une façon continue. Mais toutes ces sources, naturelles ou artificielles, se trouvent du côté oriental de la vallée, au bord ou aux environs de la zone des chotts; à partir d'une certaine distance, d'ailleurs variable, vers l'Ouest, il n'y en a plus. Le même fait général se constate dans les diverses parties de l'Oued Rir', et l'on est amené à en conclure que le gisement des eaux artésiennes figure, dans son ensemble, une zone allongée du Nord au Sud. C'est ce que nous appellerons l'*artère artésienne* de l'Oued Rir'.

Ainsi, dans la région centrale, la nappe doit diminuer rapidement de pression, puis disparaître à l'Ouest de Sidi-Yahia, de Tamerna-Djedida, etc.: il n'y a plus, en effet, de puits jaillissants ni de sources à peu de distance à l'Ouest de ces oasis. On ne saurait dire cependant que cette disparition rapide de la nappe souterraine vers l'Ouest correspond à un changement marqué dans l'allure stratigraphique des formations géologiques; car, si l'on dresse une série de coupes transversalement à la vallée, telles que la figure 2 de la planche XXI⁽¹⁾, et si l'on résume leurs indications au moyen d'un profil schématique par Our-lana (pl. XXII, fig. 4), on voit que la couverture des sables aquifères présente, dans son ensemble, une disposition régulière (sauf bossellements de détail) et ne se relève que fort lentement à l'Ouest: elle se poursuit certainement au delà de la limite occidentale de la zone des eaux jaillissantes. Il ne s'agit donc pas ici d'une nappe artésienne ordinaire, simplement concentrique aux couches qui la renferment ou la recouvrent, comme le supposait Ville⁽²⁾.

Plus loin vers l'Ouest, la coupe des terrains change, ainsi qu'en témoigne le sondage de Mrara (pl. XXI, fig. 2), entrepris à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de Tamerna-Djedida. Ce sondage, bien que poussé à la profondeur de 103 mètres, ne rencontra que deux nappes ascendantes, en considération desquelles Ville indiquait la possibilité du succès, si l'on eût poursuivi plus profondément. Fût-on allé à 120 mètres, comme le conseillait cet auteur, et même au delà, on n'aurait pas trouvé davantage la grande nappe de l'Oued Rir', attendu qu'on est là complètement en dehors de la zone artésienne. On aurait peut-être obtenu un faible débit jaillissant; car toutes ces régions du bas Sahara sont plus ou moins artésiennes. Mais la coupe des terrains montre qu'il n'y a plus de bonne couverture de ce côté: par suite, il ne saurait y être question d'une nappe de quelque importance.

A l'Est de la zone des chotts, d'autre part, il est certain que la nappe artésienne doit régner encore sur une certaine largeur; mais de ce côté se dresse aussitôt la falaise orientale qui limite la plaine de l'Oued Rir', et l'on en est réduit à des conjectures relativement à l'extension de la nappe artésienne dans

⁽¹⁾ A vrai dire, cette coupe transversale est plutôt oblique à la vallée; mais les coupes perpendiculaires donnent des indications semblables.

⁽²⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1868.

cette direction, sous le plateau du Souf. Il est très probable toutefois qu'elle ne s'étend pas loin sous ce plateau, à en juger par l'absence de tout indice extérieur : le plateau du Souf, en effet, est trop faiblement en contre-haut de la plaine de l'Oued Rir' (pl. X, fig. 3, et pl. XXII, fig. 4) pour admettre que les eaux artésiennes ne s'y manifestassent nulle part, si elles régnaient sous lui avec la même pression qui les fait jaillir, près de là, au sommet des monticules de cette plaine, à Ourlana par exemple. Ajoutons que vraisemblablement l'artère souterraine est limitée assez brusquement à l'Est, de même qu'à l'Ouest.

Considérons maintenant de plus près la zone jaillissante proprement dite, l'artère artésienne de l'Oued Rir', dans la région centrale (pl. III et pl. XXIV, fig. 1). Il s'en faut que le volume et la pression de la nappe soient uniformément répartis sur sa largeur; ces éléments sont très variables, au contraire, et cela sans que la coupe des terrains semble intervenir en rien dans leurs variations locales.

L'artère principale des eaux jaillissantes de l'Oued Rir' pénètre obliquement de la région septentrionale dans la région centrale de l'Oued Rir'; sa direction est du Nord-Est-Nord au Sud-Ouest-Sud. Elle passe par l'ancienne oasis d'El-Fadlia, laisse en dehors d'elle, à l'Ouest, Aïn-R'fihan, ainsi que l'oasis de Zaouïet-Rihab (dont les puits ne donnent que de faibles débits), arrive à l'oasis de Mazer, qu'elle prend en écharpe, et règne ensuite au Sud, sous la série des oasis d'Ourlana, d'Ariana-Djama, de Tiguedidin.

En arrivant à Mazer, le bord occidental de l'artère oblique davantage au Sud-Ouest; mais il laisse en dehors la partie Nord-Ouest de cette oasis, où le puits n° 2 ne donne que 500 litres par minute, tandis que le puits n° 3 (Fontaine des Crabes⁽¹⁾), situé à 400 mètres seulement du précédent vers le Sud, débite près de 4,000 litres et se trouve en pleine artère. A Mazer même, la largeur reconnue de l'artère (mesurée du Nord-Ouest au Sud-Est) est de moins de 1,500 mètres; mais sa largeur réelle est sans doute notablement supérieure. Quoi qu'il en soit, on voit qu'ici la limite latérale de la zone des grandes pressions et des grands débits est assez nettement tracée du côté occidental.

Puis cette limite oblique encore davantage à l'Ouest et passe au Nord du Chria Saïah, qui se trouve sur la nappe, avec un puits de 3,000 litres.

Il se produit alors un fait intéressant, que M. Jus a mis en évidence et que les derniers sondages ont vérifié : l'artère principale de l'Oued Rir' se réunit à une seconde artère artésienne, distincte et d'importance comparable, qui semble arriver du Nord-Ouest et passe par le Chria Adjeje, où l'on a obtenu, en 1885, un débit de 3,600 litres. Cette seconde artère laisse complètement à l'Est Zaouïet-Rihab, qui était déjà laissée à l'Ouest par la première artère : Zaouïet-Rihab se trouve située ainsi entre les deux artères — sur le promontoire souterrain,

⁽¹⁾ On verra plus loin au chapitre III, § 2, la justification de ce nom.

pour ainsi dire, qui les sépare avant leur confluent — dans une région intermédiaire qui ne reçoit que des infiltrations latérales.

Au confluent, on peut placer le Chria Tiyounin-S'rir et Tala-em-Mouïdi, où l'on a obtenu un débit de 5,000 litres. (Quant au Coudiat Sidi-Yahia, où l'on a obtenu 3,800 litres, il est assez écarté vers l'Ouest et correspond plutôt à la seconde artère.)

Les eaux des deux artères réunies forment alors, dans ce que, par abréviation, on appelle la région d'Ourlana, une très belle nappe. L'axe de maximum de pression et de volume se dirige vers le Sud-Est-Sud, le long de la partie occidentale des oasis d'Ourlana et d'Ariana-Djama, et, au delà, passe par Sidi-Amran, où les conditions semblent encore plus favorables, et où a été atteint, en 1884, le débit le plus élevé de l'Oued Rir', s'élevant à 6,000 litres.

Ces régions d'Ourlana et de Sidi-Amran sont certainement les mieux dotées de l'Oued Rir' en eaux artésiennes, tant pour la pression que pour le volume, et les mieux situées au point de vue de la réalimentation souterraine. C'est là que les puits sont les plus nombreux, sans qu'aucun nouveau sondage ait eu — jusqu'à ce jour, tout au moins — de contre-coup sur les débits des puits déjà existants dans le voisinage. Il est vrai que, dans cette partie du bassin, on approche de la limite du débit dont est capable le gisement artésien; la limite s'y trouve même, dès aujourd'hui, atteinte en maint endroit.

Par contre, la nappe artésienne n'est pas très large à la hauteur même d'Ourlana : la distance entre les puits les plus écartés, de l'Est à l'Ouest, n'y est à peine que de 4 kilomètres. Mais il faut remarquer que, dans cette région, tous les puits sont à grand débit. D'ailleurs la largeur réelle de la nappe doit y être supérieure.

Au Sud, il semble qu'il y ait élargissement : à la hauteur de Sidi-Amran, une distance de 9 kilomètres environ sépare cette oasis, à l'Ouest, de l'oasis de Sidi-Yahia, à l'Est. Mais, d'après M. Jus, il y aurait lieu de distinguer de nouveau ici deux artères artésiennes, la nappe souterraine se bifurquant au Sud de la région proprement dite d'Ourlana.

Des deux artères qui s'en détacheraient ainsi vers le Sud, la principale serait celle qui se dirige vers Sidi-Amran, au Sud-Est-Sud; elle se poursuivrait dans cette direction, en passant par l'Aïn S'rouna, et sortirait de l'Oued Rir' pour se perdre sous le plateau du Souf. Une autre artère se dirigerait vers Sidi-Yahia et les deux Tamerna, au Sud-Ouest-Sud. En effet, si l'on suit la ligne oblique qui va de Sidi-Amran à Tamerna, du Nord-Est au Sud-Ouest, sur une longueur de 10 kilomètres environ, on voit que la nappe de Sidi-Amran règne jusqu'à Ayata, où l'on a obtenu encore, en 1889, un débit de 4,000 litres, mais qu'à 2 kilomètres à peu près au delà (soit vers le milieu de la coupe considérée), on n'a trouvé que fort peu d'eau; plus loin cependant on rencontre de nouveau de beaux débits à Tamerna-Khedima et à Tamerna-Djedida (oasis au delà de laquelle, en poursuivant vers l'Ouest, il est probable, d'ailleurs, que l'on n'aurait

bientôt plus rien). On est donc amené à conclure ici à l'existence de deux zones de volumes et de pressions maxima, séparées par une zone minima — autrement dit à deux artères artésiennes distinctes (ou séparées, du moins, par une région intermédiaire, ne possédant que des infiltrations latérales) — : disposition analogue à celle que nous avons déjà signalée au Nord de la région d'Ourlana.

Ainsi la nappe centrale de la région d'Ourlana se bifurquerait au Sud, de même qu'elle se bifurque au Nord. Elle figurerait une sorte d'X à branches irrégulières : au Nord, la branche de Mazer et la branche du Chria Adjeje; au Sud, la branche de Sidi-Amran et la branche des Tamerna.

Pour terminer en ce qui concerne la région centrale, je mentionnerai ici — parmi les analyses consignées ci-après dans l'Annexe I — l'analyse n° 19, qui donne la composition chimique de l'eau du puits n° 1 de Tala-em-Mouidi (aujourd'hui remplacé par le puits n° 2). Sa teneur totale en sels anhydres est de 5 gr. 4808. C'est plus que la teneur moyenne des eaux jaillissantes de l'Oued Rir', laquelle est de 4 gr. 8693 environ ⁽¹⁾.

II. RÉGION MÉRIDIONALE DE L'OUED RIR' (TOUGOURT).

D'après le tableau ci-dessus, les puits tubés jaillissants, irriguant effectivement, étaient, après la campagne de 1881-1882, au nombre de 31 dans l'ensemble de la région méridionale de l'Oued Rir'. Mais le nombre des sondages effectués y était de 48 : la différence de ces deux chiffres montre la proportion de sondages n'ayant pas réussi.

Premier groupe (Sidi-Rached). — On y comptait, en 1882, 14 puits tubés jaillissants, irriguant effectivement; la plupart sont médiocres comme débit : moins de 800 litres, en moyenne, par minute et par puits. Neuf autres sondages avaient échoué et ne donnaient plus rien.

Il y a lieu de signaler cependant un sondage exécuté récemment, en 1888, au Nord-Est de l'oasis de Sidi-Rached et débitant 4,000 litres.

Quant aux puits jaillissants indigènes, on n'en trouve plus que 2 servant encore aux irrigations, dans le groupe considéré.

Deuxième groupe (Moggar). — On y comptait, en 1882, 9 puits tubés jaillissants, irriguant effectivement; ceux-ci débitent, en moyenne, près de 2,000 litres par puits. Deux autres sondages ont donné des débits insignifiants.

En outre, 2 puits jaillissants indigènes et un bahr fournissent leurs appoints aux irrigations.

Troisième groupe (Tougourt). — Les deux Meggarin sont irriguées par des puits jaillissants indigènes; en 1882, on en comptait 27, débitant ensemble

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

8,313 litres par minute. Deux sondages effectués à Meggarin-Djedida ont échoué pour les raisons qui seront données plus loin.

Les oasis de Tougourt sont également irriguées par des puits jaillissants indigènes, sauf, à l'Est, les nouvelles créations des bords du chott de Schmourra. Ces oasis possédaient, en 1882, 257 puits indigènes⁽¹⁾, dont le débit moyen par puits était de 166 litres à la minute. A Tebesbest et dans ses annexes de Schmourra, de Beni-Souit et de Sidi-bou-Aziz, où l'on comptait 60 puits indigènes, le débit moyen n'était que de 80 litres (les débits variant de 40 à 190 litres); 2 puits de Sidi-bou-Aziz faisaient exception, et débitaient l'un 300 litres, l'autre 400 litres.

Quant aux sondages artésiens, ils ont donné des résultats très inégaux dans la région de Tougourt. Dans la ville même de Tougourt (trois sondages jusqu'en 1882, un autre en 1890), les débits obtenus ont été très faibles (de 10 à 165 litres par minute). A Tebesbest et dans ses annexes, sur six sondages effectués jusqu'en 1882, deux, placés dans les anciennes oasis, avaient donné 270 et 56 litres, un autre avait échoué, mais trois autres, placés à l'Est, au bord du chott de Schmourra et au pied de la falaise orientale, avaient donné des débits de 3,000 à 3,800 litres; ajoutons que d'autres sondages, effectués ultérieurement de ce côté, ont également donné des débits d'environ 3,000 litres. Notons aussi, dans les dépendances de Nezla, un sondage, entrepris en 1884, qui a donné 2,000 litres, et deux autres, tout récents, de même débit ou à peu près⁽²⁾.

Au total, en 1885, le cube des eaux d'irrigation des oasis de Tougourt atteignait le chiffre de 62,300 litres par minute, les eaux jaillissantes étant réparties sur une surface de plus de 20 kilomètres carrés : cela correspond à un débit moyen d'environ 31 litres par hectare. Ainsi le débit moyen par hectare serait à peu près le même que dans la région d'Ourlana, bien que le débit moyen par puits soit de beaucoup inférieur.

Quatrième groupe (Bledet-Ahmar). — Temacin et Tamelath sont irriguées par 111 puits jaillissants indigènes, débitant ensemble 9,470 litres par minute : soit, en moyenne, 85 litres par puits. Trois sondages effectués à Tamelath n'ont donné que des résultats insignifiants.

Bledet-Ahmar et El-Goug sont irriguées par 40 puits jaillissants indigènes, peu profonds, débitant ensemble 5,030 litres par minute, soit une moyenne de 126 litres par puits.

Dans la région méridionale de l'Oued Rir', de même que dans la région centrale, les sondages ont presque toujours rencontré une première nappe ascen-

⁽¹⁾ 24 de ces puits, abandonnés par les puisatiers indigènes à des profondeurs de 27 à 59 mètres, ont été achevés par nos ateliers militaires de sondage.

⁽²⁾ Plusieurs de ces renseignements ont été ajoutés avant la publication, lors de la correction des dernières épreuves.

dante d'eau saumâtre, près de la surface ou à quelques mètres au-dessous (au plus à 8 m. 40).

En raison de son imperméabilité, l'étage marno-lacustre *l* ne renferme guère de nappes secondaires, et c'est exceptionnellement qu'il a présenté une ou deux nappes ascendantes. Une seule fois, au sondage n° 3 de Sidi-Rached, on a recoupé dans cet étage, à 19 m. 69, une petite nappe jaillissante (pl. XX).

Passons de suite à la grande nappe des sables inférieurs *t'*. Nous examinerons d'abord les deux groupes juxtaposés de Sidi-Rached et de Moggar, puis le groupe de Tougourt, et enfin le groupe terminal de Bledet-Ahmar.

Groupes juxtaposés de Sidi-Rached et de Moggar.

Commençons ici par le groupe de Moggar, qui se trouve sur l'axe de l'artère artésienne, tandis que le groupe de Sidi-Rached est placé latéralement.

Les sondages du groupe de Moggar (pl. XX et pl. XXI, fig. 3 et 4) indiquent, vers la jonction des deux étages *l* et *t'* et dans l'étage *t'*, une succession de nappes jaillissantes d'un débit croissant; celles-ci correspondent, en principe, à une nappe unique, renfermée dans les sables inférieurs *t'* et recouverte par les marnes et argiles superposées *l*. La couverture des eaux artésiennes est moins nettement tracée dans la région centrale; mais les faits sont semblables: la nappe fait ses premières apparitions aux approches des sables inférieurs, et se dégage de plus en plus quand on pénètre dans ces sables, où elle a son siège.

L'imperméabilité de la couverture est plus grande encore que dans la région d'Ourlana. La profondeur à laquelle sont refoulées les eaux artésiennes est sensiblement la même. La moyenne des profondeurs auxquelles les débits maxima ont été atteints est également de 70 mètres, en chiffres ronds; mais la moyenne des températures correspondantes serait un peu supérieure, savoir de 25°,8 (d'après les observations consignées dans les journaux de sondage). L'altitude de la surface varie de 45 à 58 mètres.

Les débits obtenus montrent que le groupe de Moggar se trouve bien à l'aplomb de l'artère artésienne. Toutefois les conditions ne sont pas aussi favorables que dans la région d'Ourlana. La pression hydrostatique des eaux souterraines y est moindre, et l'on ne voit plus les colonnes ascensionnelles rejeter de gros blocs à l'orifice des puits.

Bien que sensiblement continue, la nappe souterraine ne laisse pas que de présenter certaines anomalies dans le groupe considéré. Ainsi les sondages n°s 1 et 2 de Moggar, qui sont les plus profonds, n'ont donné que des débits insignifiants.

La base des colonnes d'ascension ne peut s'appuyer ici sur un banc solide; elle n'est assise que sur des argiles plastiques. Le peu de consistance de ces argiles est cause du dépérissement des puits indigènes au bout de cinq à six ans d'existence, ainsi que de la diminution fréquente de débit des puits français;

ceux-ci nécessitent des curages, parfois déjà un an ou deux après leur achèvement ⁽¹⁾.

Dans le groupe latéral de Sidi-Rached, la coupe des terrains est fort nette (pl. XX et pl. XXI, fig. 4); la séparation des deux étages imperméable *l* et aquifère *t'* se trouve marquée par un banc de gypse rocheux, que j'ai signalé dans ma *Géologie du Sahara* ⁽²⁾, et dont la dureté arrêtaient souvent les puisatiers indigènes. Généralement ce banc est caverneux (ou fissuré) et, par suite, perméable : ce sont alors les marnes et argiles superposées qui forment la couverture de la nappe ⁽³⁾. Cependant, au Nord du groupe, à Sidi-Rached même, il recouvre parfois un poudingue compact, sous lequel se trouve alors la nappe.

La nappe se déclare habituellement dès que la sonde attaque la couche de gypse, comme, par exemple, aux six sondages de Ghamra. Elle peut même apparaître plus haut : le n° 1 de Bram a été arrêté avant la rencontre du gypse, et il avait recoupé, à 47 mètres, une nappe de 2,000 litres, renfermée dans une marne sableuse et recouverte par une marne plastique.

Dans tous les cas, la série des nappes inscrites dans les journaux de sondage — au-dessus du gypse, ou à la traversée de ce banc, ou pendant l'approfondissement dans les sables inférieurs — provient d'une nappe unique, ayant son siège dans ces sables. Il n'est pas douteux, d'ailleurs (pl. XX et pl. XXI, fig. 4, pl. XXII, fig. 1 et 5), que la nappe en question représente le prolongement du niveau artésien que nous avons précédemment constaté dans la région d'Ourlana et dans le groupe de Moggar, et que nous retrouverons plus loin dans le groupe de Tougourt. Mais les conditions naturelles sont beaucoup moins favorables ici; la pression hydrostatique y est bien moindre, et certains sondages ont offert des anomalies, tenant à l'insuffisance de la réalimentation souterraine.

A ce propos, un court historique sur les oasis de Sidi-Rached et de Ghamra et sur leurs puits artésiens ne laissera pas que d'être instructif et tristement intéressant.

La tradition rapporte que c'est à Sidi-Rached que fut creusé le plus ancien puits de l'Oued Rir', l'*Aïn el-Kebira*, qui avait un débit considérable. Ce puits fameux vécut plus d'un siècle; puis une nouvelle fontaine fut creusée près de celle qui venait de s'éteindre.

« Il est plus que probable, dit M. Jus ⁽⁴⁾, que toutes les autres fontaines qui

⁽¹⁾ Voir ci-après, à l'Appendice I du présent chapitre, l'extrait concernant le curage du n° 3 d'El-Kessour.

⁽²⁾ Page 126.

⁽³⁾ Ainsi le banc gypseux qui, géologiquement, se rattache à l'étage lacustre et concrétionné *l*, se rapproche plutôt, hydrologiquement, de l'étage aquifère *t'*.

⁽⁴⁾ Extrait du rapport sur les travaux des sondages exécutés dans le département de Constantine de 1881 à 1882.

ont succédé à cette dernière ont été également creusées l'une à côté de l'autre, au fur et à mesure de leur extinction; car, en 1855, nous avons constaté que le seul puits existant à Sidi-Rached, dont le débit était de 1,500 à 2,000 litres, était encore désigné sous le nom d'Aïn el-Kebira. Au dire des habitants, sa construction remontait à l'année 1810, et son débit primitif aurait été de 6,000 litres à la minute.

« A cette époque, 1855, l'Aïn el-Kebira arrosait seulement les jardins du Sud de l'oasis, tandis que ceux du Nord et de l'Est étaient desséchés, à cause de l'envahissement progressif des dunes de sable.

« Nous donnons ci-dessous le tableau des diverses tentatives faites à Sidi-Rached pour essayer de sauver ses jardins d'une ruine certaine. »

TENTATIVES FAITES DEPUIS 1857 POUR SAUVER LES JARDINS
DU NORD, DE L'EST ET DU SUD-EST DE SIDI-RACHED.

DÉSIGNATION des PUITS ARTÉSIENS.	DATE de L'EXÉCUTION.	PRO- FONDEUR TOTALE.	PROFONDEUR de la NAPPE JAILLISSANTE.	DÉBIT PRIMITIF par minute.	TEMPÉ- RATURE OBSERVÉE.	DÉBIT ACTUEL par minute.	OBSERVATIONS.
N° 1 ⁽¹⁾	1857	mètres. 54 00	mètres. 48 00	litres. 4,000	24°,00	litres. #	Arrosait les jardins du Nord et de l'Est.
N° 2.....	1863	78 00	61 70	150	25°,10	8	
N° 3.....	1865	72 25	51 40	80	24°,40	#	A 100 mètres de l'ancien Aïn el-Kebira.
N° 4 ⁽²⁾	1865	47 33	35 48	1,800	23°,70	1,800	Arrose les jardins du Sud.
N° 5.....	1870	76 25	"	"	"	"	A l'emplacement de l'Aïn el-Kebira.
N° 6 ⁽³⁾	1875	63 00	47 00	1,600	24°,90	1,600	Arrose les jardins du Sud et une partie de ceux du Sud-Est.
N° 7.....	1880	57 00	49 30	725	24°,20	400	Arrose quelques palmiers du Nord.
N° 8 ⁽⁴⁾	1882	118 95	"	"	"	"	A 20 mètres du puits n° 1.

⁽¹⁾ Puits n° 1. — Débit primitif, 4,000 litres. En 1865 : 1,522 litres par minute. A cessé de couler après l'achèvement du puits n° 4. A repris son cours en 1868, avec un débit de 2,200 litres. A vu son débit tomber à 1,000 litres en 1875, après l'achèvement du puits n° 6. A cessé de couler en 1876.

⁽²⁾ Puits n° 4. — Débit primitif, 1,800 litres à la minute. A cessé de couler en 1868. A repris son cours en 1870, après un curage et après que le tube d'ascension eut été relevé de 2 m. 25 au-dessus du sol (opération ayant eu pour but de rétablir l'équilibre avec le puits n° 1).

⁽³⁾ Puits n° 6. — Tube d'ascension aménagé à 2 m. 20 au-dessus du sol, au même niveau que celui du puits n° 4.

⁽⁴⁾ Puits n° 8. — N'a rencontré aucune nappe.

Ainsi, sur huit sondages, quatre ont donné des résultats insignifiants ou nuls, et les quatre autres n'ont réussi qu'aux dépens les uns des autres. Dans ceux-ci, la force ascensionnelle n'a pas été suffisante pour charrier des sables jusqu'à la surface, et l'eau a coulé claire même au jaillissement. Faute de pression souterraine, deux puits voisins sont entre eux dans un état d'équilibre instable, et l'un drainerait l'autre, si leurs orifices ne se trouvaient exactement à la même altitude. La réalimentation artésienne de la nappe n'est pas suffisante pour maintenir les débits des puits déjà existants, quand on fait de nouvelles saignées à une distance rapprochée et surtout à une altitude inférieure. Il arrive même que de nouveaux sondages soient impuissants à modifier le

cours souterrain des eaux et à les faire jaillir par de nouveaux orifices d'évacuation.

Le sondage n° 8 ⁽¹⁾, bien que poussé à 118 m. 95 — la plus grande profondeur atteinte par les sondages artésiens de l'Oued Rir' — n'a pas obtenu d'eau jaillissante ⁽²⁾.

Un fait important (consigné dans ma *Géologie du Sahara* ⁽³⁾) est qu'on a nettement constaté ici, au-dessous des sables aquifères, l'existence de grès consistants et secs. Ces grès représenteraient, suivant l'expression déjà employée plus haut, le lit de la nappe artésienne.

A la suite de la situation irrémédiable que révélait l'insuccès du n° 8, M. Jus explora une dernière fois les environs de l'oasis de Sidi-Rached; il acquit la conviction que les conditions changeaient au Nord-Est de l'oasis et que des recherches entreprises à 3 kilom. 5 dans cette direction amèneraient, selon toute probabilité, des résultats satisfaisants. En conséquence, il proposa aux habitants de Sidi-Rached, au cas où un nouveau puits serait exécuté avec succès de ce côté, d'y bâtir un village et d'y créer une nouvelle oasis. Les indigènes refusèrent d'abord, puis, au bout de quelques années de réflexion, consentirent.

En 1888, un sondage était exécuté au point indiqué par M. Jus, et l'on y obtenait un débit de 4,000 litres, qui s'est maintenu depuis lors. Le nouveau puits (n° 9 de Sidi-Rached) a été baptisé : *Aïn Baraka* (Fontaine de la Bénédiction).

L'oasis de Ghamra, à l'époque de son ancienne splendeur, était arrosée par trois puits jaillissants indigènes, qui devaient débiter ensemble 10,000 à 12,000 litres par minute.

« Il y a environ un siècle, dit M. Jus ⁽⁴⁾, l'Aïn Boulboul a d'abord cessé de couler, après avoir formé un immense bahr, dont l'eau est tellement mauvaise qu'elle ne nourrit actuellement ni poisson ni coquille. Enfin, vers 1830, ce fut le tour de l'Aïn Tala.

« Plusieurs nouveaux puits furent creusés dans ces deux régions; mais on dut les abandonner, à cause de la dureté de la roche qui recouvrait la nappe d'eau.

« Seul l'Aïn el-Kadra, situé au Nord-Ouest, coulait encore, lorsque les vents du Sud commencèrent à accumuler des sables et à former d'immenses dunes

⁽¹⁾ Voir ci-après, à l'Appendice I du présent chapitre, le journal de sondage du n° 8 de Sidi-Rached.

⁽²⁾ Ce résultat négatif détruit entièrement, ainsi que l'a fait observer justement M. Jus, les indications suivantes de Ville (*Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara*, 1865) :

« Toutes les fois que, dans une région déterminée, un sondage n'a pas atteint la grande nappe déjà reconnue par les sondages voisins, on a des chances de la trouver en allant à un niveau plus bas; car la couche qui renferme la nappe jaillissante présente parfois des épaisseurs très différentes dans des régions voisines.

« Cela donne lieu de penser qu'à Sidi-Rached n° 2, Bram n° 2, El-Haribira n° 2 et 3, il conviendrait de dépasser les profondeurs atteintes pour rechercher la grande nappe des puits voisins. »

⁽³⁾ Page 127.

⁽⁴⁾ Extrait du rapport sur les travaux des sondages exécutés dans le département de Constantine de 1879 à 1880.

qui ne permirent plus à cette fontaine de servir pour l'irrigation. Quelques mois après la prise de Tougourt, l'abandon de l'oasis fut décidé; un nouveau puits fut creusé dans la région de Brarit, à l'Ouest, et son résultat permit de créer une nouvelle oasis dans cette direction. Dix ans après son achèvement, ce puits cessa de couler, et un autre fut creusé à côté de celui qui venait de s'éteindre; son débit primitif, qui était de 3,000 litres par minute, est descendu à 1,500 litres, sans perdre de sa profondeur totale. L'eau de la nappe est tellement saumâtre et chargée de sels que les indigènes n'en font jamais usage pour leur alimentation.

« En 1860, l'Administration, voulant porter secours à Ghamra, avait fait exécuter un puits français près du village et de l'ancien Aïn el-Kadra; en quelques jours, une belle nappe jaillissante de 3,800 litres par minute était rencontrée à 54 m. 50, sous un banc de gypse en roche. Toutes les précautions furent prises pour assurer à ce puits une longue durée; mais, quelques mois après le jaillissement de l'eau, le débit descendait à 240 litres, et, malgré plusieurs nettoyages faits à différentes reprises, il fut impossible de le ramener à son débit primitif, ni de se rendre compte des raisons qui étaient cause de sa diminution. »

En 1860 et 1861 furent exécutés deux autres sondages, dont les débits diminuèrent également en peu de temps.

En 1879, l'oasis n'avait plus que 1,746 litres d'irrigation, fournis par un puits français et un puits indigène. On résolut alors de reprendre deux puits arabes commencés en 1867, mais laissés inachevés : le premier, l'Aïn Gueddacha, à 900 mètres au Sud-Ouest du village, avait été arrêté à la profondeur de 36 m. 14, par suite de la rencontre d'une nappe jaillissante, débitant 30 litres par minute; le deuxième, l'Aïn M'rita, avait été abandonné à 53 m. 51 pour la même raison. « Depuis 1875, les gens de Ghamra sollicitaient notre intervention pour l'achèvement de ces deux puits et pour l'exécution d'un troisième dans la région de Tala. »

Le sondage de l'Aïn Gueddacha (n° 4 de Ghamra) ne donna qu'un débit de 420 litres par minute.

Le sondage de l'Aïn M'rita (n° 5) avait été foré jusqu'à 84 m. 52 et tubé jusqu'à 70 mètres, au diamètre de 0 m. 16. Le résultat étant nul, on décide d'abandonner ce puits. On se met à retirer la colonne de tubes : « Lorsque sa base parvient à 58 mètres, l'eau jaillit à 1 mètre au-dessus du sol, avec une force d'ascension considérable et un débit de 3,000 litres par minute. Le lendemain, ce débit descend à 1,500 litres, puis à 200, et finalement paraît vouloir se maintenir à 50 litres. Contrairement aux eaux des autres puits de Ghamra, celle-ci est potable et a une température de 24°, 20; aussi les indigènes demandent-ils qu'on leur laisse le tubage à 58 mètres. On accède à leurs instances, en ménageant convenablement la nappe.

« Pendant cinq jours consécutifs, on manœuvre la soupape dans le sondage

pour essayer de découvrir les causes de la diminution de la nappe; elle descend sans arrêt jusqu'à 70 mètres, en rapportant d'abord un peu de sable; elle revient ensuite à vide. Aucun indice n'apporte des éclaircissements sur les faits qui viennent de se produire. »

Enfin le sondage n° 6 de Ghamra fut foré au point dit *Aïn-Boulboul*.

« Avant de percer la roche de gypse, on descend une colonne de garantie de 0 m. 20 de diamètre, jusqu'à 38 mètres. Pendant le forage de 43 m. 20 à 43 m. 40, l'eau monte rapidement au sol, en coulant limpide, avec un débit de 1,000 litres par minute, à la température de 24 degrés.

« L'outil percuteur finit de percer la couche dure à 44 m. 98, sans amener d'augmentation dans le débit de l'eau. Aussitôt les indigènes arrivent en foule pour commencer la fantasia; mais nous leur faisons remarquer que l'eau coule limpide, qu'elle sort, comme au puits n° 1, d'une cavité, et qu'il ne faut pas se livrer à la joie avant d'être certain d'un succès durable. Quelques heures après, en effet, la nappe disparaît complètement.

« Le forage est alors continué jusqu'à 63 m. 74, dans des sables rouges aquifères, exactement semblables à ceux d'Aïn-M'rita. Entre 60 et 62 mètres, une nouvelle nappe jaillit, toujours sans charrier de sable, en débitant 800 litres par minute à la température de 23 degrés. Une nouvelle colonne de 0 m. 15 de diamètre est descendue à 58 mètres et 60 mètres; puis, malgré toutes les combinaisons de tubage, la nappe disparaît complètement. »

Ce phénomène de la disparition brusque de la nappe, après quelques heures d'un jaillissement abondant, est particulier aux sondages de Ghamra. Pour l'expliquer, M. Jus suppose qu'on est ici en présence de poches d'eau isolées, occupant des fissures dans le banc de gypse rocheux. Ces poches se videraient, quand un sondage les atteindrait, et perdraient presque aussitôt leur pression.

Quoi qu'il en soit exactement à cet égard, l'ensemble des faits observés à Ghamra, aussi bien qu'à Sidi-Rached, prouve un défaut de pression des eaux artésiennes dans le groupe considéré.

La moyenne des profondeurs auxquelles a été obtenu le jaillissement dans les sondages de ce groupe n'est que de 55 mètres; elle correspond à une température moyenne de 24°,8.

Que si l'on compare le groupe de Sidi-Rached au groupe juxtaposé de Moggar (pl. XX, pl. XXI, fig. 3 et 4, et pl. XXII, fig. 5⁽¹⁾), on voit que les altitudes, tant de la surface que de la couverture de la nappe artésienne, diffèrent respectivement peu, et qu'au point de vue de l'imperméabilité de l'étage marno-lacustre *l*, la coupe des terrains est plutôt meilleure dans le groupe de Sidi-Rached. La différence de pression ici et là tient donc à d'autres causes. A mon

⁽¹⁾ Les figures 4 de la planche XXI et 5 de la planche XXII donnent, il est vrai, des profils obliques sur l'artère artésienne en passant par les Meggarin (au Nord du groupe de Tougourt); mais des profils perpendiculaires à l'artère, allant de Ghamra à Bou-Rekhis, donneraient des indications semblables.

sens, elle doit s'expliquer surtout par la considération de l'emplacement par rapport à l'axe de l'artère artésienne : le groupe de Moggar se trouve, sinon sur cet axe même, du moins beaucoup plus près de lui que le groupe de Sidi-Rached; ce groupe-ci, au contraire, est situé sur le bord occidental de l'artère, ou, autrement dit, près de la berge de la rivière souterraine. Il faut remarquer, en outre, que l'artère artésienne s'élargit d'une manière anormale dans cette partie de l'Oued Rir' : sa largeur reconnue atteint, en effet, 1/4 kilomètres dans le Sud des deux groupes en question (de Ghamra à Bou-Rekhis).

J'ajouterai enfin que la diminution du débit et de la pression des eaux artésiennes dans le groupe occidental — diminution constatée, en particulier à Ghamra, depuis vingt-cinq ans — a aussi d'autres raisons accidentelles. D'après M. Jus, elle résulte surtout des saignées qui ont été pratiquées dans la nappe vers l'Est, et doit être attribuée, en grande partie, aux nombreux puits qui ont été creusés pour la création de Meggarin-Djedida, depuis la prise de Tougourt (pl. XXII, fig. 5).

Groupe de Tougourt.

Les puits indigènes et français des régions de Meggarin et de Tougourt fournissent des coupes fort nettes (pl. XX et pl. XXI, fig. 4), comme je l'ai dit dans ma *Géologie du Sahara*. A la base de l'étage marno-lacustre *l* se trouvent régulièrement un banc rocheux (*el hadjar*) et, au-dessous, une couche d'argile grasse (*el mazoul*). La nappe artésienne possède ainsi une couverture tout à fait imperméable; elle ne se déclare jamais, en effet, que dans les sables inférieurs *t*. Ceux-ci sont excessivement fluides et ébouleux.

La plupart des sondages de ce groupe ont médiocrement réussi. Cela tient surtout à ce que le dégagement de la nappe se fait mal, la pression des eaux jaillissantes n'étant généralement pas suffisante pour charrier les sables aquifères à l'orifice. Il faut alors les épuiser au moyen de la soupape, et ce travail de désensablement, nécessaire pour pratiquer une chambre d'alimentation à la base de la colonne des tubes, ne laisse pas que d'être difficile et long.

Cependant les sondages exécutés sur les bords du chott de Schmourra, à l'Est de Tougourt, font exception : de ce côté, la pression artésienne est forte et le dégagement de la nappe s'opère presque automatiquement⁽¹⁾. Au premier sondage entrepris sur les bords de ce chott (n° 3 de Tebesbest), la nappe se dégagea brusquement d'elle-même quelque temps après l'achèvement du puits, et elle porta tout à coup son débit de 560 litres à 3,800 litres par minute.

Mais nous avons vu que les oasis du groupe considéré sont irriguées presque exclusivement par des puits indigènes. Leurs profondeurs, de la surface à la nappe artésienne, varient de 50 à 60 mètres et davantage⁽²⁾. Au premier abord,

⁽¹⁾ De même que dans les sondages de la région centrale de l'Oued Rir'.

⁽²⁾ Sauf au Coudiat el-Koda, où elle n'est que de 45 à 48 mètres.

on pourrait s'étonner qu'ils soient aussi nombreux, eu égard à leurs profondeurs, dans cette région de l'Oued Rir'; cela s'explique cependant, si l'on considère que ce qui arrête surtout les puisatiers indigènes, ce n'est pas tant la hauteur du fonçage que la rencontre de niveaux d'eaux parasites : or on n'en rencontre habituellement pas à Meggarin, ni à Tougourt, sauf quelques suintements près de la surface. Ajoutons que parmi les 257 puits indigènes de Tougourt, mentionnés plus haut, il en est 24 qui avaient été abandonnés par les indigènes, à des profondeurs de 27 à 59 mètres, et qui ont été achevés par les ateliers militaires de sondage.

La durée moyenne des puits indigènes de Tougourt dépasse rarement quinze à vingt ans.

Les Rouara ont l'habitude de creuser leurs puits les uns à côté des autres. Les puits d'une oasis sont ainsi groupés dans un quartier relativement restreint, qu'on appelle ras el-mâ (tête de l'eau) : quand un puits meurt, on creuse près de lui son remplaçant. C'est ainsi que sur la place du village de Tebesbest, on compte jusqu'à 20 puits qui ne sont distants que de quelques mètres.

Les puits des deux Meggarin offrent, pour des puits indigènes, des débits relativement élevés, et il n'est pas douteux que ces oasis ne soient bien situées par rapport à l'artère artésienne. Il est vrai que les deux sondages exécutés à Meggarin-Djedida n'ont pas donné de résultat; mais, pour le n° 1, s'il a échoué, cela tient à de fausses manœuvres; quant au n° 2, s'il n'a donné que 20 litres⁽¹⁾, c'est qu'il avait été placé trop près du puits indigène l'*Aïn Sarah*, dont le débit, à cette époque (1878), était de 600 litres, et que la force ascensionnelle de la nappe semble devenue trop faible à Meggarin-Djedida, par suite de son débit total dans cette oasis, pour fournir de forts débits à des puits aussi rapprochés.

Rappelons également ici que le n° 2 de Meggarin-Djedida est un des sondages de l'Oued Rir' où l'on a constaté nettement, au-dessous des sables aquifères, un système différent de sables et grès grossiers, non aquifères⁽²⁾. L'existence de ces grès secs paraît, ainsi que je l'ai dit, générale en profondeur.

Les profils transversaux donnés par la figure 4 de la planche XXI et par la figure 5 de la planche XXII (profils déjà visés ci-dessus à propos des groupes de Sidi-Rached et de Moggar⁽³⁾) montrent sur quelle largeur, relativement importante, la nappe artésienne de l'Oued Rir' s'étale souterrainement à la hauteur des Meggarin; on peut répéter ici que dans la partie septentrionale du groupe de Tougourt (de même que dans la partie méridionale des deux groupes précédents), elle règne sur 14 kilomètres de l'Ouest à l'Est. En revanche, la

⁽¹⁾ Ce puits a même cessé de couler, après qu'on eut retiré les tubes du trou de sonde.

⁽²⁾ Voir ma *Géologie du Sahara*, page 130.

⁽³⁾ Même observation que plus haut, concernant l'obliquité de ces profils par rapport à l'artère artésienne. Un profil perpendiculaire par Meggarin-Khedima donnerait sensiblement la même largeur pour la nappe souterraine.

pression hydrostatique de la nappe semble varier en raison inverse de sa largeur, à en juger par le contre-coup probable que les puits creusés depuis 1857 à Meggarin-Djedida (située sans doute sur l'axe même de l'artère artésienne) auraient exercé sur ceux de la région de Ghamra (écartée sur le bord occidental de l'artère dans des conditions notoirement inférieures).

Au Sud de Meggarin-Djedida, dans les régions de Zaouïa et de Tebesbest, la largeur de la nappe diminue, mais le débit par kilomètre carré augmente. A la hauteur de Tougourt, la largeur reconnue n'est plus que de 6 kilomètres (pl. XXI, fig. 5). Dans l'oasis de Nezla, elle tombe au-dessous de 3 kilomètres.

Dans ces oasis de Zaouïa, Tebesbest, Tougourt et Nezla, le débit moyen des puits indigènes est faible assurément; mais leur nombre est tellement considérable qu'au total, le débit de la nappe est fort important (presque le même, à surface égale, que dans la région centrale d'Ourlana, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer plus haut). En l'état actuel, la nappe artésienne fournit, sur l'étendue de ces anciennes oasis de Tougourt (ou, du moins, sur la plus grande partie de leur étendue), le maximum de débit dont elle est capable : dès lors, de nouveaux puits ne feraient, la plupart du temps, que couler au détriment des anciens, sans augmenter le volume total des eaux d'irrigation. Des sondages, entrepris avec l'outillage européen, ne changeraient rien à cette situation. Ils auraient même, en général, moins de chances de réussite ici que des puits indigènes; car la multiplicité des saignées qui ont été pratiquées sur la nappe ont trop diminué sa pression hydrostatique pour qu'on soit certain de la voir se dégager convenablement⁽¹⁾.

Toutefois M. Jus, avec son intuition remarquable de vieux sondeur, pensa qu'il en serait autrement dans les régions neuves, encore non saignées, qui s'étendent le long du chott de Schmourra, entre l'oasis de Tebesbest et la falaise orientale (pl. III) : en effet, les sondages entrepris par lui le long de cette falaise — et continués par le lieutenant Clottu — ont donné de brillants résultats. Quatre sondages s'échelonnent ainsi le long du chott de Schmourra, à des distances d'environ 500 mètres, au pied des coudiats de la falaise orientale (pl. XXIII, fig. 1), savoir, du Nord au Sud : les n^{os} 6 (foré en 1882)⁽²⁾, 3 (1876), 4 (1882) [pl. XXI, fig. 5] et 8 (1884) [pl. XXIII, fig. 1] de Tebesbest. Le n^o 3 débite 3,800 litres par minute⁽³⁾; les trois autres débitent 3,000 litres.

En présence de cette série de débits élevés, on peut admettre que l'axe du maximum de pression et de volume de la nappe suit, ou à peu près, la falaise orientale de Tebesbest. La profondeur correspondante du cœur de la nappe

⁽¹⁾ Il est vrai que le sondage exécuté à Nezla, en 1884, a donné un débit de 1,900 litres; mais l'emplacement de ce sondage avait été choisi dans le village même de ce nom (pl. III), c'est-à-dire en dehors de l'oasis et assez loin de son principal groupe de puits indigènes (*ras el-mâ* ou *ras el-aïoun*).

⁽²⁾ Voir ci-après, à l'Appendice I du présent chapitre, le journal de sondage du puits n^o 6 de Tebesbest (*Ain Flatters*).

⁽³⁾ L'emplacement du puits en question (*Ain Schmourra*) était particulièrement favorable, en raison du plongement des couches vers ce point (voir ma *Géologie du Sahara*, p. 130).

peut être évaluée à 81 mètres, et sa température moyenne serait de 25°,5 environ ⁽¹⁾.

Mais la zone des hautes pressions paraît assez étroite dans cette partie de l'Oued Rir'. L'insuccès complet du puits n° 5 de Tebesbest (1882), situé à moins de 1,400 mètres à l'Ouest du n° 8, est instructif à cet égard : on n'y a même pas rencontré de nappe ascendante, bien que l'altitude et la coupe des terrains fussent semblables.

La falaise orientale décrit ici un grand tournant, à angle droit, vers l'Ouest ⁽²⁾; puis elle fait un nouveau coude et se poursuit, vers le Sud, le long de l'oasis de Nezla (pl. III). Trois autres sondages, exécutés coup sur coup, en 1884, à l'angle saillant de la falaise, ont complètement échoué; un autre, plus au Sud, a donné le faible débit de 450 litres.

Il semble donc qu'une zone sèche, ou médiocrement dotée en eaux artésiennes, s'interpose entre l'artère à grand débit de Schmourra et la zone latérale qui alimente les puits indigènes de l'oasis de Nezla ⁽³⁾. L'artère principale sortirait complètement ici de la vallée de l'Oued Rir' et passerait sous le plateau du Souf. A partir de Tougourt, les oasis méridionales de l'Oued Rir' seraient écartées sur le bord occidental du réseau aquifère : le fait est qu'on n'y rencontre plus que des puits artésiens à faible débit.

Au Sud-Ouest-Sud de Nezla, l'oasis de Coudiat-el-Koda est irriguée par une série de puits indigènes, creusés le long du pied de la colline de ce nom. Des tranchées, ouvertes dans le bas de l'escarpement, permettent d'abaisser les orifices au niveau de l'oasis même et d'amener les eaux dans les jardins, à l'Ouest.

L'analyse n° 17 (voir ci-après l'Annexe I, à la fin du volume) donne la composition chimique de l'eau d'un des puits en question, savoir de l'Aïn Bouissou. Elle accuse une teneur totale de 4 gr. 5211 en sels anhydres. C'est sensiblement la teneur moyenne des eaux jaillissantes de l'Oued Rir' (plutôt un peu moins) ⁽⁴⁾.

Cette petite oasis de Coudiat-el-Koda se fait remarquer — pour une oasis indigène — par la régularité de ses plantations et son entretien relativement soigné. Elle occupe l'emplacement d'anciens terrains de sebkha, graduellement aménagés, lavés et mis en culture depuis 1875.

Traversant l'étroite sebkha qui la borde encore au Sud, on arrive, à 200 mètres plus loin, au Bahr Merdjadja (7 kilomètres au Sud-Ouest-Sud de

⁽¹⁾ Le tableau synoptique ci-dessus des sondages de l'Oued Rir' n'indique que 24°,8 pour la température moyenne de la nappe principale dans le groupe de Tougourt. Mais cette indication (d'ailleurs approximative) se rapporte à tout l'ensemble du groupe, pour lequel la profondeur *moyenne* de la nappe principale est, en effet, sensiblement moindre que le long du chott de Schmourra.

⁽²⁾ Le n° 8 de Tebesbest (*Aïn Tirman*) se trouve au fond même de ce rentrant de la falaise orientale.

⁽³⁾ Ainsi que le puits français du village de Nezla.

⁽⁴⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 10.

Tougourt) [pl. III], décrit et figuré par Ville⁽¹⁾. C'est le plus grand bahr de l'Oued Rir' : il a 2 kilomètres de long (sa largeur maxima étant de 300 mètres). Pendant l'hiver, son eau s'élève à 3 mètres environ en contre-haut de la Sebkha de Coudiat-el-Koda, sans qu'il y ait d'écoulement naturel à la surface; pendant l'été, les eaux du bahr baissent par suite de l'évaporation, mais pas tellement, semble-t-il, que la différence de niveau avec la sebkha ne soit encore sensible.

Il était rationnel de songer à dériver, au moyen d'une tranchée, le trop-plein du bahr vers la sebkha située en contre-bas, afin de l'utiliser. L'ancien agha Beu Driss essaya ce travail, en effet, mais sans succès. Le capitaine Pujat comptait le reprendre et ajouter cette amélioration à toutes celles dont la région de Tougourt lui est redevable. Il est à espérer que le projet en question ne sera pas abandonné.

Groupe de Bledet-Ahmar.

Au Sud de Tougourt, les dernières oasis de l'Oued Rir' se trouvent dans des conditions médiocres sous le rapport des eaux souterraines. Il est bien difficile de savoir dans quelle mesure cela tient à l'obliquité de la zone des bas-fonds et des oasis vers le Sud-Ouest; on peut dire seulement que si l'artère principale de Schmourra se poursuit à une certaine distance sous le plateau dans la direction du Sud, la zone des bas-fonds s'en trouve de plus en plus écartée (pl. III).

Quoi qu'il en soit à ce sujet, il est certain que — toutes choses égales par rapport à l'axe de l'artère artésienne — les conditions locales sont de moins en moins favorables à partir de Tougourt (pl. XX, fig. 1, et pl. XXII, fig. 1).

A l'oasis de Temacin et à son enclave de Tamelath, l'altitude du sol, bien que déjà supérieure, ne dépasse pas encore 69 mètres (dans les jardins); mais l'épaisseur des terrains imperméables qui recouvrent la nappe artésienne — et dont la coupe géologique est, d'ailleurs, très convenable⁽²⁾ — n'est plus que de 45 mètres environ. Le fait est que les puits indigènes n'ont que de faibles débits; ils ne fournissent, au total, malgré leur nombre, qu'un volume d'eau peu considérable. Ce volume semble, néanmoins, approcher de la limite dont est susceptible la nappe; les trois sondages effectués à la Zaouïa de Tamelath ont rencontré des nappes jaillissantes, il est vrai, mais d'un débit insignifiant⁽³⁾.

Au delà, nous avons vu (*Géologie du Sahara*) que la surface s'élevait graduellement vers Bledet-Ahmar (altitude 79 mètres) et vers El-Goug (85 mètres) jusqu'au terminus de la zone des bas-fonds de l'Oued Rir', et qu'en même temps, l'épaisseur des terrains argileux, superposés à la nappe souterraine,

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, page 440. — Voir également l'Annexe IV à la suite du présent Rapport.

⁽²⁾ Voir ma *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 3.

⁽³⁾ La nappe jaillissante rencontrée au sondage n° 3, à 51 m. 66, n'a pu être captée à cause de l'obstruction de la colonne de tubes par les sables et du défaut de pression des eaux souterraines.

allait s'amoindrisant jusqu'à n'avoir plus que 20 et 15 mètres. La pression de la nappe décroît en conséquence. Ces deux oasis, les dernières de la région de l'Oued Rir', possèdent cependant encore des puits indigènes jaillissants, mais de faible débit.

L'analyse n° 16 (voir l'Annexe I ci-après) donne la composition chimique de l'eau d'un des puits jaillissants de Bledet-Ahmar, savoir de l'Aïn Lala-Setti. Elle ne renferme que 3 gr. 6544 de sels anhydres : c'est une des meilleures eaux qui aient été signalées dans l'Oued Rir' ⁽¹⁾.

Notons enfin, pour clore ce qui concerne la région méridionale de l'Oued Rir', les deux behour de Temacin ⁽²⁾ : l'un de 1,200 mètres de long sur 300 mètres de large, situé dans l'oasis, à 1 kilomètre au Nord du village (pl. III); l'autre de 500 mètres sur 200 mètres, près du village, au Sud-Est. Mais ces behour ne servent nullement aux irrigations. Au contraire, ils jouent le rôle de bassins de réception : le petit bahr reçoit les eaux d'évacuation des jardins de la zaouïa et de la partie Sud de l'oasis; il écoule son trop-plein par un canal dans le grand bahr, qui reçoit lui-même les eaux d'évacuation de la partie Nord de l'oasis. En été, le niveau des deux nappes d'eau baisse sensiblement, et il n'y a presque plus d'écoulement d'un bahr dans l'autre.

III. RÉGION SEPTENTRIONALE DE L'OUED RIR' (MRAÏER).

D'après le tableau ci-dessus, les sondages exécutés dans les diverses oasis de cette région étaient, après la campagne de 1881-1882, au nombre de 22, dont 19 ayant réussi et irriguant effectivement.

Le groupe d'El-Berd et Tinedla (pl. III) comptait 3 puits tubés jaillissants, dont le débit moyen était, en chiffres ronds, de 1,850 litres par minute.

Le groupe latéral de Sidi-Khelil comptait 4 puits tubés, dont le débit moyen n'était que de 700 litres et même moins (les résultats ayant été nuls ou insignifiants à deux autres sondages). Cette oasis possède, en outre, 26 puits jaillissants indigènes.

Le groupe de Mraïer, Ensira et Ourir comptait, à la même époque, 12 puits tubés jaillissants, dont le débit moyen était de 1,700 litres, plus 6 puits jaillissants indigènes à Mraïer. Ajoutons que de très beaux puits ont été exécutés, les années suivantes, à Ourir : par exemple, le n° 2 de cette oasis (1883), qui débite 3,600 litres, le n° 6 (1888), qui débite 4,000 litres, etc. ⁽³⁾.

Mentionnons aussi les sondages suivants qui ne sont pas portés sur le tableau ci-dessus et qui, d'ailleurs, n'ont donné que de faibles débits : d'une part, le

⁽¹⁾ On ne peut citer, à ma connaissance, que l'eau du puits n° 2 de Sidi-Sliman comme ayant une teneur inférieure (voir ci-dessus la note 14 au bas du tableau synoptique des sondages de l'Oued Rir').

⁽²⁾ Également mentionnés dans l'Annexe IV à la suite du présent ouvrage.

⁽³⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

sondage d'étape effectué au col de Nza-ben-Rzig, à l'Ouest d'El-Berd, et, d'autre part, à l'extrémité septentrionale de la vallée de l'Oued Rir', au pied du Kef el-Dohr, le sondage d'étape de Miahadalou et les trois sondages de la petite oasis d'Oum-el-Thiour⁽¹⁾.

Dans la région septentrionale de l'Oued Rir', de même que dans les précédentes, nous avons à noter une première nappe ascendante d'eau saumâtre. Tous les sondages, ou à peu près, l'ont recoupée à une faible profondeur — à 8 mètres au plus — quelles que fussent leurs positions par rapport à la nappe artésienne.

Le sondage du col de Nza-ben-Rzig lui-même, malgré l'altitude relative de son orifice, a rencontré, entre 12 et 15 mètres, des eaux ascendantes, qui appartiennent à la même nappe continue. D'une manière générale, dans tout le bassin artésien du bas Sahara, cette nappe ascendante supérieure reproduit, comme un écho affaibli, les inégalités et les reliefs de la surface.

Les conditions naturelles de gisement et de répartition des eaux souterraines étant assez variables suivant les divers groupes de sondages de la région septentrionale, il y a lieu de considérer d'abord ceux qui se rapprochent le plus des conditions normales, précédemment décrites, et se trouvent le mieux situés par rapport à l'artère artésienne.

A ce double point de vue, nous considérerons d'abord, d'une part, le groupe d'El-Berd et Tinedla, d'autre part, celui de Mraïer et de ses annexes (pl. III). Les indications détaillées relatives aux sondages de ces deux groupes sont placées le long du profil de la planche XX, profil qui longe le thalweg terminal de l'Oued Rir' (Oued Khérouf) et le bord occidental du Chott Melrir; elles sont résumées sur le profil hydrologique longitudinal, donné par la figure 1 de la planche XXII.

La coupe des terrains, le long de ce profil longitudinal, est moins favorable au point de vue hydrologique que dans la région centrale d'Ourlana. L'étage marno-lacustre *l* est moins imperméable dans son ensemble, et offre même des intercalations franchement perméables. En revanche, l'altitude de la surface diminue graduellement vers le Nord; elle n'est plus que de 4 mètres à Tinedla, de — 13 m. 5 au bordj d'Ourir et même de — 21 mètres dans le bas de l'oasis européenne de ce nom.

Une moitié environ des sondages des deux groupes considérés a recoupé, en traversant l'étage *l*, une ou deux nappes secondaires, généralement jaillissantes. Ces petites nappes suffisaient le plus souvent pour arrêter les puisatiers indigènes.

Pour ce qui est de la nappe jaillissante principale, le tracé de sa couverture

⁽¹⁾ Bien que j'aie tenu à mentionner, comme situés encore dans l'Oued Rir', les sondages de Miahadalou et d'Oum-el-Thiour, je ne m'en occuperai qu'au paragraphe suivant.

ne laisse pas que de présenter une certaine incertitude dans la région septentrionale, par suite du défaut de netteté qu'offre fréquemment la limite des deux étages imperméable et perméable *l* et *t*¹. De plus, les intercalations perméables que renferme souvent aussi la partie inférieure de l'étage *l* donnent lieu à des subdivisions locales, mais bien tranchées, de la nappe principale.

Ainsi, à El-Berd et à Tinedla, les journaux de sondage mentionnent deux nappes jaillissantes inférieures, qui semblent être distinctes en effet, et se correspondre d'un sondage à l'autre. Toutefois il est improbable que cette subdivision se poursuive latéralement à une certaine distance.

La nappe inférieure doit être considérée comme la nappe principale⁽¹⁾. Sa profondeur moyenne, en pleine nappe, est d'environ 80 mètres; la température moyenne correspondante serait de 26°₁ approximativement.

Signalons ici, à propos de Tinedla, les faits intéressants qui se produisirent au sondage n° 2, après son achèvement⁽²⁾. Le débit obtenu avait été de 1,650 litres par minute : mais, pendant plusieurs jours, il ne se maintint pas régulier, et même le nouveau puits ne coula que par intermittence. A une cinquantaine de mètres de là se trouve un bahr, le Bahr Mendra, qui débite 200 litres par minute. Tandis que le puits présentait ces anomalies, les eaux du bahr se troublèrent et prirent une teinte rougeâtre — de même couleur que les sables et les particules d'argile que le puits avait rejetés en abondance, lors de son principal jaillissement. — On vit, en outre, des éboulements se produire dans le bahr, en plusieurs endroits.

Les phénomènes ainsi observés prouvent, sans contestation possible, qu'il y a communication souterraine entre le fond du bahr et la base du puits.

A l'autre extrémité de la région septentrionale, le bassin d'Ourir présente également deux nappes bien distinctes, ainsi que M. Jus l'a constaté nettement au dernier sondage de cette oasis, en mai 1891⁽³⁾. La première nappe se trouve entre 52 et 58 mètres; la seconde entre 71 et 78 mètres. Ces deux nappes sont séparées par une épaisseur de 15 à 18 mètres de couches d'une grande imperméabilité, qui avaient été mal désignées sur les coupes des autres sondages de cette oasis⁽⁴⁾.

Pour conserver les débits fournis par ces deux nappes, on s'est contenté jus-

⁽¹⁾ Excepté, bien entendu, quand la distinction de deux nappes par le journal de sondage ne correspond qu'à deux étapes successives du dégagement de la nappe, comme au n° 2 de Tinedla (Appendice I du présent chapitre).

⁽²⁾ Voir ci-après, à l'Appendice I du présent chapitre, le journal de sondage du n° 2 de Tinedla.

⁽³⁾ Renseignement ajouté avant la publication, lors de la correction des dernières épreuves.

⁽⁴⁾ Les conséquences de ces erreurs de désignation et d'appréciation ont été de faire omettre les couches marneuses en question sur le figuré de la coupe moyenne des sondages d'Ourir et d'Ensira (pl. XX) et de faire placer, à tort, la couverture de la nappe principale au-dessus de la première nappe, tandis qu'en réalité elle aurait dû être placée à une quinzaine de mètres plus bas, au-dessus de la seconde nappe (observation déjà visée par la note 4 du tableau synoptique ci-dessus).

qu'ici, par raison d'économie, de les capter dans une même colonne, dont la base a été arrêtée entre 46 et 54 mètres, c'est-à-dire au-dessus de la première nappe. Le reste du forage, destiné à capter la seconde nappe, n'est garanti par aucun tubage; dès lors, les terrains, alternativement argileux et sableux, qui séparent les deux nappes, doivent, à la longue, se détremper ou s'ébouler: d'où, fatalement, une diminution du débit de la seconde nappe, qui est la nappe principale. Si l'on veut remédier à cet état de choses et arriver à un résultat durable, il faut, comme le propose M. Jus, isoler les deux nappes en employant deux colonnes d'ascension, dont la première aurait sa base entre 52 et 56 mètres, et la seconde, à l'intérieur de la précédente, irait jusqu'à la profondeur de 70 mètres environ ⁽¹⁾.

La température moyenne des eaux jaillissantes d'Ourir est de 25°,3; mais elle doit être considérée comme intermédiaire entre les températures réelles des deux nappes susmentionnées, attendu que les eaux de celles-ci se trouvent généralement mêlées dans les puits d'Ourir. La température de la nappe principale correspond plutôt à celle des deux puits d'Ensira, qui donnent 25°,5.

Les débits élevés qu'on a obtenus à Ourir et à Ensira montrent que ces deux oasis sont bien situées par rapport à l'artère artésienne. Néanmoins il faut observer que la pression hydrostatique y est médiocre, et que les puits s'y trouvent en équilibre instable les uns par rapport aux autres. Des différences de niveau de quelques mètres suffisent ici, même à des distances de 800 à 900 mètres, pour que de nouveaux sondages influencent les puits existants, alors qu'il n'en serait rien, toutes choses égales, dans la région centrale de l'Oued Rir'.

Le puits n° 1 d'Ourir (altitude de l'orifice + 13 m. 5), dont le débit primitif était de plus de 4,000 litres, est tombé successivement à 1,500 litres, 800 litres, 300 litres, après l'exécution des puits n° 2 (altitude de l'orifice - 15 m. 70), n° 3 (- 20 m. 08) et n° 5 (+ 12 m. 25). Il est vrai que cette diminution graduelle du débit du n° 1 tient, en grande partie, à l'absence de tubage entre les deux nappes et à l'obstruction de la nappe inférieure. Mais, d'autre part, il n'est pas douteux que le puits en question, placé au point culminant de la propriété, n'ait subi le contre-coup des sondages pratiqués ensuite en contre-bas.

Des précautions spéciales furent cependant prises pour ne pas rompre l'équilibre existant, lors du sondage n° 3, dont l'emplacement se trouvait à plus de 6 mètres en contre-bas du n° 1: on éleva la colonne ascensionnelle à 3 m. 66 au-dessus du sol. Le débit, au niveau de l'orifice ainsi surélevé, est de 1,200 litres par minute ⁽²⁾.

De même, le puits n° 6 d'Ourir, foré à plus de 4 mètres en contre-bas du

⁽¹⁾ Même en l'état actuel, le remède sera toujours facile, et l'on pourra, le jour où le besoin s'en fera sentir, descendre une deuxième colonne dans chaque puits d'Ourir afin de garantir la nappe inférieure.

⁽²⁾ La gerbe jaillissante sort d'une colonne de tubes de 0 m. 20 et s'épanche dans un manchon concentrique, formé d'un tube galvanisé de plus grand diamètre.

n° 1, a son orifice à 2 m. 72 au-dessus du sol⁽¹⁾. Il débite, à ce niveau, 4,000 litres.

Grâce à cette surélévation des orifices, les puits n° 3 et n° 6, bien que situés dans la partie basse de la propriété d'Ourir, sont loin de drainer toutes les eaux souterraines de la partie haute. En effet, le sondage n° 7⁽²⁾, récemment pratiqué près du puits n° 1, c'est-à-dire au point culminant, vient encore de donner 2,500 litres par minute.

Au total, et malgré les apparences, il n'est pas certain que le bassin d'Ourir-Ensira soit arrivé au maximum du débit dont il est susceptible. Actuellement ses neuf puits donnent ensemble 15,000 litres par minute, pour une superficie de 950 hectares : résultat déjà fort beau, vu les conditions ingrates que ce bassin offre au sondeur. Peut-être réussirait-on à lui faire rendre encore davantage, en captant, suivant les puits, tantôt la première nappe, tantôt la seconde.

L'oasis de Mraïer est située un peu plus à l'Ouest que ses annexes d'Ensira et d'Ourir (pl. III) et se trouve, par suite, moins rapprochée de l'axe de l'artère artésienne. De plus, son altitude est supérieure d'une vingtaine de mètres. Cependant, à en juger par le nombre des puits jaillissants de cette oasis et par leur débit total, elle occupe encore un emplacement satisfaisant par rapport aux eaux souterraines.

La profondeur moyenne des débits maxima n'y est que de 50 mètres. La température correspondante des eaux jaillissantes serait d'environ 24°,3.

Un sondage fait exception et a été poussé plus profondément : c'est le n° 8, qui a recoupé à 75 m. 63 une nappe de 2,400 litres par minute (à 25°). M. Jus considère que cette nappe est distincte de celle à laquelle s'arrêtent les autres sondages de Mraïer, et que, seule, elle représente la nappe principale. Quant à vouloir paralléliser les deux nappes ainsi déterminées à Mraïer avec celles d'Ourir, le mieux semble être de ne pas se montrer trop affirmatif à cet égard, vu l'allure lenticulaire de ces formations d'atterrissement.

Au sondage de Dendouga, de même qu'aux sondages précédents de Mraïer, on n'a rencontré qu'une première nappe, située vers 45 mètres, et l'on s'est arrêté à 61 m. 08, sans avoir abordé la nappe principale. Pour atteindre celle-ci, il aurait fallu pousser jusque vers 75 mètres.

Notons enfin, pour terminer ce qui concerne le groupe de Mraïer, les chria et behour qui s'y rencontrent çà et là, mais qui cessent, d'une part, non loin à l'Ouest de Mraïer⁽³⁾ et, d'autre part, à peu de distance à l'Est de Dendouga et d'Ourir (sauf quelques rares behour sur la plage du Chott Melrir).

D'après cela, il semble que la nappe artésienne présente ici les mêmes dispositions que dans les autres régions de l'Oued Rir³, c'est-à-dire disparaisse, de

⁽¹⁾ Même disposition à l'orifice qu'au n° 3.

⁽²⁾ Ce puits, ayant remplacé le n° 1, est désigné de préférence sous le n° 1 bis.

⁽³⁾ Ainsi, à mon sens, il serait illusoire déjà d'espérer obtenir des eaux jaillissantes au Chria Barkatata, situé au Sud-Ouest de Mraïer.

même, latéralement tant vers l'Ouest que vers l'Est et se continue du Sud au Nord sous forme d'artère allongée. Vers l'Est, toutefois, ces conclusions sont plus douteuses à l'extrémité septentrionale de l'Oued Rir' : on peut soutenir alors que l'absence d'indices extérieurs d'eaux artésiennes à la surface du chott ne prouve pas avec certitude la disparition de la nappe sous pression de ce côté, mais s'expliquerait aussi par l'accroissement d'épaisseur des terrains marneux qui recouvriraient la nappe, ou par d'autres considérations. M. Jus croit, en effet, qu'il existe sous le Chott Mérouan (dépendance occidentale du Chott Melrir [pl. III]) un grand réservoir d'eaux souterraines sous pression, communiquant par le Sud-Ouest avec l'artère artésienne de l'Oued Rir' ⁽¹⁾.

Nous avons maintenant à examiner les sondages du groupe latéral de Sidi-Khelil et de celui du col de Nza-ben-Rzig.

Les indications détaillées relatives à ces sondages sont placées le long d'un profil spécial, latéral au thalweg terminal de l'Oued Rir' (pl. XXI, fig. 1). Elles sont résumées sur la planche XXII, où la figure 2 donne un profil hydrologique également Nord-Sud et latéral à l'Oued Rir', et la figure 3 un profil transversal par Sidi-Khelil.

Le profil transversal montre l'oasis de Sidi-Khelil située sur le bord occidental de l'artère artésienne. L'altitude de la surface y est plus élevée d'une trentaine de mètres qu'à Mraïer. Le massif *l* des terrains imperméables y est réduit à 26 mètres.

Le peu d'épaisseur des terrains à percer pour arriver à la nappe explique le nombre des puits indigènes de Sidi-Khelil. Mais leurs débits sont faibles.

Quant aux sondages français, leurs résultats ont été médiocres ou nuls, sauf au n° 5. Cela tient, d'abord, au défaut de pression des eaux artésiennes, puis à la difficulté pratique de dégager et de capter la nappe par suite de l'extrême fluidité des sables inférieurs ¹. Pour aider au dégagement, on est généralement conduit à enfoncer dans ces sables la colonne de tubes, dont la base ne repose sur aucune couche dure.

Le sondage n° 5 est arrivé ainsi à obtenir, à la profondeur de 89 m. 80, un débit de 1,200 litres par minute (à 24°,6) : c'est le seul débit de quelque importance à Sidi-Khelil. Le n° 6 avait rencontré à 80 mètres une nappe de 800 litres; mais celle-ci n'a pu être captée, et le sondage, poussé jusqu'à 97 m. 10, n'a donné, en fin de compte, qu'un débit de 375 litres.

Reste enfin à parler du puits d'étape dit de Nza-ben-Rzig, du nom de la chaîne transversale qui barre la vallée de l'Oued Rir', immédiatement au Nord d'El-Berd (pl. III), et qui a été décrite dans ma *Géologie du Sahara* ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Mais les médiocres résultats des sondages de recherches entrepris sur la route directe de Biskra au Souf (voir ci-après 3° partie, chapitre I, § 4 bis) prouvent, tout au moins, que le réservoir en question ne règne pas sur toute la largeur du chott vers l'Est.

⁽²⁾ 2° partie, chapitre I, § 3, III.

Le lieu choisi pour ce puits fut le col même d'El-Biban, situé sur la route de Biskra à Tougourt, à mi-distance à peu près entre Sidi-Khelil et Zaouïet-Rihab. Le sondage fut poussé jusqu'à 92 mètres; mais il ne donna qu'un débit insignifiant.

Cet insuccès tient à trois causes principales : d'abord, à la position écartée du col d'El-Biban à l'Ouest de l'artère artésienne d'El-Berd; puis, à son altitude, qui est de 40 mètres supérieure à celle de la même oasis; enfin, raison déterminante, à la coupe des terrains de la chaîne transversale de Nza-ben-Rzig (pl. XXI, fig. 1), qui ne présente pas de couverture propre à maintenir sous pression les eaux artésiennes. Celles-ci, même en admettant qu'il y en eût en profondeur, filtreraient au travers des terrains perméables et y perdraient peu à peu leur charge.

La diminution de pression produite ainsi par le bourrelet sableux de Nza-ben-Rzig a pour effet de donner l'apparence d'une interruption de l'artère artésienne de l'Oued Rir', à l'aplomb de la ligne latérale de Sidi-Khelil à Zaouïet-Rihab (pl. XXII, fig. 2). Mais, malgré cette anomalie, on peut admettre que, plus à l'Est (pl. XXII, fig. 1), le gisement aquifère règne d'une manière continue le long de la région septentrionale, de même que le long des régions précédentes de l'Oued Rir'.

En résumé, dans la région septentrionale de l'Oued Rir', l'artère artésienne suit à peu près le thalweg terminal de la vallée, puis le bord occidental du Chott Mehrir.

La largeur connue est d'environ 4 kilomètres à la hauteur d'El-Berd et Tinedla. Puis elle se rétrécit assez brusquement, du moins du côté occidental, et M. Jus considère que la nappe souterraine des eaux sous pression contourne le promontoire transversal de Nza-ben-Rzig, de manière à former un coude, à l'Est, sous le plateau du Souf; en tout cas, on peut dire que ce qui reste alors de l'artère sous l'Oued Rir' même est fort étroit. L'artère souterraine se poursuit ensuite vers le Nord, en s'épanouissant vers l'Ouest; Sidi-Khelil se trouve sur son bord occidental. Au delà, dans le groupe de Mraïer, la largeur explorée de la nappe est d'environ 7 kilomètres. Ourir est située sur l'artère artésienne; cette oasis semblerait même, d'après les faits connus, se trouver sur son axe ou à peu près; mais on peut vraisemblablement supposer que, dans ces parages, l'artère s'épanouit vers l'Est, que son axe oblique vers le Nord-Est et qu'elle communique ainsi souterrainement avec un réservoir artésien d'alimentation, régnant sous le Chott Mérouan.

Quoi qu'il en soit à cet égard, si l'on continue à considérer spécialement la direction Sud-Nord, on doit constater, ainsi que nous allons voir, qu'à partir d'Ourir le prolongement de l'artère proprement dite de l'Oued Rir' n'est plus connu.

§ 4. LA RÉGION INTERMÉDIAIRE ENTRE L'OUED RIR' ET LE ZAB.⁴

Les sondages de Miahadalou et d'Oum-el-Thiour, pratiqués au pied de la grande falaise du Kef el-Dohr, qui limite, au Nord, la vallée de l'Oued Rir' (pl. III), se placeraient naturellement à la fin du paragraphe précédent. Mais j'ai préféré n'en parler qu'ici, afin de maintenir la correspondance entre les principales divisions de ma *Géologie* et de mon *Hydrologie du Sahara*.

Le sondage de Miahadalou (pl. XX, pl. XXII, fig. 1, et pl. XXV, fig. 1) se trouve exactement sur le prolongement de l'axe de l'artère artésienne de la région septentrionale de l'Oued Rir'. L'altitude de la surface γ est inférieure à celle d'Ourir. La profondeur atteinte a été de 95 mètres. Néanmoins on n'y a rencontré que des nappes jaillissantes d'un faible débit; le journal de sondage en porte trois, dont la principale, captée à 79 m. 10, n'a donné que 270 litres à la minute. Il est vrai que la coupe de ce sondage reste tout entière, malgré sa profondeur, dans l'étage marno-lacustre l , dont nous avons vu que l'épaisseur augmente au Nord d'Ourir : quant au prolongement des sables aquifères sous-jacents l' , il ne semble pas avoir été atteint. Dans ces conditions, il est difficile de dire si l'artère artésienne de l'Oued Rir' règne encore ici, ou si, après avoir obliqué vers le Nord-Est à partir de la hauteur de Mraïer ou d'Ourir, elle se trouve entièrement reportée sous le Chott Ben-Challi-el-Bouib (branche de communication entre le Chott Mérouan et le Chott Melrîr proprement dit) (pl. III et pl. XIX), sous lequel M. Jus suppose que passe le réservoir artésien dont j'ai déjà indiqué l'existence possible.

Les trois sondages d'Oum-el-Thiour (pl. XXII, fig. 2), situés à plus de 9 kilomètres à l'Ouest de celui de Miahadalou, n'ont également donné que de très faibles débits. Les débits primitifs des nappes captées dans ces trois puits (exécutés en 1857, 1858 et 1860) étaient seulement de 510 litres par minute, au total : aujourd'hui les puits en question ne fournissent plus guère que 100 litres, pour les irrigations de la petite oasis créée jadis en cet endroit.

L'emplacement, il faut le reconnaître, était médiocrement choisi : on se trouve là trop nettement écarté à l'Ouest du prolongement, même hypothétique, de l'artère artésienne de l'Oued Rir' vers le Nord. L'altitude γ est franchement inférieure à celles de Miahadalou et d'Ourir. Enfin la coupe des terrains, principalement sableuse, ne présente pas de couverture nettement caractérisée et semble peu propice à la concentration des eaux artésiennes sous forme de nappes jaillissantes.

Au-dessus de la falaise du Kef el-Dohr, le plateau supérieur que j'ai décrit, dans ma *Géologie du Sahara*, sous le nom de *petit désert de Morran*, et qui s'étend vers le Nord jusqu'à l'Oued Djeddi, paraît médiocrement doté en eaux souterraines.

Les seuls points d'eau qu'on y rencontre, en suivant la route directe de Tougourt à Biskra, sont : les puits instantanés de Setil, le petit groupe des puits artésiens de Chegga et le puits ordinaire maçonné de Bir-Djefair (pl. III et pl. XIX).

Les puits du lieu dit *de Setil*, au nombre de 3 ou 4, se trouvent situés dans le lit même de l'Oued Itel, un peu en aval de son confluent avec l'Oued el-Fahama. Ils sont creusés dans les sables et graviers d'alluvion du lit et, au-dessous, dans des grès tendres, appartenant au terrain saharien; leur profondeur est d'environ 4 mètres. Quand la rivière coule, les sables qu'elle charrie comblent assez souvent les puits en question ⁽¹⁾; mais il est facile de les réouvrir ou d'en creuser d'autres à côté : c'est pourquoi on les qualifie de *puits instantanés*.

Autrefois ce lieu de Setil était fort réputé, en raison de la rapidité avec laquelle les caravanes pouvaient y faire leur provision d'eau. Mais la situation a changé depuis qu'on rencontre, non loin de là, des puits jaillissants, tubés en fer, à Ourir, Ensira, Mraïer; aujourd'hui les caravanes de passage sont pourvues d'eau de l'Oued Rir' ou d'eau de Biskra, et Setil n'est plus guère utilisé que par les nomades qui campent l'hiver dans ces parages. D'ailleurs l'eau de Setil est de médiocre qualité, et elle ne renferme pas moins de 5 gr. 146 de sels par litre, ainsi que le montre l'analyse n° 20 du tableau inséré dans l'Annexe I, à la fin du présent ouvrage.

Des puits semblables ont été creusés en amont, dans le lit de l'Oued Itel, au pied du bordj d'El-Badj. On pourrait ainsi en pratiquer beaucoup d'autres le long de l'oued.

A proprement parler, on est là en présence de ce que j'ai appelé une ligne d'eau superficielle au Sahara : en effet, les puits d'El-Badj et de Setil sont alimentés, en partie tout au moins, par les eaux qui s'écoulent au travers des sables et graviers d'alluvion de l'oued. Mais, de plus, ils pénètrent dans les grès sahariens qui forment la cuvette du lit : c'est même la nappe d'infiltration renfermée dans ces grès qui leur fournit leur alimentation principale. Ladite nappe résulte-t-elle de l'imbibition des terrains perméables de la cuvette par les eaux de l'oued ? ou provient-elle de la nappe ascendante supérieure d'eaux artésiennes, qui règne dans toute la région ? Les deux explications sont plausibles; mais la seconde intervient certainement à Setil, d'autant plus que le thalweg de l'Oued Itel y coïncide avec l'axe d'une grande ondulation synclinale des couches d'atterrissement (pl. XI, fig. 3, et pl. XXII, fig. 1), disposition favorable à la formation d'un bassin local d'eaux artésiennes.

Ainsi qu'il vient d'être dit, une nappe ascendante règne, d'une manière générale, sous le désert de Morran. Sa profondeur est de 4 à 8 mètres dans les bassins que figurent les ondulations des couches d'atterrissement; elle peut des-

⁽¹⁾ Inconvénient qui pourrait être évité au moyen de margelles convenablement construites.

ceindre jusqu'à 20 mètres, comme au sondage d'El-M'kham, quand, au contraire, les couches forment des d'âne.

Le plus souvent, la force ascensionnelle de cette nappe est presque nulle : on dirait alors une nappe d'infiltration. Les puits qu'elle alimente, comme le Bir Djefair (voir, à la fin du volume, le n° 16 de l'Annexe II), reçoivent le nom de *puits ordinaires*. Cependant les indications fournies par les quelques sondages de la région ne laissent pas de doute sur sa nature artésienne, attendu qu'elle accompagne toujours une série de nappes plus profondes, nettement ascendantes et jaillissantes.

L'analyse n° 21 (voir l'Annexe I ci-après) donne la composition chimique de l'eau du puits Djefair. Cette eau renferme 4 gr. 127 de sels par litre; c'est la moins mauvaise de la route entre Biskra et l'Oued Rir' (sans parler des eaux éventuelles des crues ou des *ghedir* de l'Oued Djeddi et de l'Oued Biskra) ⁽¹⁾.

Ville ayant décrit en détail les sondages d'étape entrepris dans le désert de Morran ⁽²⁾, je n'ajouterai que quelques mots à leur sujet. Ce sont, du Sud au Nord, les sondages de Cédraïat ⁽³⁾, d'El-M'kham et de Chegga ⁽⁴⁾.

A Cédraïat, on a rencontré, sur une profondeur de 119 m. 18, deux nappes ascendantes et deux jaillissantes; le débit capté a été de 60 litres seulement ⁽⁵⁾. A El-M'kham, sur 94 mètres, le journal de sondage enregistre cinq nappes ascendantes; mais pas d'eau jaillissante. Il est vrai que ces deux recherches avaient été entreprises dans une partie du désert de Morran qui se trouve en surélévation par rapport aux régions adjacentes ⁽⁶⁾ et correspond sans doute à une grande ondulation anticlinale des couches d'atterrissement. Mais il n'en reste pas moins établi que ces régions — même celles où les conditions semblent les plus défavorables — renferment des eaux artésiennes en profondeur.

A Chegga, les recherches artésiennes offraient évidemment de plus grandes chances de réussite; car on se trouve là au fond d'une cuvette bien caractérisée et au milieu d'un fond de bateau des couches d'atterrissement. En effet, les journaux des cinq sondages pratiqués dans cette dépression indiquent, jusqu'à la

⁽¹⁾ Voir, pour ces dernières, les analyses n° 3 et 4 de l'Annexe I. — Voir également, ci-après, 3^e partie, chapitre II, § 10.

⁽²⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865. Pages 189 et suivantes.

⁽³⁾ *Errata*. — L'emplacement du sondage de Cédraïat (voir la pl. XIX) se trouve un peu plus au Nord que ne l'indique le profil de la planche XX. Son altitude est, d'après M. Jus, de 44 mètres (et non de 30 mètres).

⁽⁴⁾ Le sondage n° 5 de Chegga ne se trouve pas consigné dans l'ouvrage de Ville. Foré en 1885, il est postérieur à l'achèvement de cet ouvrage.

⁽⁵⁾ A 20 mètres du sondage se trouvait un puits ordinaire de 5 mètres de profondeur, alimenté par les premières eaux d'infiltration superficielle et donnant une eau fort saumâtre.

⁽⁶⁾ L'altitude, d'après les indications de M. Jus, serait de 68 mètres à El-M'kham et de 44 mètres à Cédraïat, tandis qu'elle ne serait que de 26 mètres à Setil, au Sud, et de 22 mètres à Chegga, au Nord. Mais ces altitudes barométriques ont besoin de notables corrections (l'altitude rectifiée de Setil est de 9 m. 50 et celle de Chegga de 15 mètres, d'après les derniers nivellements).

profondeur de 60 mètres, une série de nappes ascendantes, puis jaillissantes, de pression et de débit croissant avec la profondeur ⁽¹⁾.

Néanmoins les résultats ont été médiocres, sauf au sondage n° 3, où le débit primitif de la nappe captée à 47 m. 50 était de 600 litres par minute ⁽²⁾.

Par la suite, ces puits de Chegga, abandonnés à la négligence des nomades, ont subi de fréquentes dégradations. Finalement les trois qui fournissent encore un débit utilisable ne donnent plus aujourd'hui, au total, que 655 litres par minute.

Tels quels — et bien que leurs eaux soient fort mauvaises et très purgatives ⁽³⁾ — ils rendent de réels services. Ils ont permis l'installation d'un gîte d'étape indispensable, d'un caravansérail et de quelques jardins de palmiers. Ils servent à abreuver les troupeaux des nomades de passage, fort nombreux dans cette partie du Sahara. Ils ont facilité aux deux compagnies françaises de l'Oued Rir' ⁽⁴⁾ la création de postes intermédiaires, utiles à leurs exploitations du Sud, avec petites maisons de colonisation et quelques cultures.

Pour ce qui est de l'allure des nappes artésiennes rencontrées dans les sondages de Chegga, elle est tout ce qu'il y a de moins net. A peu de distance, on a vu les mêmes nappes fournir des débits très différents, par suite du degré variable de perméabilité des sables aquifères. Pas de couverture caractérisée, généralement du moins.

Il était naturel de se demander si, en poussant plus profondément les recherches, on rencontrerait des conditions meilleures, et si l'on pourrait découvrir quelque nappe plus riche. Il n'en a rien été : le sondage n° 4, dont le débit à 60 mètres était de 100 litres, fut ensuite poursuivi jusqu'à la profondeur de 151 m. 80, mais ne donna pas davantage. Ainsi donc, rien ici de comparable à la grande nappe de l'Oued Rir', et cette conclusion négative s'applique à tout le désert de Morran.

Ce n'est pas que le volume des eaux artésiennes qui imprègnent le sous-sol de cette partie du bas Sahara ne puisse être abondant. Je crois même, ainsi que je l'exposerai ci-après dans le chapitre II, que le petit désert de Morran, situé en contre-bas et en aval-pendage des grandes sources du Zab occidental, récolte des quantités d'eau considérables, qui s'écoulent vers le Sud-Ouest-Sud et contribuent largement à l'alimentation de l'artère souterraine de l'Oued Rir'. Mais ici, c'est la pression hydrostatique qui fait défaut ou est médiocre, et c'est la coupe géologique des terrains qui ne se prête pas à la formation de nappes artésiennes proprement dites (pl. XX).

⁽¹⁾ Au sondage n° 1, sur une profondeur de 40 mètres seulement, on a noté jusqu'à sept nappes successives.

⁽²⁾ Débit tombé depuis lors à 300 litres.

⁽³⁾ D'après les analyses données par Ville, les eaux de Chegga renferment de 4 gr. 887 à 5 gr. 930 de sels par litre; elles sont très fortement chargées en sulfates.

⁽⁴⁾ Compagnie de l'Oued Rirh et Société agricole et industrielle du Sud algérien.

Toutefois, quand les couches figurent par leurs ploiments des cuvettes bien accusées, il en résulte autant de bassins locaux d'eaux artésiennes, dont la dépression de Chegga fournit le type. Dans la plupart de ces bassins, les sondages ont des chances relatives de réussite; les débits à escompter sont peu élevés, il est vrai, et l'eau risque, comme à Chegga, d'être fortement salée. Mais la terre argilo-sableuse qui garnit généralement le fond de ces dépressions et y forme, ainsi que j'ai dit⁽¹⁾, des *daya*, serait très fertile, si elle était convenablement irriguée : or les cultures y exigeraient relativement fort peu d'eau d'irrigation, attendu que le sous-sol est généralement imperméable et conserve l'humidité. Telle est, entre autres, à 6 kilomètres au Nord de Chegga, la *daya* Ben-Léoni, dont le fond plat mesure 1,200 mètres sur 300 mètres.

Les conditions changent aux approches du bord septentrional du désert de Morraun. Le sondage de Tahir-Rashou, foré près de la rive droite de l'Oued Djeddi, n'a rencontré, sur une profondeur de 102 mètres, aucune nappe artésienne (sauf, comme toujours, une nappe ascendante supérieure⁽²⁾). Les terrains traversés sont presque exclusivement marneux (pl. XX), ainsi qu'on a vu dans ma *Géologie du Sahara*, et les niveaux perméables tout à fait en sous-ordre. On se trouve là, d'ailleurs, à la lisière d'une région spéciale : la zone Nord du bas Sahara algérien ou des sources du Zab — zone dans laquelle nous allons voir que les eaux souterraines sont fort inégalement réparties.

§ 4 bis. SONDAGES DE LA ROUTE DIRECTE DE BISKRA AU SOUF⁽³⁾.

La région du Souf, située à l'Est de l'Oued Rir', se trouve complètement à droite de notre itinéraire d'Ouargla à Biskra. Aussi sa description n'a-t-elle pas sa place dans le présent chapitre : je n'en parlerai que dans le chapitre II⁽⁴⁾, où je serai amené à passer en revue, dans une étude d'ensemble, les diverses régions artésiennes du bas Sahara algérien et tunisien. Néanmoins je crois devoir dire de suite ici quelques mots des recherches artésiennes qui ont été exécutées par l'atelier militaire des sondages de l'Oued Rir' dans la région limitrophe des chotts, sur la route directe de Biskra au Souf.

L'occupation de la Tunisie eut pour conséquence, dans le Sud algérien, l'établissement de postes militaires à El-Oued, capitale du Souf, et à Debila, un peu plus au Nord (pl. XIX) [postes reconnus nécessaires pour protéger momentanément nos frontières de ce côté, puis maintenus définitivement]. Il en résulta un mouvement continu de va-et-vient entre Biskra et El-Oued. Or, pour se rendre à El-Oued, nos troupes et nos convoyeurs étaient obligés de faire un assez long détour et de passer par Tougourt; de Tougourt à El-Oued, on sui-

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 4, II.

⁽²⁾ Rencontrée ici à 10 m. 80 de la surface.

⁽³⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

⁽⁴⁾ Voir ci-après chapitre II, § 7.

vait la route des puits de Mouïa-el-Kaïd et de Mouïa-el-Fathma, route fort mal pourvue d'eau et traversant une région difficile de grandes dunes de sable : on ne mettait ainsi pas moins de quatorze jours de marche pour se rendre de Biskra à El-Oued.

Afin d'abrégé de quatre journées ces longues étapes, l'administration militaire étudia le tracé d'une route directe passant par Chegga, les chotts et aboutissant à Guemar, première oasis du Souf dans cette direction (pl. XIX). Cette route devait suivre une ligne jalonnée par des points d'eau déjà existants, savoir : par les puits indigènes de M'Guebra, de Biban, d'El-Hameraïa, de Sif-el-Menadi, de Bou-Chama et de Bel-Kacem-ben-Ahmar. Mais, sauf à M'Guebra et à Bel-Kacem-ben-Ahmar, où l'eau était potable et assez abondante, les puits en question ne fournissaient que des eaux salées, de mauvaise qualité, et en très faible quantité. Aussi se décida-t-on à tenter des recherches d'eaux jaillissantes le long de la nouvelle route à adopter.

Six sondages furent entrepris, en conséquence, de 1886 à 1888, savoir, du Nord-Ouest au Sud-Est : un à M'Guebra, un à El-Hameraïa et quatre à Sif-el-Menadi. Ils furent exécutés par M. le sous-lieutenant Clottu, un des meilleurs élèves de M. Jus et un praticien des plus habiles, devenu directeur des sondages de l'Oued Rir'.

Le sondage de M'Guebra, profond de 80 m. 50, rencontra une nappe ascendante à 4 mètres, puis une nappe jaillissante qui se déclara vers 48 mètres et augmenta progressivement de volume : le débit capté fut d'abord de 316 litres par minute; il est tombé ensuite à 250 litres. L'eau est de bonne qualité. La coupe des terrains traversés rappelle assez les sondages de l'Oued Rir'; mais le gisement artésien se présente évidemment dans des conditions bien inférieures.

Le sondage d'El-Hameraïa, profond de 96 m. 25, rencontra vers 13 et 20 mètres des nappes ascendantes, puis à 49 m. 20 et à 78 m. 30 des nappes jaillissantes. Le débit primitif était de 125 litres par minute; il est actuellement de 75 litres. L'eau est de médiocre qualité, comme à Chegga. Les argiles et marnes gypseuses dominent dans la coupe, avec des intercalations sableuses.

Les trois premiers sondages forés dans la région de Sif-el-Menadi⁽¹⁾ rencontrèrent chacun, à des profondeurs variables, trois nappes ascendantes (la première entre 4 mètres et 6 m. 30), et au delà, de 51 mètres à 99 mètres, une nappe jaillissante d'un très faible débit. Le n° 1 fut poussé jusqu'à 172 mètres sans découverte nouvelle. Depuis leur achèvement, ces trois puits ont, d'ailleurs, cessé de couler. Les terrains traversés sont en majeure partie argilo-marneux et imperméables; les intercalations de couches sableuses et perméables sont en sous-ordre.

Le n° 4, placé à quelques kilomètres au Nord-Ouest, se présenta dans des conditions analogues, mais un peu plus favorables. Il rencontra deux nappes ascendantes et deux nappes jaillissantes; la dernière se déclara entre 53 et 56 mètres, et dès lors le forage se maintint, jusqu'à sa profondeur limite de 75 m. 75, dans les sables gris quartzeux, aquifères, mais faiblement. Le débit primitif fut de 95 litres par minute; il n'est plus que de 50 litres. L'eau est douce et de bonne qualité.

⁽¹⁾ Située sur les bords du petit chott M'ta, et indiquée par un drapeau sur la planche XIX.

En résumé, on voit que les sondages de la route du Souf par les chotts ont donné des résultats fort modestes, mais suffisants, à la rigueur, pour le but spécial et restreint qu'on se proposait d'atteindre.

Ils n'ont pas laissé cependant que d'être instructifs et d'apporter leur contingent utile à la connaissance du bassin artésien du bas Sahara. Ils prouvent, en effet, qu'à une certaine distance à l'Est de la région septentrionale de l'Oued Rir' il n'existe plus, en profondeur, rien de comparable à l'artère d'eaux artésiennes précédemment étudiée; que, d'ailleurs, la coupe des terrains ne s'y prête pas, car elle est, en général, presque entièrement imperméable, même à de grandes profondeurs; que, néanmoins, les intercalations sableuses et perméables sont aquifères, mais faiblement; et que — fait pouvant être considéré comme général, même dans les régions les moins bien dotées du bassin artésien du bas Sahara — il y a partout diffusion d'eaux artésiennes au sein des parties perméables du sous-sol.

§ 5. LE ZAB.

Le régime des eaux des sources artésiennes de la région du Zab (ou des Zibans) [pl. XIX] est relativement simple. Ville ayant donné déjà une description assez développée de la plupart de ces sources ⁽¹⁾, je n'entreprendrai pas, en ce qui les concerne elles-mêmes, une étude très détaillée, et je me bornerai, sauf exception, à préciser leurs principaux caractères, en ajoutant toutefois aux indications antérieures un certain nombre de compléments nécessaires.

J'exposerai ensuite comment je comprends que les eaux artésiennes se distribuent souterrainement, en aval des sources, au sein des atterrissements de la région du Zab. A ce propos, je parlerai des sondages de recherche exécutés en quelques points de cette région, au cours des dernières années; mais, pour ce qui est de la question de nouvelles recherches d'eaux jaillissantes à entreprendre dans le Zab, je ne la traiterai d'une manière complète que dans le chapitre suivant (étude d'ensemble sur le bassin artésien du bas Sahara) ⁽²⁾.

Enfin je démontrerai de suite, dans le présent chapitre, la provenance crétacée des eaux artésiennes du Zab.

La région des oasis du Zab se divise elle-même, ainsi que j'ai dit dans ma *Géologie du Sahara*, en trois régions principales : d'abord le Zab occidental, qui est le plus important; puis le Zab central, qui comprend Biskra; enfin le Zab oriental.

Je parlerai séparément ici de chacune de ces régions successives. Pour chacune d'elles, je présenterai un tableau synoptique des sources correspondantes.

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865 (chapitres VIII, IX et X).

⁽²⁾ Voir ci-après chapitre II, § 2.

I. ZAB OCCIDENTAL.

Je rappelle ⁽¹⁾ que les oasis du Zab occidental comprennent elles-mêmes deux séries d'oasis parallèles, que l'on distingue généralement, savoir : les oasis du Zab Dahri ou du Nord, et celles du Zab Guebli ou du Sud (pl. XIX).

Ces deux séries d'oasis sont irriguées au moyen des eaux fournies par une série remarquable de sources jaillissantes, qui sont toutes situées dans le Zab Dahri, c'est-à-dire dans la partie Nord du Zab occidental. Les sources qui desservent les oasis de la série Nord se trouvent donc aux oasis mêmes ou à proximité; mais, pour celles qui alimentent les irrigations des oasis de la série Sud, leurs eaux sont dirigées vers les points de destination au moyen de ruisseaux naturels ou de canaux creusés de main d'homme (*saguia*).

Au Sud-Ouest du Zab occidental, j'ai mentionné aussi les oasis des Ouled Djellal et de Sidi-Khaled ⁽²⁾; mais celles-ci n'ont plus de sources : elles sont situées dans le lit de l'Oued Djeddi, dont elles reçoivent les crues. Ce sont des oasis de rivière, avec puits ordinaires à bascule.

. *Sources naturelles jaillissantes du Zab Dahri.* — Ainsi les sources du Zab occidental se trouvent dans le Zab Dahri, à la lisière Nord de la plaine saharienne qui s'étend à l'Ouest de Biskra (autrement dit, au pied méridional des montagnes crétacées de l'Atlas). Elles se succèdent à proximité de la ligne de contact des deux formations crétacée et saharienne, le long d'une zone dirigée de l'Est-Nord-Est vers l'Ouest-Sud-Ouest, à partir de la source d'Ain-ben-Noui (située entre Biskra et les sources d'Oumach) jusqu'aux sources d'El-Amri, sur une longueur de plus de 40 kilomètres. Au delà, à 18 kilomètres plus loin dans la même direction, se trouvent encore les sources de Doucen : ce qui porte la longueur totale de la zone des sources du Zab Dahri à près de 60 kilomètres.

Le long de cette zone, on compte 43 sources principales ou groupes principaux de sources, dont les points d'émergence se trouvent à des altitudes de 82 à 172 mètres.

Le débit total de toutes les sources jaillissantes du Zab occidental (en y ajoutant les débits de quelques puits faiblement jaillissants, dont je parlerai plus loin) s'élève à 124,015 litres d'eau par minute. Cela équivaut à plus de 2 mètres cubes par seconde.

M. Jus distingue trois types de sources naturelles dans le Zab occidental.

Les sources du premier type sont celles qui jaillissent directement au jour des couches de calcaires crétacés (ou suessoniens), lesquelles sont visibles à leurs griffons. Ces calcaires appartiennent à la série des terrains qui constituent les montagnes se dressant au Nord, dans l'Atlas, ainsi que leurs dernières crêtes

⁽¹⁾ Voir ma *Géologie du Sahara*, page 147.

⁽²⁾ Voir ci-après l'Appendice statistique.

rocheuses, au contact même des oasis du Zab Dahri, ou à très peu de distance ⁽¹⁾.

La température des sources de ce premier type est de 23 degrés à 27°,4.

Les sources du deuxième type émergent au milieu des sables d'atterrissement, qu'elles agitent dans leurs bouillons, mais se trouvent situées sur l'emplacement de sources sortant des couches crétacées à très peu de profondeur. Elles ne diffèrent des sources du premier type qu'en ce que les griffons crétacés sont recouverts ici par quelques mètres de terrains sableux, au travers desquels leurs eaux remontent, et qui forment les parois des gouffres artésiens de la surface.

Les sources de ce deuxième type ont des températures semblables à celles des sources du premier type. Les unes et les autres se relient souvent entre elles par des traînées humides et marécageuses, correspondant à des lignes d'affleurements aquifères. Leur liaison et leur communauté d'origine sont incontestables.

Quant aux sources du troisième type, elles ont même origine que celles des deux premiers types, mais leurs eaux, avant de sourdre à la surface, ont effectué un certain parcours horizontal dans le sous-sol d'atterrissement, et, de ce fait, se sont, pour ainsi dire, refroidies (ou, du moins, ont eu leur température plus ou moins abaissée).

En effet, une partie des eaux des sources du premier et du deuxième type s'infiltrent dans le sol d'atterrissement; les eaux d'autres sources semblables ne remontent pas jusqu'à la surface, mais restent au sein des couches superposées de sables perméables : par suite, il se forme çà et là, ainsi que l'a observé M. Jus, de petites rivières souterraines, qui descendent suivant la pente générale de la région et s'écoulent vers le Sud-Est. Celles-ci « sont souvent situées à une faible profondeur, et se révèlent, de temps en temps, par un affaissement du sol gypseux et sableux qui les recouvre; cet affaissement les fait reconnaître par les indigènes, qui, au moyen d'un petit déblai fait en aval, les amènent à la surface ⁽²⁾ ». Ailleurs leurs eaux viennent sortir d'elles-mêmes par certaines crevasses naturelles ou au fond de certains ravins, entaillant la surface.

Ce sont là les sources du troisième type. Leur température est de 19 à 22 degrés.

Parmi les 43 sources ou groupes de sources du Zab Dahri, il y en a 7 du premier type, 23 du deuxième et 13 du troisième.

Le tableau suivant donne la série de ces sources, de l'Est à l'Ouest, et résume les principales indications à leur sujet : oasis irriguées, altitudes, débits, températures, teneurs en sels, etc. Il est tiré d'un tableau semblable, dressé par M. Jus, avec quelques additions tirées elles-mêmes des ouvrages ou de notes inédites ⁽³⁾ de cet ingénieur.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1, II.

⁽²⁾ H. Jus. — Étude sur le régime des eaux du Sahara de la province de Constantine (Extrait du *Bulletin n° 21 de l'Académie d'Alger*, 1886).

⁽³⁾ En particulier, pour ce qui concerne les sources de Doucen.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPALES SOURCES

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES SOURCES ou DES GROUPES DE SOURCES ⁽¹⁾ (de l'Est à l'Ouest).	OASIS IRRIGUÉES PAR CES SOURCES.		ALTITUDES MOYENNES AU-DESSUS du niveau de la mer.	DÉBIT EN LITRES par minute. litres.
		ZAB DAHRI (Nord).	ZAB GUEBLI (Sud).		
1	Ain ben-Noui.....			134	1,500
2	Ain el-Hadjar*.....		Oumach.....	130	1,800
3	Ain el-Faouar*.....		Idem.....		5,800
4	Ain Mogloub*.....		Idem.....	132	4,000
5	Aïoun M'hli*.....		M'hli, Ourlai, Menahla, Zaouiet- M'hli et Bigou-Zaouia.....	82	42,000
6	Ain Sidi-Merazzi*.....	Bou-Chagroun.....			3,000
7	Ain Draïdi*.....	Idem.....			900
8	Ain Guerbia*.....	Idem.....		172	700
9	Autres sources*.....	Idem.....			1,700
10	Ain Zaouia*.....	Idem.....		162	100
11	Ain el-Mehoub.....	El-Maida et Lichana.....			5,000
12	Ain Kelbi.....	Lichana.....	Ben-Thious et Makhadma.....	155	3,000
13	Ain el-Benett.....	Idem.....	Idem.....		20
14	Ain el-Faouar.....	Lichana, Zaatcha et la Zaouia.....		150	16,000
15	Ain Djemella-Kebira.....	Farfar.....			2,800
16	Ain Djemella-S'rira.....	Idem.....		150	1,000
17	Ain Lequebour.....	Idem.....			100
18	Ain Larochied.....	Idem.....		152	50
19	Ain Farfar.....		Sahira.....	120	3,000
20	Ain Seddoud.....	Tolga.....		150	4,000
21	Ain R'nanech.....	Idem.....			2,500
22	Ain M'Kara.....	Idem.....			600
23	Ain Foullana.....	Idem.....		147	400
24	Ain Sebiana.....	Idem.....			200
25	Ain M'tora.....	Rassouta, El-Bachi, Sidi-Ra- mani et El-Bordj.....		146	5,000
26	Ain el-Bachi.....	Idem.....		145	4,500
27	Ain Djedida.....	Idem.....		144	400
28	Ain Mettar.....	Idem.....			400
29	Ain ben-Zergat.....	Idem.....		140	100
30	Ain Hallaria.....	Idem.....			100
31	Ain Rassouta.....	Idem.....			600
32	Ain Foughala.....	Foughala.....		139	20
33	Ain M'ta-Darhouïa*.....	El-Amri.....			50
34	Ras-el-Aïn-Guebli*.....	Idem.....		145	500
35	Bir Djedida*.....	Idem.....			30
36	Ain Livoua.....		Livoua.....	134	3,000
37	Ain Zerga.....		Idem.....		200
38	Ain Hamed-Bouzid*.....	Doucen.....		"	500
39	Ain Magour*.....	Idem.....		"	40
40	Ain Sidi-Ataya*.....	Idem.....		"	210
41	Sources du petit bahr de Dou- cen*.....	Idem.....		"	350
42	Ain Caïd*.....	Idem.....		"	1,000
43	Sources du grand bahr de Dou- cen*.....	Idem.....		"	2,500
	DÉBIT TOTAL.....				120,670

(1) Les sources marquées du signe * sont ci-après l'objet de descriptions spéciales, à l'Appendice III du chapitre I^{er} de la 3^e partie.

NATURELLES JAILLISSANTES DU ZAB OCCIDENTAL.

TEMPÉRATURE.	POIDS TOTAL des sels anhydres par kilogramme d'eau (2).	TYPE de LA SOURCE.	OBSERVATIONS.
degrés.	grammes.		
27°,4	3,0104	2°	Sur la route de Biskra au Zab Dahri.
27°,3	2,1283	1°	} La teneur en sels indiquée est celle de l'eau prise à la tête du cours d'eau. — L'eau prise en aval, près de l'oasis, contient 3 gr. 2119 par kilogramme.
27°,3		1°	
26°,3		2°	
26°,0	3,1582	1°	Série de sources émergent, par de nombreux griffons, des calcaires crétaqués, près de Bou-Chagroun, et donnant lieu à la rivière de l'Oued M'hili.
25°,3	1,9059	2°	} Bouillons encaissés. Plusieurs autres sources jaillissent le long du ruisseau et débitent 1,700 litres au plus.
25°,1		2°	
25°,2		2°	
"		2°	
20°,0	"	3°	Jaillissant le long du ruisseau formé par les trois précédentes. Sort d'une crevasse assez profonde.
25°,8	2,0808	1°	Sort sous une couche de calcaire crétaqué de 0 m. 5. Huit griffons. — Le griffon principal surgit à gros bouillons et débite 2,000 litres à 25°.5.
25°,5	"	2°	Jaillit en soulevant des sables blancs.
25°,5	"	2°	Près de l'Ain Kelbi, mais en contre-haut.
24°,3	3,0573	2°	A l'extrémité Sud de Lichana. Plusieurs bouillons, soulevant des sables blancs et formant un petit lac.
24°,0	2,0981	2°	Sort en bouillonnant, sur plusieurs points d'un vaste gouffre, en agitant des sables blancs.
24°,0	"	2°	Sort sur plusieurs points d'un gouffre moins vaste, et en agitant aussi des sables blancs.
23°,0	"	2°	} Émergent dans un terrain marécageux noirâtre.
23°,0	"	2°	
23°,0	"	2°	Sources émergent à l'extrémité Sud de l'oasis de ce nom et formant l'Oued Farfar.
23°,0	2,2006	2°	Grand nombre de filets d'eau qui naissent au fond d'un ravin encaissé de 5 m. 5, et dont la réunion forme un gros ruisseau.
23°,0	"	1°	Sort d'un calcaire crétaqué, au pied du mamelon de Sidi-Rouag.
24°,0	"	2°	} Émergent dans l'oasis, au milieu de terrains marécageux.
20°,0	"	3°	
21°,0	3,0651	3°	
23°,0	"	1°	} Sort, par plusieurs griffons, d'un calcaire crétaqué, au fond d'un encaissement.
23°,0	"	1°	
22°,0	"	3°	} Dans un encaissement sableux.
22°,0	"	3°	
19°,0	"	3°	
19°,0	"	3°	
21°,0	1,3098	3°	} Forme un petit marais. — De plus, un puits artésien jaillissant débite 100 litres par minute, à 23°.80; nappe jaillissante à 1 m. 80 sous la surface du sol.
21°,0	"	3°	
21°,0	"	3°	} De plus, onze puits artésiens jaillissants, débitant ensemble 3,245 litres par minute, à 22 degrés en moyenne; nappe jaillissante à 2 m. 54 en moyenne sous la surface.
21°,0	"	3°	
19°,5	"	3°	} Sort, en bouillonnant, au fond d'un gouffre encaissé.... } Émergent à 2 kilomètres au Sud d'El-Amri.
"	"	3°	
23°,5	"	2°	Forme un grand lac, très limpide..... } Situées sur la rive droite de l'Oued Doucen.
23°,5	"	2°	Bouillons encaissés.
"	"	2°	La source n° 40 a quatre griffons.
"	"	2°	Les sources n° 38, 39 et 40 envoient leurs eaux dans le petit bahr n° 41, qui renferme lui-même d'autres petites sources.
23°,5	"	2°	Situées sur la rive gauche de l'Oued Doucen.
"	"	2°	La source n° 42 sort en bouillonnant sous un travertin calcaire.
"	"	2°	Elle se jette dans le grand bahr n° 43, qui correspond à une série d'autres sources importantes.
.....	.....	.....	124,015 litres par minute, avec les puits jaillissants d'El-Amri et de Foughala.

(2) Voir ci-après 3° partie, chapitre II, § 10.

On remarquera les énormes volumes d'eau que débitent certaines sources du premier et du deuxième type. On notera, en particulier, les Aïoun M'lii, donnant lieu à une véritable rivière — rivière artésienne, à débit constant, avec 42,000 litres par minute — et l'Aïn el-Faouar — avec ses 16,000 litres par minute.

Les sources du troisième type sont généralement moins importantes. On peut citer cependant l'Aïn Livoua, qui débite 3,000 litres par minute.

Pour bien montrer dans quelles conditions se présentent les divers types de sources naturelles du Zab occidental, j'en ai choisi quelques-unes parmi les plus intéressantes, et j'ai consigné à la suite du présent chapitre, à l'Appendice III, un certain nombre de renseignements à leur sujet.

On voit, d'après le tableau précédent, que celles des sources du Zab occidental dont les eaux ont été analysées⁽¹⁾ contiennent de 1 gr. 3 à 3 gr. 2 de sels anhydres par kilogramme d'eau⁽²⁾.

Leurs teneurs en sels sont donc notablement inférieures à celles des eaux jaillissantes de l'Oued Rir'. A ce propos, je rappellerai ici les conclusions générales de Ville⁽³⁾ sur les compositions respectives des diverses catégories d'eaux potables du Tell et du Sahara (conclusions résultant de très nombreuses analyses). On peut les résumer — concernant les eaux des terrains crétacés du Tell et du Sahara et les eaux des terrains d'atterrissement du Sahara — en disant que les premières sont beaucoup moins chargées de sels que les secondes; que, dans les premières, les carbonates dominent un peu; et que, dans les secondes, dominant d'abord les sulfates, puis les chlorures, tandis que les carbonates et autres sels n'y sont qu'en proportion très minime.

L'influence du trajet des eaux au sein ou simplement à la surface des terrains gypseux d'atterrissement ressort bien, par exemple, de la comparaison de l'eau des sources d'Oumach (n^{os} 3 et 4 du tableau précédent), prise, d'une part, près des sources et à la tête du canal qui amène l'eau à l'oasis, et, d'autre part, à 12 kilomètres en aval, à la hauteur de l'oasis. Pendant ce parcours, l'eau s'est notablement chargée de chlorures et de sulfates.

Mais, en somme, les sources du troisième type elles-mêmes n'ont pas effectué, avant d'émerger, de bien longs parcours au sein des terrains d'atterrissement. Quant aux sources du premier et du deuxième type, elles jaillissent directement, ou à peu près, des terrains crétacés. On comprend donc qu'en

⁽¹⁾ Une partie de ces analyses sont tirées de l'ouvrage de Ville. Parmi les autres, je dois dire que certaines me semblent douteuses comme exactitude.

⁽²⁾ Il ne s'en dégage pas, d'ailleurs, de conclusion relativement aux teneurs respectives des eaux des divers types de sources du Zab occidental. Mieux vaut, à cet égard, se reporter au tableau ci-après du paragraphe 10 du chapitre II de la 3^e partie.

⁽³⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865 (chapitre xxii).

moyenne, les eaux des sources du Zab occidental soient moins chargées de sels que les eaux qui jaillissent des terrains d'atterrissement du bas Sahara. Et en effet, la moyenne des dix analyses mentionnées plus haut donne 2 gr. 4 pour la teneur des eaux du Zab occidental : soit un peu moins de moitié de la teneur moyenne indiquée par Ville pour les eaux jaillissantes des atterrissements du bas Sahara (5 gr. 16).

Eaux artésiennes des atterrissements⁽¹⁾ du Zab occidental. — Outre les eaux artésiennes qui jaillissent ainsi par les sources du Zab occidental, de grandes quantités d'eaux souterraines et également artésiennes imbibent les couches perméables qui interviennent dans la constitution du sous-sol de ces régions.

1° *Nappe ascendante supérieure.* — Dans toute la zone du Zab Dahri, on constate, en creusant, l'existence d'une nappe peu profonde et légèrement ascendante. Cette nappe n'est d'ailleurs pas unique, ni continue, et elle se présente différemment, suivant les diverses parties de la zone considérée, en raison de l'irrégularité de composition des atterrissements anciens et de l'inégalité des dénudations quaternaires.

A El-Amri, elle se trouve à une profondeur moyenne de 4 mètres, et elle est recouverte par des marnes grasses et par un banc caractéristique de gypse rocheux (*debdeb*), caverneux et sonore sous le choc. J'ai donné⁽²⁾ la coupe détaillée des puits qui s'adressent au niveau aquifère en question : ce sont des puits ordinaires à bascule, où l'on puise avec les *k'otarats*⁽³⁾. El-Amri en possède un certain nombre, espacés les uns des autres. En puisant activement, on vide un puits en trois ou quatre heures; mais, dès le lendemain, l'eau a reparu en égale quantité. C'est dire que la nappe est abondante. Sa température est de 19 degrés, en moyenne.

Dans le haut de l'oasis, on voit de vieux palmiers qui furent plantés jadis dans des trous, au travers du *debdeb*, et qui plongent leurs racines jusque dans la nappe.

A ce propos, je ferai observer qu'il ne serait nullement impossible, ici du

⁽¹⁾ Pour moi, d'après ce que j'ai exposé dans ma *Géologie du Sahara* (2^e partie, chapitre I, § 5, I, et chapitre II, § 1, III), l'expression d'*atterrissements*, à laquelle je me tiendrai ici pour plus de simplicité, équivaut, dans le Zab, aux désignations également employées de *terrain pliocène d'eau douce* ou de *formation fluvio-lacustre du Nord de Biskra* ou de *la lisière Nord du bas Sahara*.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 5, p. 152.

⁽³⁾ Deux poteaux, reliés ensemble, soutiennent une pièce de bois faisant bascule et ayant deux bras de levier inégaux. Le petit bras est chargé, à son extrémité, d'une pierre qui fait plus qu'équilibre à une *k'otarats*, accrochée à l'extrémité du grand bras (*k'otarats*, panier ou couffin en drinn ou en feuilles de palmier, tressé et goudronné, de manière à tenir l'eau).

L'ouvrier qui manœuvre les *k'otarats* puise, en moyenne, 50 litres à la minute : soit 3,000 litres par heure.

Ce mode d'irrigation n'est guère employé, dans le Zab, qu'à El-Amri, à Foughala et dans le groupe des oasis de M'li et d'Ourlal : on s'en sert surtout pour arroser les cultures sous les palmiers, ainsi que les jeunes palmiers pendant les premières années de leur croissance.

moins, d'utiliser cette nappe ascendante supérieure pour des irrigations à l'eau courante. A cette fin, il suffirait de se placer en amont de l'oasis et d'y creuser à la main une série de petits puits, de 4 mètres seulement, dont les eaux pourraient être écoulées vers l'aval au moyen de tranchées latérales, grâce à la pente naturelle de la surface. On arriverait sans doute ainsi à irriguer même la partie haute de l'oasis d'El-Amri.

Non loin d'El-Amri, l'oasis de Foughala possède également des puits à bascule, profonds de 3 à 4 mètres. La nappe y est moins abondante. Sa température est de 17 degrés, en moyenne.

La même nappe supérieure règne vers l'Est jusqu'à Bou-Chagroun. L'eau s'y rencontre presque partout, à des profondeurs pouvant varier de 4 mètres à 2 mètres (le plus souvent sous le *debdeb*, parfois au-dessus).

A l'Ouest, on connaît le prolongement de la nappe d'El-Amri jusqu'à 6 kilomètres environ de cette oasis. Mais au delà il faudrait aller à une profondeur plus grande pour trouver l'eau.

Au Sud d'El-Amri, la surface est en pente, le *debdeb* disparaît, et l'eau se trouve partout alors à 1 mètre de profondeur, sous un terrain sableux de chott.

D'une manière générale, la nappe ascendante supérieure affleure près de la surface du sol dans tout le Zab Guebli. En maint endroit, le terrain se couvre de joncs, de gynérium, etc.; et, en hiver, ce n'est, dans les parties basses, qu'un vaste marécage. Tels sont, par exemple, les environs d'Oumach. De même dans le groupe des oasis de M'lili et d'Ourlal, où certains jardins, n'ayant pas leur part de l'irrigation à l'eau courante fournie par les sources d'amont, sont arrosés avec l'eau de la nappe ascendante; celle-ci se trouve à 1 m. 20 et filtre dans des trous de 2 m. 50, où l'on puise avec des *k'otarat*.

2° *Nappes artésiennes de la profondeur.* — *Sondages d'El-Amri et de Foughala.* — *Sondages de Doucen.* — Mais la nappe ascendante supérieure, dont il vient d'être question, n'est pas la seule que renferment les terrains d'atterrissement du Zab occidental : ceux-ci possèdent aussi, en profondeur — en maintes régions, tout au moins — d'autres nappes artésiennes, aux niveaux perméables de la formation.

De petits sondages d'exploration ont été entrepris, en 1881 et 1891, sous la direction de M. Jus, par l'atelier militaire de l'Oued Rir', dans les oasis d'El-Amri et de Foughala, et ils ont fourni à cet égard, malgré leur peu de profondeur, des indications utiles à noter.

El-Amri. — On peut distinguer trois parties dans cette oasis. Dans la partie haute, située à l'Ouest, se trouvent les trois sources décrites ci-après à l'Appendice III du présent chapitre; mais leurs bouillons étant très encaissés, elles ne peuvent servir à l'irrigation des jardins environnants, dont les palmiers, plantés dans des trous, boivent directement par le pied dans la nappe artésienne supérieure, ainsi qu'il a été dit. Dans la partie moyenne se trouvent les puits ordinaires à bascule que j'ai mentionnés tout à l'heure, et qui permettent d'arroser les terrains contigus. Enfin la partie basse, située au Nord-Est et à 5 mètres environ en

contre-bas de la partie haute, est irriguée à l'eau courante : elle reçoit d'abord l'eau des sources du haut, qui lui est amenée par une tranchée profonde, et, en outre, le débit des sondages dont je vais parler.

Cinq sondages ont été exécutés d'abord, en 1881, par M. le sous-lieutenant Clottu⁽¹⁾. Quatre ont été placés dans le haut de l'oasis, savoir les n^{os} 1, 2 et 5 près des deux premières sources et le n^o 3 près de la troisième. Le n^o 4 a été fait dans le bas de l'oasis, près du village.

Le sondage n^o 1, près de Ras-el-Aïn-Guebli, a une profondeur de 49 m. 70. Le journal de sondage indique 3 nappes ascendantes. La première, à 2 m. 60, est la nappe ascendante supérieure (à 19 degrés). La distinction de la deuxième est douteuse. Quant à la troisième, elle a été rencontrée, de 18 m. 75 à 20 m. 06, dans une couche avec gros galets de grès jaunes et de silex noirs, et son niveau hydrostatique s'est élevé dans le trou de sonde à 1 m. 74 de la surface; sa température est de 22°,40. Au delà, le sondage n'a plus traversé que des terrains gypso-argileux et imperméables, sans nouvelle nappe artésienne; il a dû être arrêté à 49 m. 70, faute d'un matériel suffisant pour poursuivre.

La source voisine se trouvant à plus de 1 mètre en contre-bas du niveau hydrostatique auquel l'eau remontait dans le trou de sonde, celui-ci a pu être mis en communication avec elle, au moyen d'une tranchée de 2 m. 80 de profondeur, et devenir ainsi jaillissant. Son débit est de 285 litres par minute.

Les quatre autres forages ont été arrêtés à des profondeurs de 20 à 22 mètres. Les journaux de sondage indiquent, pour chacun, 2 ou 3 nappes ascendantes; les coupes hydrologiques sont, d'ailleurs, très variables, malgré leur proximité⁽²⁾. D'une manière générale, les niveaux hydrostatiques s'élèvent et les températures croissent avec la profondeur des nappes. La nappe supérieure, déjà légèrement ascendante, a été rencontrée à des profondeurs de 2 m. 60 à 4 m. 57; température, 19 degrés. La nappe inférieure a été rencontrée à des profondeurs de 10 à 17 mètres; niveaux hydrostatiques, de 1 m. 72 à 2 m. 80 sous la surface; températures, de 21°,5 à 22°,5.

Le canal d'aménée des eaux des sources se trouvant en contre-bas des niveaux hydrostatiques dans les trous de sonde n^{os} 2, 3 et 5, ceux-ci purent — de même qu'il avait été fait au n^o 1 — être mis en communication avec lui par des tranchées et devenir également jaillissants. Ils débitent respectivement 500 litres, 150 litres et 210 litres par minute.

On ne put en faire autant au n^o 4, car il se trouve, ai-je dit, dans la partie la plus basse de l'oasis, où le canal des sources n'est plus encaissé que de 0 m. 25 à 0 m. 15.

En somme, le résultat de ces recherches artésiennes était relativement satisfaisant. Aussi se décida-t-on, en 1891, à les reprendre, et sept sondages furent encore exécutés à El-Amri par M. le sous-lieutenant Bocca⁽³⁾.

Ces nouveaux sondages furent également placés dans la partie haute de l'oasis. Ils se trouvent, en tous points, dans des conditions semblables aux précédents, et les indications déjà données me dispenseront de m'attarder à leur sujet. Je me contenterai de dire que la profondeur des forages en question se maintient entre 15 m. 30 et 20 m. 28, le niveau hydrostatique de la nappe ascendante inférieure entre 3 m. 85 et 2 m. 40 au-dessous de la surface, et le débit jaillissant par puits, avec tranchée d'écoulement, entre 200 et 350 litres.

Au total, onze puits jaillissants ont été obtenus ainsi à El-Amri : ils ont augmenté de 3,245 litres par minute le volume des eaux d'irrigation dans la partie basse de l'oasis.

⁽¹⁾ Alors encore sergent.

⁽²⁾ En particulier, les sondages n^{os} 1, 2 et 5 sont très voisins; les n^{os} 2 et 5 ne sont qu'à 20 mètres l'un de l'autre.

⁽³⁾ Renseignements ajoutés avant la correction des dernières épreuves.

Foughala. — Cette oasis possède une petite source naturelle et des puits ordinaires à bascule, ainsi qu'il a été dit. De plus, elle bénéficie, quand il pleut beaucoup, du débordement de plusieurs oueds : Oued Rummel, Oued Cheracher, Oued Benaceur et Oued Smarra.

Le sondage entrepris en 1881 a rencontré à 2 m. 10 une première nappe ascendante, à la température de 21 degrés, et à 15 m. 32, à la base d'une couche tufacée, une seconde nappe ascendante, dont le niveau hydrostatique s'est élevé à 1 m. 10 de l'orifice, avec une température de 23°,80. Une tranchée de 1 m. 80 de profondeur, pratiquée à partir du trou de sonde, permit à cette nappe de couler à la surface avec un débit régulier de 100 litres par minute.

Le forage fut ensuite continué dans une série de couches d'argiles sableuses avec tuf, sans nouvelle nappe artésienne. Il a été arrêté à la profondeur de 49 m. 66.

Ainsi les petits sondages d'El-Amri et de Foughala ont montré que les terrains d'atterrissement qui constituent le sous-sol de cette région, bien qu'étant en majeure partie imperméables, présentent des intercalations perméables et que celles-ci sont aquifères. Leurs nappes souterraines ont une allure irrégulière (ce qui résulte forcément de l'allure lenticulaire des couches); mais ce sont des nappes artésiennes. Leur pression est peu élevée encore à une vingtaine de mètres de la surface; mais il était permis de présumer qu'à de plus grandes profondeurs, on aurait quelques chances de rencontrer des nappes franchement jaillissantes.

Le fait a été vérifié, dans une certaine mesure, par le sondage d'exploration exécuté à Foughala en 1891 par M. F. Foureau, avec le matériel Zipperlen⁽¹⁾. Je ne possède malheureusement pas de renseignements précis sur ce sondage; je crois cependant savoir qu'à la profondeur de 80 mètres, il a rencontré une nappe jaillissante, d'un débit de 200 litres à la minute, mais qu'au delà il a été poussé jusqu'à 200 mètres sans autre résultat⁽²⁾. Ne connaissant pas la coupe géologique du sondage, je ne saurais dire, d'ailleurs, si l'absence de nappe artésienne au delà de 80 mètres tient à la présence d'un massif imperméable et continu, ou à l'absence réelle d'eaux artésiennes, même dans des couches aptes à en renfermer. Quoi qu'il en soit exactement, on voit qu'il était plus pratique, à El-Amri et Foughala tout au moins, de s'en tenir à des sondages peu profonds, comme l'avait pensé M. Jus.

Notons enfin les recherches d'eaux jaillissantes entreprises en 1891, avec moins de succès encore, par M. Jus aux environs de l'oasis de Doucen, c'est-à-dire à l'extrémité occidentale du Zab Dahri⁽³⁾. Deux sondages y ont été exécutés par M. le sous-lieutenant Bocca. Le premier n'a trouvé, sur 140 mètres de profondeur, qu'une nappe ascendante à 7 mètres; les terrains traversés sont presque exclusivement argilo-marneux (parfois avec niveaux de cailloux roulés) et imperméables, sauf quelques rares intercalations sableuses et rocheuses (tra-

⁽¹⁾ Même matériel que celui ayant servi aux deux sondages d'exploration de Biskra dont il sera question ci-après (3^e partie, chapitre I, § 5, II, et Appendice IV du même chapitre).

⁽²⁾ Renseignements ajoutés avant la correction des dernières épreuves.

⁽³⁾ *Idem.*

vertins calcaires). Le second a rencontré vers 80 mètres une nappe jaillissante, mais n'ayant donné qu'un débit de 10 litres par minute à l'orifice; il a été arrêté à 115 mètres de profondeur dans une couche crayeuse, semblant appartenir au terrain suessionien qui affleure à peu de distance à l'Ouest de Doucen, ainsi qu'au Nord (pl. IV).

Ce sont là de bien maigres résultats. Néanmoins il serait téméraire de nier l'existence possible de nappes artésiennes de quelque intérêt en profondeur sous le Zab occidental. Cette conclusion négative pourrait être soutenue, il est vrai, en présence des tentatives peu encourageantes de Foughala et de Doucen, pour la partie occidentale du Zab Dahri; mais dans beaucoup d'autres parties du Zab Dahri, et surtout dans le Zab Chergui, je présume, au contraire, qu'il existe, quand la coupe du terrain s'y prête, des nappes artésiennes étagées, avec volume et pression croissants vers le bas. Toutefois je m'empresse d'ajouter que l'ensemble des conditions hydrologiques ne doit pas y être, en général, très favorable pour des sondages. La répartition des eaux souterraines ne saurait, en tout cas, y être comparée aux dispositions usuelles des bassins artésiens proprement dits.

Quelques explications sont nécessaires à cet égard.

Pour ce qui est de la coupe des terrains, elle doit présenter parfois une composition plus propice à la formation de nappes artésiennes qu'à El-Amri et Foughala⁽¹⁾, et surtout qu'à Doucen. On peut espérer rencontrer des alternances plus nombreuses et plus nettes, des niveaux plus franchement perméables et aquifères.

Quant aux eaux artésiennes elles-mêmes, il y a lieu de distinguer de nouveau ici le Zab Dahri, au Nord, et le Zab Guebli, au Sud, au double point de vue de leur abondance et de leur répartition souterraine.

Les terrains d'atterrissement plongeant dans leur ensemble vers le Sud-Est (dans le même sens que la pente de la surface), les nappes artésiennes descendent, avec pression croissante, suivant l'aval-pendage des couches, du Zab Dahri vers le Zab Guebli. Par suite, cette dernière région récolte toutes les eaux d'amont, non seulement celles que l'on voit émerger à la surface du Zab Dahri et s'infiltrer dans le sous-sol, mais encore celles qui doivent, ainsi que je dirai, jaillir souterrainement des terrains crétacés, tant dans le Zab Dahri même que dans la région intermédiaire, et s'épancher suivant les divers niveaux perméables des atterrissements superposés. Il est donc rationnel d'admettre que, dans le Zab Guebli, les atterrissements renferment des nappes artésiennes de plus fort volume et de pression plus élevée que dans le Zab Dahri⁽²⁾.

Mais il ne s'agit, ni dans une région, ni dans l'autre, de grandes nappes con-

⁽¹⁾ Ou, du moins, que la coupe des 50 premiers mètres à El-Amri et Foughala.

⁽²⁾ Il est, de plus, vraisemblable de supposer que, dans la partie occidentale du Zab Dahri, les atterrissements sont encore plus pauvres en nappes artésiennes que dans les parties centrale et orientale, à en juger par l'absence de sources apparentes à la surface entre El-Amri et Doucen.

tinues et étendues en direction. Les sources d'alimentation semblent, en effet, trop localisées, et les niveaux perméables trop irrégulièrement répartis.

Il existe assurément une diffusion générale d'eaux artésiennes au sein des parties perméables de tous ces terrains; mais, au Zab occidental plus qu'en aucune autre partie du bas Sahara, je pense que les eaux artésiennes tendent à se rassembler suivant une série de zones d'écoulement, plus semblables à des *rivières souterraines* qu'à des nappes.

Dans le Zab Dahri, les groupes de sources qui émergent à la surface ou jaillissent à peu de profondeur sont distincts, en ce sens que les eaux artésiennes affluent vers certains griffons déterminés. Ces sources donnent lieu ainsi à autant de rivières souterraines, qui s'écoulent vers le Sud-Est, et dont les eaux, pénétrant ensuite davantage dans le sous-sol et s'engageant sous des couvertures plus ou moins imperméables, redeviennent artésiennes au delà.

En profondeur, les autres groupes de sources souterraines dont j'admets aussi l'existence seraient également distincts. Ces eaux artésiennes, affluent en certains points du sous-sol, s'élèveraient plus ou moins dans les atterrissements superposés, en raison de leur pression, puis s'épancheraient suivant les divers niveaux perméables qu'elles rencontreraient dans leur trajet ascendant, et ensuite redescendraient, en vertu de la pesanteur, suivant l'aval-pendage des couches, vers le Sud-Est. Bien que la pression hydrostatique doive tendre à refouler et étaler les eaux horizontalement dans les couches perméables, il doit exister ainsi, dans un certain rayon autour de chaque groupe de sources, un réseau artésien correspondant, plus ou moins isolé, avec cheminées d'ascension et canaux d'écoulement plus ou moins nets.

Il est difficile de se rendre compte jusqu'où ces rivières souterraines, qui descendent de la surface, et ces canaux artésiens, qui prennent naissance dans le sous-sol, se poursuivent respectivement vers l'aval-pendage, au milieu des nappes ambiantes. Il est vraisemblable, toutefois, que ces artères se groupent, à des distances d'ailleurs variables, et forment ensuite d'autres artères plus importantes, celles-ci étant en relation, non plus tant avec les sources d'alimentation qu'avec l'allure et la composition des atterrissements où elles circulent. Les eaux souterraines se rassembleraient alors suivant les thalwegs des ondulations des couches et suivant les zones de plus grande perméabilité de la formation (descendant graduellement vers l'aval des thalwegs souterrains et aussi vers des niveaux de plus en plus profonds de l'ensemble de la formation).

Je me figure ces artères artésiennes comme fort capricieuses dans la région considérée. Supposant que la perméabilité du sous-sol y laisse souvent beaucoup à désirer ou, du moins, y est très discontinue, je pense que les eaux artésiennes subissent, dans leur écoulement souterrain, de très fortes pertes de charge, et que leur pression hydrostatique est loin d'augmenter en raison de leur approfondissement graduel. Or moins elles ont de pression, moins elles doivent s'étaler en nappes et plus elles doivent se concentrer sous forme de rivières souterraines.

Provenance crétacée⁽¹⁾ *des eaux artésiennes du Zab occidental.* — Toutes les eaux artésiennes du Zab occidental, ou à peu près, proviennent de nappes aquifères qui circulent dans les terrains crétacés des montagnes de l'Atlas, au Nord, et qui jaillissent à la lisière de cette partie du bas Sahara.

Il est vrai que la nappe ascendante supérieure reçoit un appoint dû aux infiltrations superficielles des eaux de pluie qui tombent à la surface même de la région considérée du Zab; mais cet appoint est relativement faible, ainsi que je le dirai à propos de l'alimentation générale du bassin artésien du bas Sahara⁽²⁾. Il faut remarquer, en outre, qu'à certaines époques, les infiltrations latérales des eaux de crue de l'Oued Djeddi (quand cet oued coule à pleins bords ou déborde) doivent aussi contribuer à l'alimentation de la nappe supérieure, mais dans une mesure variable, et que je crois, en somme, assez restreinte.

D'une manière générale, on peut dire que la majeure partie des eaux de cette nappe ascendante supérieure elle-même et la presque totalité des nappes artésiennes qui règnent en profondeur au sein des terrains d'atterrissement du Zab Dahri et du Zab Guebli, de même que la totalité des eaux artésiennes qui jaillissent aux sources mêmes du Zab Dahri, sont d'origine étrangère et déjà artésienne; on peut affirmer qu'elles sont alimentées par des nappes sortant des terrains crétacés qui forment le *substratum* de la région et se dressent au Nord.

Le fait est visible pour les sources du premier type, lesquelles émergent directement au jour des couches crétacées, et incontestable pour les sources du deuxième type, lesquelles sont de tous points identiques, sauf que les griffons crétacés y sont masqués par une faible épaisseur des terrains d'atterrissement. Le fait n'est pas moins certain pour les sources du troisième type, qui sont dues à l'émergence de petites rivières souterraines, formées, ainsi qu'on le voit fréquemment, par les sources du premier et du deuxième type, quand leurs eaux disparaissent et s'infiltrent dans le sol.

D'ailleurs la température des sources du premier et du deuxième type suffirait à prouver qu'elles sont dues à des nappes qui se trouvent à des profondeurs notables sous la surface. Quant aux sources du troisième type, leur température, bien que moindre, est encore supérieure à celle du sous-sol peu profond où leurs eaux viennent d'effectuer un certain parcours avant de jaillir.

De plus, l'importance et en même temps la constance du débit des sources du Zab occidental montrent que les nappes artésiennes qui les alimentent sont abondantes et occupent de vastes réservoirs sous la surface. Pour ce qui est de l'alimentation même de toutes ces eaux souterraines, il faut forcément la

⁽¹⁾ Cette expression de *crétacée* doit être considérée, au cours du présent exposé, comme s'appliquant non seulement aux terrains crétacés proprement dits de l'Aurès, mais encore au terrain suessorien qui s'y rattache par son faciès général et sur la spécification duquel il n'y a pas lieu d'insister dans un travail hydrologique, tel que celui-ci.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 9.

chercher, parmi les régions environnantes, dans celles qui soient dotées d'eaux météoriques en quantité suffisante : dans le cas actuel, on est conduit, sans aucun doute possible, à la placer dans les massifs crétacés des montagnes du Nord.

C'est principalement au Nord-Est, dans le grand massif de l'Aurès, que se trouve l'origine des nappes souterraines qui viennent ainsi jaillir en contre-bas dans le Zab occidental. Là, en effet, sur ce large pâté montagneux de l'Aurès, aux reliefs accentués — où les altitudes de certains sommets approchent de 2,500 mètres — les précipitations atmosphériques sont d'une réelle importance et offrent des recrudescences périodiques. Les pluies et les neiges qui tombent annuellement sur ces régions élevées donnent lieu à d'abondantes infiltrations aux affleurements des couches perméables; puis les eaux infiltrées descendent en vertu de la pesanteur et pénètrent à l'intérieur des massifs, de manière à former des nappes aquifères, qui correspondent aux alternances perméables et imperméables et qui épousent l'allure stratigraphique des formations géologiques.

Tout ce massif de l'Aurès est essentiellement constitué, avons-nous vu (*Géologie du Sahara*⁽¹⁾), par une série puissante de terrains crétacés (et suessoniens), fortement plissés, avec plongement général vers le Sahara, au Sud. Les mêmes couches crétacées (et suessoniennes) dominent également dans les chaînes montagneuses qui dépendent de l'Aurès vers l'Ouest — entre la plaine saharienne, au Sud, et le Hodna, sur les hauts plateaux, au Nord — et qui vont rejoindre, plus à l'Ouest, le Djebel bou-Kahil. Les reliefs deviennent ici moins importants et offrent de larges trouées; mais les mêmes formations géologiques règnent sous les vallées et les plaines avec continuité. En particulier, les couches crétacées se poursuivent sous la plaine d'El-Outaya, que garnissent les atterrissements anciens et les alluvions quaternaires, et se relient souterrainement aux dernières chaînes rocheuses qui se dressent au bord même du Sahara, immédiatement au Nord de Riskra et du Zab occidental. On les suit ainsi jusqu'à l'entrée du Sahara, où elles disparaissent définitivement sous les atterrissements, bientôt très puissants, de la plaine, mais où elles ne cessent pas, d'ailleurs, de régner en profondeur vers le Sud (pl. X, fig. 2).

On comprend donc fort bien que les nappes d'eaux crétacées, qui ont leur origine dans les régions élevées de l'Aurès, trouvent leur chemin, en augmentant graduellement de pression, vers le pied des montagnes qui bordent le Zab occidental. On s'explique également que, le long de cette lisière, certaines des nappes artésiennes en question soient amenées à jaillir à la surface, soit par les affleurements des couches perméables formant siphon, soit par des fractures résultant des soulèvements et des dislocations des terrains crétacés (et suessoniens) où elles circulent (pl. XXV, fig. 4).

⁽¹⁾ 2^e partie, chapitre I, § 1, II et III.

Il est d'ailleurs impossible d'admettre que ces sources que l'on voit jaillir à la surface soient les seules qui existent. D'autres sources doivent jaillir en profondeur, soit par les mêmes systèmes d'affleurements ou de fractures, soit par d'autres : mais leurs eaux n'arrivent plus à se livrer passage jusqu'à la surface au travers des atterrissements, dont l'épaisseur augmente rapidement vers le Sud (pl. XI, fig. 3). Ces eaux artésiennes s'épanouissent alors, à divers niveaux, dans les couches perméables de la formation d'atterrissement ⁽¹⁾.

Viennent ensuite les phénomènes corollaires d'infiltration que j'ai déjà décrits plus haut, et qui ont certainement une grande importance dans toute cette région du Zab occidental, tant à la surface que dans le sous-sol. A la surface, les eaux qui jaillissent par les sources sont loin d'être entièrement utilisées pour les irrigations, et la plus grande partie disparaît à nouveau dans le sol presque aussitôt ou au bout d'un certain parcours; elles s'infiltrent dans les sables qui les entourent, en contribuant à l'alimentation de la nappe ascendante supérieure, et s'écoulent suivant la pente générale du terrain, en formant la série des premières rivières peu profondes dont j'ai parlé. Dans le sous-sol, les sources souterraines qui n'arrivent pas à remonter jusqu'à la surface donnent lieu, vers l'aval, à une série de nappes artésiennes, dont les eaux obéissent aux diverses influences que j'ai essayé de définir : tendance d'abord, en raison de leur pression hydrostatique, à remonter jusqu'à la nappe ascendante supérieure; puis tendance inverse, en vertu de la pesanteur, à descendre suivant l'avalpendage de la formation, vers le Sud-Est; enfin concentration, écoulement et approfondissement graduel suivant les lignes de thalwegs souterrains et les conduits capricieux de plus grande perméabilité ⁽²⁾, de manière à former en profondeur d'autres rivières artésiennes, étagées vers le Sud.

De toutes façons, si l'on cherche d'où proviennent les eaux artésiennes que renferment ainsi les terrains d'atterrissement du Zab occidental, on trouve, en remontant le cours des phénomènes d'infiltration, qu'à l'origine ce sont toujours des sources crétacées, les unes visibles, les autres souterraines.

II. ZAB CENTRAL.

Biskra, capitale des Zibans, possède de belles sources jaillissantes, qui servent aux irrigations de l'oasis, ainsi qu'à l'alimentation de la ville; en outre, j'ai dit que l'oasis utilise les eaux courantes de l'Oued Biskra et bénéficie de ses crues volumineuses, à l'hiver et au printemps. A l'Est de Biskra, les oasis de Chetma, de Sidi-Khelil et de Droueu sont également des oasis à sources naturelles.

Les autres oasis du Zab central ⁽³⁾ sont des oasis de rivière, situées sur l'Oued el-Abiod. La principale, parmi ces dernières, est Sidi-Okba.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 5, II.

⁽²⁾ Ou de moindre imperméabilité.

⁽³⁾ Voir ci-après l'Appendice statistique.

J'ai noté encore, au Nord du Zab central, quelques oasis appartenant aux Sahari et aux Ouled Zian⁽¹⁾. Ces oasis se trouvent, à proprement parler, dans la région subsaharienne de l'Aurès, et sont situées au fond de vallées qui en descendent vers le Sahara, savoir l'Oued Biskra (qui porte en amont les noms d'Oued el-Outaya et d'Oued el-Kantara) et son affluent l'Oued Abdi. Ce sont donc des oasis de rivière, mais certaines avec sources naturelles, comme Djemora et Beni-Ferrah. L'oasis de M'Doukal, entre le Hodna et la plaine d'El-Outaya, possède des sources thermales.

Aperçu sur les sources naturelles jaillissantes du Zab central. — Les sources du Zab central s'échelonnent, de même que celles du Zab occidental, le long du pied méridional de la montagne, depuis les environs de Biskra jusqu'à Sidi-Khelil, soit sur une vingtaine de kilomètres de longueur. De plus, il existe un groupe important de sources à 16 kilomètres au Sud de Biskra, dans la plaine saharienne.

Le débit total de ces sources est d'environ 50,000 litres par minute, ce qui équivaut à plus de trois quarts de mètre cube par seconde.

D'une manière générale, on peut dire que les sources du Zab central se présentent à peu près dans les mêmes conditions que les sources précédemment décrites du Zab occidental. Elles ont cependant quelques particularités : ainsi leur thermalité est supérieure, du moins pour celles de Biskra et de Chetma. De plus, à Biskra, il y a lieu de signaler à part une source sulfureuse qui est franchement thermale (température, 45 degrés).

Les sources principales ou groupes principaux de sources à distinguer dans le Zab central sont au nombre de sept. Le tableau suivant les indique de l'Ouest à l'Est et résume les données concernant leurs débits, températures, teneurs en sels, etc.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES SOURCES NATURELLES JAILLISSANTES DU ZAB CENTRAL.

NOMÉROS d'ordre.	NOMS DES SOURCES (DE L'OUEST À L'EST).	OASIS IRRIGUÉES par CES SOURCES.	ALTITUDES AU-DESSUS de la mer.	DÉBIT EN LITRES par minute.	TEMPÉRA- TURE.	POIDS TOTAL des SELS ANHYDRES par kilogramme d'eau.	
			mètres.	litres.	degrés.	grammes.	
1	Hammam-Selam ⁽¹⁾	(Bains de Biskra).	+ 120	3,000	45°,00	9,2343	
2	Sources de l'Oued Biskra. {	Amont ⁽²⁾ . Aval ⁽³⁾ ...	Biskra.	+ 120	13,000	29°,33	2,1610
3			Plaine de Saâda.	+ 64	30,000	{ 21°,50 à 27°,33 }	"
A reporter.....				46,000			

⁽¹⁾ Source thermale sulfureuse à 3 kilomètres Nord-Ouest de Biskra. Bouillonnement gazeux très intense. — Au près, deux gouffres artésiens à 18 et 19 degrés.
⁽²⁾ A 1 kilomètre Nord du bordj ture; plusieurs gouffres dans le lit même de la rivière.
⁽³⁾ Sources dites de Ras-el-Aïoun, émergeant, au nombre de cinq ou six, dans le lit de l'Oued Biskra et sur ses deux rives.

⁽¹⁾ Voir ci-après l'Appendice statistique.

NUMÉRON d'ordre.	NOMS DES SOURCES (DE L'OUEST À L'EST).	OASIS IRRIGUÉES par CES SOURCES.	ALTITUDES AU-DESSUS de la mer. mètres.	DÉBIT EN LITRES par minute. litres.	TEMPÉRA- TURE. degrés.	POIDS TOTAL des SELS ANHYDRES par kilogramme d'eau. grammes.
	Report.			46,000		
4	Aïn ben-Chili ⁽¹⁾	"	"	6	19°,66	"
5	Sources de Chetma ⁽²⁾	Chetma.	+ 116	4,200	{ 24°,76 à 34°,50	2,4358
6	Sources de Sidi-Khelil ⁽³⁾	Sidi-Khelil.	"	800	24°,50	"
7	Sources de Droueu ⁽⁴⁾	Droueu.	"	700	{ 24°,75 et 24°,50	0,7028
DÉBIT TOTAL.....				51,706		

(1) Gouffre artésien, dont l'eau se tient à 2 m. 50 du sol et coule au moyen d'une tranchée.
(2) Sources thermales simples.
(3) Sources émergeant au Nord de l'oasis.
(4) Deux sources. — La teneur indiquée en sels se rapporte à l'Aïn Kebira.

Sources de l'Oued Biskra. — Les sources qui alimentent l'oasis de Biskra et ses annexes, en temps normal ⁽¹⁾, jaillissent dans l'Oued Biskra, en amont de la ville et au Nord de l'ancien Fort turc. Ces sources (altitude, 120 mètres) sortent par plusieurs gouffres profonds, situés dans le lit même de l'oued ou sur ses bords. Elles débitent ensemble 13,000 litres par minute environ (ou, du moins, telle est approximativement la fraction de leur débit total qui est captée et utilisée, en l'état actuel). Leur température est de 29°,33.

Parmi les sources connues et nommées, les trois groupes dits Aïn Bordj et Aïn el-Amia sur la rive droite, et Aïn Guermoud sur le bord gauche de l'oued, servent plus particulièrement à l'alimentation de Biskra et de ses annexes de Beni-Mora et de Cora. Quant aux trois autres, situés sur la rive gauche et dits Aïn Dakkar, Aïn Badj et Aïn Kef, leurs eaux sont dirigées vers les annexes de Lélia et de Filiach par un canal spécial (pl. VIII) ⁽²⁾.

En raison de l'intérêt qui s'attache à Biskra, j'indiquerai avec certains détails comment sont captées les eaux des trois premiers groupes de sources. Elles sont dirigées, par des fossés de drainage et des rigoles ménagées dans le lit de l'oued, vers une prise d'eau installée sur la rive droite au pied du Fort turc; mais la plus grande partie est évidemment absorbée par les graviers du lit. Un petit barrage de retenue, en maçonnerie, a été construit contre la berge à cet endroit, et il amène les eaux dans un canal dit *canal principal d'alimentation de Biskra* (pl. VIII).

Le barrage en question n'a guère que 100 mètres de longueur (soit moins du quart de la largeur de l'oued) ⁽³⁾; il a 2 m. 50 de profondeur, et sa base

⁽¹⁾ C'est-à-dire indépendamment de l'apport éventuel des crues de l'Oued Biskra.

⁽²⁾ La planche VIII étant à petite échelle, les divers groupes de sources n'ont pu y être distingués avec exactitude.

⁽³⁾ Pour la même raison, le barrage a dû, pour qu'on le vît mieux, être figuré sur la planche VIII comme s'il barrait toute la rivière.

repose sur une couche d'argile peu épaisse, intercalée dans les graviers d'alluvion de l'oued, mais ne représentant nullement le fond de la cuvette pliocène du lit. Tel quel, ce barrage rudimentaire ne saurait retenir qu'une petite portion des eaux artésiennes que les diverses sources indiquées ci-dessus épanchent dans l'oued et qui s'écoulent au travers de ses graviers. Ajoutons que le même barrage retient aussi une partie des eaux (non artésiennes) provenant de l'écoulement de l'Oued Biskra (sous l'effet des pluies et des apports de ses affluents), lesquelles se mêlent ici aux eaux artésiennes fournies par la source : mais l'apport correspondant est très variable ; il est faible le plus souvent, et à peu près nul en été.

Normalement le débit du canal est évalué à 170 litres par seconde (ou 10,200 litres par minute).

Revenant aux sources de Biskra elles-mêmes⁽¹⁾, nous voyons qu'elles émergent à proximité de la zone de contact des terrains crétacés de l'Atlas⁽²⁾ et du terrain pliocène d'eau douce de Biskra (ou de la lisière Nord du bas Sahara)⁽³⁾. Ces sources sont évidemment dues, de même que celles du Zab occidental, à des eaux artésiennes provenant des couches crétacées.

Ville a montré⁽⁴⁾ que les couches crétacées dessinent une cuvette sous la plaine d'El-Outaya, au Sud et au Nord de laquelle elles se relèvent, de telle sorte que les nappes artésiennes qu'elles renferment doivent former siphon sous le Djebel Bourzel et être amenées à jaillir au contact du terrain saharien, au Nord de Biskra. Il est probable, d'ailleurs, que l'allure stratigraphique des couches entre le Djebel Bourzel et les dernières crêtes rocheuses de Biskra est plus complexe que ne l'indique la coupe de Ville⁽⁵⁾ et qu'elle comporte des plissements énergiques et des failles (pl. XXV, fig. 4). Quoi qu'il en soit, il est certain que les sources considérées de l'Oued Biskra se rattachent, ainsi que l'a dit ce géologue, à l'une des nappes souterraines du massif crétacé en question. Remarquons aussi qu'à en juger d'après la température de ces sources — laquelle est un peu supérieure aux températures des sources du Zab occidental — il s'agit ici d'une nappe circulant à une plus grande profondeur sous la surface.

Notons enfin que les eaux des sources de Biskra jouissent, sous le rapport hygiénique, d'une médiocre réputation ; elles doivent cependant être considérées comme potables pour le Sahara. Leur teneur en sels, d'après une analyse de Vatonne, est de 2 gr. 16 par litre : c'est un peu moins que la moyenne du Zab occidental.

⁽¹⁾ J'entends les six groupes mentionnés plus haut comme jaillissant en amont de Biskra dans le lit de l'oued.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 1, II.

⁽³⁾ Ou terrain pliocène fluvio-lacustre de cette lisière. — *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 5, I.

⁽⁴⁾ L. Ville. — *Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara* (p. 193 et 197), 1865.

⁽⁵⁾ *Ibid.*, page 198.

En outre, d'autres sources naturelles sont à signaler dans l'Oued Biskra, mais en aval, à 6 kilomètres au Sud de Biskra, au point dit Rous-el-Aïoun (altitude, 64 mètres). Ces sources semblent fort considérables. Elles comportent six groupes de bouillons, qui se trouvent dans le lit même et sur les rives de l'Oued (lequel figure un chenal entaillé dans la plaine d'alluvion). Leur température varie, d'une source à l'autre, de 21°,5 à 27°,33; leur débit, difficile à apprécier parce qu'elles émergent au milieu des graviers et des joncs, est supérieur à 30,000 litres par minute⁽¹⁾. Leurs eaux suivent d'abord l'Oued, passent à 2 kilom. 2 plus loin, au pied des ruines de Mouleina (ou d'Oum-el-Ma) [pl. III⁽²⁾ et XIX], puis sont amenées au moyen de trois *saguia* vers les cultures de céréales de la plaine de Saâda, qu'elles irriguent⁽³⁾.

Les sources de Rous-el-Aïoun correspondent soit à des sources sous-jacentes des terrains crétacés (lesquels formeraient peut-être là une sorte de récif souterrain), soit plutôt à des sources crétacées situées à l'amont, s'épanouissant dans les couches perméables qu'elles rencontrent dans leur trajet ascendant, et donnant lieu à une nappe (ou à une espèce de rivière) artésienne qui s'écoule vers l'aval-pendage des couches et trouve issue en ce point⁽⁴⁾.

Source thermale sulfureuse de la Fontaine chaude. — A 3 kilomètres au Nord-Ouest de Biskra⁽⁵⁾ — sur la terrasse que le terrain pliocène d'eau douce forme de ce côté en contre-haut de la plaine saharienne, et qui s'étend jusqu'à la chaîne crétacée reliant le Djebel Bourzel et le Djebel Matraf — il existe une source thermale sulfureuse, source remarquable et bien connue, appelée Hammam-Selam ou *Fontaine chaude de Biskra*. Elle débite environ 3,000 litres par minute, avec fort bouillonnement et dégagement de gaz sulfhydrique et carbonique. Sa température est de 45 degrés, ce qui indique comme provenance une profondeur bien plus considérable que pour les sources précédentes.

Cette source thermale se trouve évidemment en relation avec des fractures ou des failles, telles que les terrains crétacés sous-jacents en présentent certainement au contact du massif plissé de l'Atlas et de la plaine saharienne (pl. XXV, fig. 4).

Les eaux sulfureuses de Hammam-Selam sont chargées de 9 gr. 23 de sels

⁽¹⁾ Le débit indiqué par Ville à Mouleina est même de 648 litres par seconde (ou 38,880 litres par minute).

⁽²⁾ *Erratum* de la planche III. — Les ruines de Mouleina (ou d'Oum-el-Ma) se trouvent sur la rive gauche de l'Oued Biskra.

⁽³⁾ De Mouleina à la plaine de Saâda, il y a, d'après Ville, au moins 50 p. 100 de pertes par infiltration dans le sable sablo-limoneux.

⁽⁴⁾ On entend dire parfois que ces sources d'aval de l'Oued Biskra ne sont autres que les eaux des sources d'amont réapparaissant après un parcours souterrain. C'est là une assertion erronée, ainsi que je le ferai remarquer au chapitre suivant (chapitre II, § 2).

⁽⁵⁾ En dehors de la carte de la planche VIII, sur la gauche.

anhydres par litre, dont 6 gr. 71 de chlorure de sodium et 2 gr. 17 de sulfates de soude, de chaux et de magnésie.

Il s'agit là d'une source à part, seule de son genre dans le Zab.

Auprès de la Fontaine chaude, il y a encore deux gouffres artésiens, anciennes sources avec dépôts de travertin, aujourd'hui sans écoulement. Mais leurs eaux ne sont pas sulfureuses, ni thermales; elles sont semblables à celles des sources de l'Oued Biskra, sauf qu'elles se trouvent refroidies au contact de l'air et concentrées par l'évaporation. Leur température est de 18 à 19 degrés. L'eau d'un de ces gouffres renferme 24 gr. 92 de sels par litre, d'après Ville.

Sources à l'Est de l'Oued Biskra. — A l'Est de l'Oued Biskra, le gouffre artésien d'Aïn ben-Chili est semblable aux deux gouffres précédents; il possède un très faible écoulement, à 19°,66.

Au delà, vers l'Est, on a les sources de Chetma, de Sidi-Khelil et de Droueu⁽¹⁾.

Les sources de l'oasis de Chetma (pl. III), au nombre de huit (altitudes voisines de 116 mètres), ont un débit total de 4,200 litres par minute. Leurs eaux sont douces et potables, avec 2 gr. 44 de sels par litre; mais elles se font remarquer par des températures assez élevées, lesquelles sont de 24°,75 à 35°,5 suivant les sources, et de 33 degrés à 35°,5 pour les principales. Ce sont des sources thermales, mais simples.

Elles jaillissent au fond d'entonnoirs encaissés, tronconiques (qui étaient sans doute primitivement fermés, l'écoulement de leurs eaux ayant été obtenu par des tranchées faites de main d'homme). Les principales surgissent à gros bouillons, en brassant des sables; une d'entre elles avec émission de bulles gazeuses.

Ces sources de Chetma émergent au travers des marnes lacustres du terrain pliocène d'eau douce de Biskra. Pour moi, comme pour Ville, leurs eaux proviennent des nappes artésiennes des terrains crétacés du Nord, mais traversent, avant d'émerger, une forte épaisseur de terrain pliocène d'eau douce, ce qui explique leur température relativement élevée; Chetma se trouve, en effet, à une assez grande distance des terrains crétacés, et la puissance de la formation fluviolacustre doit y être déjà considérable.

Dans ma *Géologie du Sahara*⁽²⁾, j'ai dit que le terrain pliocène d'eau douce de Biskra (ou de la lisière Nord du bas Sahara)⁽³⁾ occupe, au Nord-Est de Biskra, un bassin assez étendu, qui se trouve notablement en contre-haut de la plaine saharienne, et qui s'avance, au Nord, entre les grands reliefs des montagnes

⁽¹⁾ Voir la carte géologique de la province de Constantine et du cercle de Bou-Saâda, au $\frac{1}{800,000}$, par J. Tissot, 1881.

⁽²⁾ 2^e partie, chapitre I, § 5, I.

⁽³⁾ Je rappelle que cette formation correspond, selon moi, aux atterrissements anciens du bas Sahara et appartient également au *terrain saharien*.

crétacées et tertiaires de cette partie de l'Aurès⁽¹⁾. J'ai exposé que ce bassin avait subi, avec les montagnes qui l'entourent et le dominant, un soulèvement d'ensemble par rapport à la plaine saharienne, de telle sorte que, du côté Sud, les couches plongent fortement vers le Sahara. Enfin j'ai ajouté que de grandes dénudations avaient eu lieu ensuite, surtout du côté du Sahara, et avaient entaillé de l'Est à l'Ouest les couches pliocènes, dont les tranches affleurent ainsi sur les flancs escarpés des terrasses qui s'étagent au Nord jusqu'au Srah- (ou *Dra*) mtâa-Chicha (pl. XI, fig. 3 bis). Or Chetma se trouve près du pied méridional de ces reliefs étagés, dans la zone dénudée où le sol est constitué par l'étage fluvio-lacustre inférieur l_1 ; quant à l'étage de transport superposé t^{2e} , il constitue le dernier relief qui sépare l'oasis de la plaine saharienne, au Sud, avec couches plongeant dans cette direction.

Le soulèvement du bassin qui s'étend au Nord a été accompagné de mouvements de flexion plus ou moins considérables, ou même de failles, dans la formation pliocène. Tandis qu'à l'intérieur du bassin, les couches dessinent une ondulation synclinale (dont le thalweg souterrain serait à peu près à l'aplomb de la crête du Srah-mtâa-Chicha), elles s'infléchissent aux approches de la plaine saharienne, suivant un pli anticlinal, dissymétrique, sur le flanc méridional duquel il y a plongement général, très net, vers le Sahara. Ce pli anticlinal est plus ou moins accentué, mais s'observe d'une manière continue tout le long du bord considéré du bassin, soit sur 24 kilomètres de l'Est à l'Ouest à partir de Biskra : il représente approximativement la zone suivant laquelle s'est effectué le soulèvement de la région Nord par rapport à la région Sud.

Par places même, ai-je fait remarquer, le soulèvement en question a donné lieu, dans le terrain pliocène, à des fractures et des dislocations qui apparaissent à la surface. J'ai cité, du côté occidental, la coupe intéressante relevée par Coquand sur la rive gauche de l'Oued Biskra (pl. XXV, fig. 5) : ici il y a faille longitudinale. Du côté oriental, Ville a également signalé le redressement énergétique des couches de la même formation, auprès de Sidi-Khelil⁽²⁾.

Ainsi une ligne de soulèvement et de dislocation longe le bord méridional du bassin du Srah-mtâa-Chicha : or c'est précisément le long de cette ligne que sont situés le gouffre artésien d'Aïn ben-Chili, les sources thermales de Chetma et les sources de Sidi-Khelil. La corrélation semble évidente.

A Chetma et aux environs, on observe, sinon des dislocations, du moins des ploiements très apparents des couches, surtout à l'Ouest de l'oasis, et il n'est pas douteux que les sources qui jaillissent là correspondent à certaines fractures du puissant massif de terrain fluvio-lacustre qu'elles ont à traverser.

En profondeur, ces sources de la surface ne sauraient être, d'ailleurs, alimentées autrement que par des sources souterraines des terrains crétacés (et tertiaires) sous-jacents, d'où celles-ci jailliraient, soit par des fractures résul-

⁽¹⁾, Ainsi que le montre la carte géologique de Tissot, déjà visée ci-dessus.

⁽²⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, page 221.

tant de soulèvements, soit par des affleurements résultant de dénudations. On ne peut affirmer si les sources crétacées de la profondeur jaillissent à l'aplomb, ou à peu près, des sources de Chetma — avec correspondance plus ou moins directe — ou si elles jaillissent plus au Nord, sous le fond de bateau du Srah-mtâa-Chicha — s'épanouissant alors dans certains niveaux perméables du massif fluvio-lacustre et donnant lieu, au sein de cette formation, à une ou plusieurs nappes artésiennes (dont les eaux, après s'être écoulées vers le Sud, trouveraient des issues verticales vers la surface, grâce aux dislocations dont j'ai parlé et aussi à des changements latéraux de composition des couches). La première hypothèse me semble plus probable, en raison de la température élevée des eaux de Chetma, et parce que le soulèvement du bassin du Srah-mtâa-Chicha résulte évidemment du soulèvement des terrains crétacés (et tertiaires) sous-jacents, lesquels doivent présenter une zone de dislocation correspondant plus ou moins à celle des terrains superposés⁽¹⁾.

Plus à l'Est, la source analogue de Sidi-Khelil n'a plus qu'une température de 24°,5. En effet, la puissance du terrain saharien doit être bien moindre ici à cause du voisinage du terrain crétacé⁽²⁾.

Au Nord de ce point se trouvent enfin les deux petites sources de Droueu, situées près du contact des terrains pliocène et crétacé, avec des températures de 24°,5 et 24°,75. Leurs eaux jaillissent presque directement du Crétacé, et leur teneur en sels s'abaisse, en conséquence, à 0 gr. 70 par litre (soit trois fois moins que pour les eaux de Chetma, qui ont circulé dans le terrain saharien)⁽³⁾.

Sondages de Biskra. — C'est à Biskra, auprès de la vieille kasba, que M. l'ingénieur en chef des mines Fournel fit entreprendre, en 1847-1848, le premier sondage d'exploration du Sahara algérien. Ce sondage fut arrêté, par suite d'un accident, à la profondeur de 81 m. 65; à en juger d'après la coupe, fort sommaire, qui en a été laissée (pl. XX), il avait traversé, en majeure partie, des terrains marneux imperméables, bien qu'avec de nombreuses intercalations de poudingues, dont certains sans doute aquifères; mais il n'avait rencontré aucune nappe jaillissante (ni même ascendante, semble-t-il).

Cependant M. l'inspecteur général Ville estimait que, si l'on eût poursuivi ce sondage jusqu'à 200 mètres de profondeur environ, on aurait trouvé de l'eau jaillissante. « Il est rationnel d'admettre, disait-il à ce propos, qu'un sondage que l'on exécuterait dans l'oasis de Biskra pourrait rencontrer les nappes jaillissantes crétacées dont l'existence est signalée en tant de points entre les oasis de Droueu

⁽¹⁾ La même dont le prolongement vers l'Ouest passe par Biskra (pl. XXV, fig. 4).

⁽²⁾ J. Tissot. — Carte géologique de la province de Constantine, 1881.

⁽³⁾ En raison de la qualité relative des eaux de Droueu, il a été question de s'en servir exclusivement pour l'alimentation du chemin de fer de Biskra à Ouargla. (Voir ci-après l'Appendice V du présent chapitre.)

et de Tolga. On doit prévoir seulement que ce sondage pourra atteindre à Biskra une profondeur assez considérable. En effet, Biskra est situé entre Chetma, où la température maximum des eaux jaillissantes est de $34^{\circ},50$, et Aïn Oumach, où la température maximum est de $27^{\circ},33$. Nous prendrons, pour la température de la nappe souterraine à Biskra, la moyenne des deux nombres précédents, soit $30^{\circ},93$, nombre qui diffère peu de $29^{\circ},33$ trouvé pour les eaux du gouffre de Biskra alimentant l'oasis. Nous supposerons de plus qu'à la latitude de Biskra l'accroissement de température avec la profondeur soit de 1 degré par 20 mètres ⁽¹⁾, ainsi que l'indique la moyenne des observations faites dans le Hodna et dans la partie Nord du Sahara. Or, dans le sondage n° 2 de Chegga, première oasis située à 22 mètres d'altitude et à 50 kilomètres Sud de Biskra, nous avons trouvé $23^{\circ},80$ pour une nappe située à 47 m. 50 de profondeur. Il est rationnel d'admettre qu'à Biskra, par 117 mètres d'altitude, la température d'une nappe jaillissante ne dépassera pas $23^{\circ},80$ pour la profondeur de 47 m. 50. En partant de ce nombre, il resterait à gagner $30^{\circ},93 - 23^{\circ},80 = 7^{\circ},13$, qui, à raison de 20 mètres par degré, exigent un accroissement de profondeur de 140 m. 26 et portent la profondeur de la nappe jaillissante sous Biskra à 187 m. 76; ce nombre devra être porté à 200 mètres environ en raison de l'incertitude qui règne sur les éléments qui ont servi de base à notre calcul. »

Malheureusement il était plus que douteux que la nappe alimentaire des sources d'amont de l'Oued Biskra régnât d'une manière continue en profondeur, et qu'un sondage entrepris en un point quelconque, pris au hasard, de l'oasis ou de ses environs eût chance de la recouper. A mon sens, au contraire, elle doit être ici fort irrégulière, tant comme allure stratigraphique (à cause des nombreuses failles et dislocations qui hachent les terrains du sous-sol) [pl. XXV, fig. 4] que comme répartition des eaux souterraines (eu égard aux sources vers lesquelles ces eaux sont déjà drainées). Aussi M. Jus et moi avons-nous toujours considéré comme essentiellement aléatoire le projet, souvent agité, d'un grand sondage d'exploration à Biskra.

Quoi qu'il dût en advenir, la question était de nature à intéresser vivement la population de Biskra, et MM. Fau et Foureau eurent la louable initiative de fonder, en 1889, une société d'études pour la recherche d'eaux artésiennes dans la région ⁽²⁾. L'emplacement choisi pour le sondage à entreprendre était situé immédiatement au Sud de la ville, c'est-à-dire en tête de l'oasis : il était donc excellent pour l'utilisation des eaux jaillissantes que l'on escomptait. Il se trouvait, d'autre part, notablement en aval des sources qui alimentent Biskra, ville et oasis : il écartait donc toute crainte de voir les nouvelles recherches nuire aux sources déjà existantes. Par contre, aucun indice ne donnait lieu d'espérer

⁽¹⁾ Loi approximative, mais sans doute voisine de la vérité. Elle est sensiblement conforme aux conclusions auxquelles j'arrive moi-même ci-après (3^e partie, chapitre II, § 11) par une série d'autres considérations.

⁽²⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

que ce point fût spécialement favorable en vue de la rencontre d'eaux jaillissantes, et il semble qu'à cet égard, l'examen préalable des conditions géologiques de la région ait été insuffisant.

Un avant-trou de 23 m. 70 fut creusé à la main. Puis le sondage proprement dit fut exécuté par le *procédé canadien*, qui permet, comme on sait, une grande rapidité d'avancement. Le travail était dirigé par M. l'ingénieur A. Zipperlen. Le premier coup de sonde fut donné le 22 mars 1889, et, le 30 avril, on atteignait la profondeur de 226 m. 57; arrivé là, on dut suspendre le sondage, sans doute parce qu'on était arrivé à un diamètre trop petit pour pouvoir continuer l'approfondissement.

Les terrains traversés sont indiqués par la coupe que je reproduis plus loin, à l'Appendice IV du présent chapitre⁽¹⁾. Ils appartiennent presque entièrement, et jusqu'au fond du sondage, à l'étage inférieur 4 du terrain fluvio-lacustre de Biskra (pl. XI, fig. 3, et pl. XXV, fig. 4). On y remarque des niveaux composés d'énormes cailloux roulés et des séries de poudingues quartzeux, avec rognons de silex et de calcaires très durs; ces terrains difficiles ne représentent pas moins de 118 mètres d'épaisseur totale. Néanmoins l'avancement moyen, pour l'ensemble du sondage, a été de plus de 5 mètres par jour, et même de 6 m. 66 si l'on ne tient compte que de la durée du travail effectif (34 jours).

Aucune nappe jaillissante n'a été rencontrée. Le journal de sondage signale seulement la découverte, à 54 mètres, d'une nappe ascendante, dont l'eau monte à 35 mètres sous la surface du sol.

Malgré cet insuccès, la même société d'études entreprenait, l'automne suivant, un nouveau sondage d'exploration non loin du précédent. M. Zipperlen avait été amené, au cours des travaux ci-dessus visés, à considérer comme inexacte la loi posée par Ville, d'après laquelle, sous la latitude de Biskra, l'accroissement de 1 degré de température dans les eaux du sous-sol correspond à une augmentation de profondeur de 20 mètres. D'après lui, on devrait admettre ici, comme sous les latitudes plus septentrionales, un accroissement de 1 degré pour des augmentations de profondeur d'au moins 30 mètres⁽²⁾: prenant donc pour base 30 à 35 mètres d'approfondissement pour chaque degré de température en plus, il formula l'opinion que l'on aurait plus de chance de rencontrer la nappe jaillissante de Biskra si l'on poussait les recherches au delà de 300 mètres. Le nouveau sondage fut, en effet, poursuivi jusqu'à la profondeur de 354 mètres: mais on ne rencontra pas davantage d'eau jaillissante.

Les recherches en question auront eu, du moins, un résultat intéressant, celui d'appeler l'attention sur l'existence possible d'eaux ascendantes sous l'oasis de Biskra. Si, comme on le suppose, ces eaux ascendantes règnent en abondance

⁽¹⁾ C'est le sondage n° 2 de Biskra, le n° 1 étant le sondage entrepris par Fournel en 1847.

⁽²⁾ Je ne partage pas ces conclusions pour ma part, et je considère, d'après ce que je dirai plus loin (3^e partie, chapitre II, § 11), que la loi formulée par Ville s'approchait, tout au moins, beaucoup plus de la réalité que celle que lui oppose M. Zipperlen.

dans le sous-sol, elles pourraient — sans rendre assurément les mêmes services qu'une nappe jaillissante — devenir néanmoins d'une grande ressource pour les irrigations : car on devrait alors réussir à les utiliser pratiquement au moyen d'une série de puits ordinaires, où l'on puiserait. L'essai a déjà été tenté par Son Éminence le cardinal Lavigerie, qui a fait creuser deux puits dans la belle propriété qu'il possède au milieu de l'oasis de Biskra, sur la route de Tougourt : deux nappes ascendantes y ont été rencontrées.

III. ZAB ORIENTAL.

Les oasis dont j'ai mentionné l'existence à l'Est du Zab central, au fond des gorges de la zone saharienne de l'Aurès⁽¹⁾, sont des oasis de rivière (oasis des Beni bou Sliman et de l'Ahmar Kaddou sur l'Oued el-Abiod, oasis du Djebel Chechar sur l'Oued el-Arab). Elles ne possèdent pas, en général, de sources naturelles. On cite cependant les sources de l'oasis de Djellal (Djebel Chechar), qui sourdent dans le lit de l'Oued el-Arab.

Plus à l'Est, et non loin de la frontière tunisienne, il y a lieu de noter aussi la petite oasis de Ferkane, puis celle, plus importante, de Négrine⁽²⁾, situées près du bord méridional des dernières ramifications montagneuses de l'Atlas, qui s'avance ici beaucoup plus vers le Sud (pl. IV). La première se trouve près de l'Oued Djarreuch, la seconde près de l'Oued Sokna; mais elles n'utilisent pas ces oueds, et correspondent respectivement à deux groupes de sources naturelles, qui semblent offrir un certain intérêt.

Sources naturelles jaillissantes du Zab oriental. — Elles sont peu nombreuses et, pour la plupart, fort peu abondantes. Le tableau suivant indique sept sources ou groupes de sources, et résume quelques indications à leur sujet.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES SOURCES DU ZAB ORIENTAL.

NUMÉROS d'ordre.	DÉSIGNATION DES SOURCES (DE L'OUEST À L'EST).	DÉBIT EN LITRES PAR MINUTE.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATIONS.
1	Ras-el-Aioun	6 litres.	29°,3	Débit insignifiant.
2	Aïn Kechana	"	"	
3	Aïn el-Oghab	6	23°	Saintements.
4	Aïn Naga	"	"	
5	Aïn Cheick	"	"	Groupe comprenant aussi l'Aïn Merabia, l'Aïn Mehri, etc. — Débits insignifiants.
6	Aïn Djenan	"	"	
7	Sources de l'Oued el-Arab (en aval de Zeribet-el-Oued)	3 à 30	22° à 22°,75	Groupe de petites sources. — Débits insignifiants. Série de sources se succédant sur une dizaine de kilomètres de longueur. — Poids total des sels anhydres par kilogramme d'eau = 2 gr. 1567, à l'Aïn Ouidja-ben-Loucif.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, p. 148. — Voir ci-après à l'Appendice statistique la nomenclature de ces oasis.
⁽²⁾ Oasis omises dans ma *Géologie du Sahara*, mais indiquées ci-après dans l'Appendice statistique.

A l'Est du Zab central et à partir de Sidi-Khelil et de Droueu, la lisière Nord de la partie du Sahara qui s'étend au pied du massif montagneux de l'Aurès ne présente plus de sources naturelles de quelque importance. On cite seulement, à peu de distance dans cette direction, et au Nord de la plaine, les petites sources d'Aïn Kechana, d'Aïn el-Oghab (pl. XIX), et peut-être quelques autres, mais toutes également insignifiantes, débitant au plus⁵ à 6 litres par minute. Puis plus aucune source connue le long de la bordure méridionale de l'Atlas, vers l'Est et le Sud-Est, et cela jusqu'après de la frontière tunisienne.

Pour ce qui est du Zab oriental ou Zab Chergui proprement dit — c'est-à-dire de la plaine qui est située en aval et qui descend vers le Chott Melrir — cette région n'offre pas davantage de sources d'un débit un peu notable, sauf au-dessous de Zeribet-el-Oued.

A l'Ouest, on a les petites sources de Ras-el-Aioun (sur la rive gauche de l'Oued Briaz) et celles de l'Aïn Naga; on a ensuite, plus au Sud, et au bord même du Chott Melrir, le groupe de l'Aïn Cheick et celui de l'Aïn Djenan (pl. XIX). Mais ce sont des suintements plutôt que des sources.

A l'Est, Ville a indiqué la série plus intéressante des sources qui sourdent en aval de Zeribet-el-Oued (altitude 26 mètres), le long du lit de l'Oued el-Arab. Une première s'observe au-dessous du confluent de l'Oued Guechtane et de l'Oued el-Arab, mais ne débite guère que 3 litres par minute, à 22 degrés. Une autre, la principale, l'Aïn Ouldja-ben-Loucif, sourd à 1 kilomètre en aval du village, sur le côté gauche du lit de l'Oued el-Arab, en débitant environ 30 litres par minute à 22°,75. Ces sources successives sortent au contact des alluvions quaternaires argilo-sableuses, qu'entaille l'oued, et des marnes sous-jacentes du terrain pliocène d'eau douce, que les érosions ont mises à découvert. A 10 kilomètres en aval, on a encore les sources d'Aïn Guettar, qui émergent à 1 mètre au-dessus du lit de l'Oued el-Arab, en débitant 12 litres par minute à 22°,5, et qui semblent sortir du sein même du terrain pliocène.

Sondage d'El-Fayd. — D'une manière générale, on peut dire qu'un niveau aquifère règne sous toute la plaine Nord du Melrir, à peu de profondeur sous la surface, au contact des alluvions plus ou moins perméables qui la tapissent et du terrain pliocène d'eau douce qui forme son sous-sol, ordinairement marneux et imperméable.

De plus, le massif marneux du terrain pliocène sous-jacent⁽¹⁾ présente parfois des intercalations marno-sableuses ou même sableuses, et par suite perméables, auxquelles correspondent quelques niveaux aquifères ou simplement humides. Ces eaux souterraines doivent même devenir artésiennes aux approches du Chott Melrir, en raison du plongement général de la formation vers le Sud.

En conséquence, il était à présumer qu'un sondage, pratiqué suffisamment

⁽¹⁾ Ce massif représente la transition entre l'étage fluvio-lacustre *l*₁ de la lisière Nord du bas Sahara et l'étage lacustre *l* de l'Oued Rir' (*Géologie du Sahara*, p. 153).

loin dans cette direction, à l'aval-pendage des couches, et poussé assez profondément, rencontrerait des eaux artésiennes, peut-être jaillissantes. On ne peut donc nier que l'emplacement du sondage d'El-Fayd, exécuté par M. Jus, en 1857-1858, à 20 kilomètres au Sud de Zeribet-el-Oued, dans le delta terminal de l'Oued el-Arab (à une altitude de 6 mètres), ne fût bien choisi : cependant ce sondage n'a rencontré qu'une nappe ascendante à 14 m. 05 (laquelle s'est élevée à 10 m. 55 du sol), et, bien que poussé jusqu'à 156 mètres (ce qui était, jusqu'à ces derniers temps⁽¹⁾, la plus grande profondeur atteinte par les sondages du Sud), il n'a pas trouvé d'eau jaillissante.

Sources naturelles jaillissantes de la région de Ferkane et de Négrine. — A l'extrémité orientale de la lisière Nord du bas Sahara algérien, sur les flancs des derniers reliefs montagneux de l'Atlas de ce côté, j'ai noté ci-dessus les sources de la région de Ferkane et de Négrine, et je dois en dire quelques mots ici, bien qu'à proprement parler, elles dépendent plutôt, comme classement naturel, du bassin artésien du bas Sahara tunisien⁽²⁾. Je manque, d'ailleurs, de renseignements précis au sujet de ces sources.

D'après M. E. Blanc, les sources de Négrine ont une température assez élevée; elles sont nombreuses, mais rapprochées, et forment un oued distinct de l'Oued Sokna (à 4 kilomètres plus à l'Est); l'oasis occupe la vallée profonde et ramifiée où elles prennent naissance; le trop-plein des eaux s'écoule par une coupure étroite dans la plaine, où il se perd, après avoir passé aux ruines romaines d'Henchir-Besseriani. Les sources de Ferkane semblent analogues, mais moins abondantes; elles jaillissent au fond de petits ravins, sur les deux versants d'une colline allongée; ces ravins débouchent, de part et d'autre, dans deux oueds distincts de l'Oued Djarreuch (qui passe à peu de distance à l'Ouest)⁽³⁾.

En consultant la carte géologique de Tissot⁽⁴⁾, on voit que les sources en question émergent du terrain pliocène d'eau douce, qui pénètre ici largement dans la zone saharienne de l'Atlas et y forme une sorte de bassin intérieur. Mais elles sont évidemment alimentées en profondeur par des nappes artésiennes qui proviennent du terrain suessonien, lequel encadre ce bassin pliocène, tant au Nord (massif du Djebel Sidi-Abid) qu'au Sud (Djebel Madjour et lignes de crêtes rocheuses bordant la plaine septentrionale du Chott Gharsa vers l'Est).

⁽¹⁾ Avant les sondages n° 2 et 3 de Biskra et le sondage n° 2 de Foughala.

⁽²⁾ Voir ci-après chapitre II, § 3.

⁽³⁾ Notes inédites de M. E. Blanc (Renseignements ajoutés lors de la correction des dernières épreuves).

⁽⁴⁾ J. Tissot. — Carte géologique provisoire de la province de Constantine et de la Tunisie, 1881.

APPENDICE I.

EXTRAITS DES RAPPORTS DE M. JUS

SUR LES TRAVAUX DE SONDRAGE EXÉCUTÉS DANS L'OUED RIR'
PENDANT LES CAMPAGNES DE 1879 À 1882.

I. RÉGION CENTRALE.

SONDRAGE N° 2 DE TALA-EM-MOÛIDI.

Effondrement du puits n° 1. — Sept mois après l'achèvement du puits n° 1, l'eau rejette de nouveau des concrétions argileuses, et des blocs plus gros que l'ouverture du tube d'ascension s'amassent probablement à sa base et le ferment hermétiquement.

Comme la force ascensionnelle de la seconde nappe est très puissante, l'eau se fraye un passage entre la colonne et les parois du forage : les frottements allèrent le poudingue rocheux sur lequel repose la colonne, et celle-ci glisse de 2 mètres sous son propre poids (de la base à la première frette de raccord).

L'eau continue donc à passer à côté des tubes, dégrade les terrains du sol, qui sont formés de sable gypseux, les entraîne dans la plaine et arrive à former un effondrement-réservoir (bahr) [pl. XXIII, fig. 4], dont le débit se maintient à 3,500 litres environ par minute.

Pendant l'année suivante, l'eau continue à dégrader les terrains, en augmentant les dimensions du bahr, à tel point qu'il devient presque impossible de s'en approcher sans courir de danger.

Plusieurs petits sondages, exécutés au moyen d'un radeau sur toute la surface du bahr, pénétrèrent jusqu'à 8 mètres de profondeur sans rencontrer de terrain solide, démontrant qu'il est impossible d'y installer l'appareil de sondage, et que les fatigues, le temps et les frais que demanderait l'aménagement de ce bahr seraient beaucoup plus considérables que ceux nécessités par l'exécution d'un nouveau puits.

C'est donc à cette dernière résolution que l'on s'arrête en commençant un deuxième forage, distant de 15 mètres du bahr.

Deuxième sondage. — Commencé le 9 mars, terminé le 6 avril 1881. Profondeur totale, 77 m. 60. Diamètre final, 0 m. 20. Profondeur tubée au diamètre de 0 m. 20, 59 m. 12.

Première nappe ascendante à 2 m. 29; niveau hydrostatique, — 2 m. 05; température, 18°,70.

Deuxième nappe ascendante, entre 42 m. 31 et 45 m. 92; niveau hydrostatique, — 1 m. 55.

Première nappe jaillissante, de 60 m. 40 à 61 m. 10; débit, 15 litres par minute; température, 24 degrés.

Deuxième nappe jaillissante à 64 m. 17; débit, 85 litres par minute; température, 24 degrés.

Troisième nappe jaillissante à 75 mètres; débit, 5,000 litres par minute; température, 24°,70.

Moyenne d'avancement par séance de 24 heures, 2 m. 86.

Aïn Driss.

Le 9 mars, le forage est commencé au diamètre initial de 0 m. 30.

Première nappe ascendante à 2 m. 29; niveau hydrostatique, — 2 m. 05; température, 18°,70. Le sable qui fait suite est très coulant et nécessite la pose d'une première colonne de garantie de 0 m. 25 de diamètre, jusqu'à 10 m. 80.

Deuxième nappe ascendante entre 42 m. 31 et 45 m. 92; niveau hydrostatique, — 1 m. 55; température, 22 degrés. A 46 mètres, pose d'une deuxième colonne de garantie, de 0 m. 20 de diamètre, afin d'éviter que les frottements de la sonde ne dégradent le trou de sonde.

De 46 mètres à 59 m. 44, le forage se continue, sans tubage, dans de l'argile gypseuse très compacte, et, à cette dernière profondeur (59 m. 44), on rencontre le poudingue qui recouvre la nappe aquifère de la région d'Ourlana. Des dispositions sont immédiatement prises pour que la base de la colonne de garantie de 0 m. 20, qui doit servir en même temps de colonne d'ascension, repose sur la couche dure.

Le trou de sonde est élargi au moyen d'un élargisseur à ressort; la base de la colonne est poussée à 59 m. 44, et les tubes de 0 m. 25, devenus inutiles, sont relevés au sol.

Le 20 mars, on attaque la couche dure (poudingue de calcaire et de silex), et, de suite, on s'aperçoit que sa dureté est beaucoup plus grande qu'au premier sondage. Malgré l'emploi simultané d'outils de trois diamètres, il ne faut pas moins de dix séances de 24 heures de travail pour atteindre la profondeur de 64 m. 17, fin de la couche.

Pendant le forage de 59 m. 12 à 64 m. 17, deux nappes jaillissantes se déclarent; la première, à 61 m. 10, débite 15 litres par minute à la température de 24°,01, et la deuxième, à 64 m. 17, 85 litres à la même température.

Ordinairement, quand la couche dure est traversée, la grande nappe jaillissante se déclare aussitôt que l'outil entame la masse aquifère du sable. Mais il n'en est pas ainsi sur ce point; le poudingue est suivi d'une couche d'argile rouge déliquescence, qui nécessite la pose d'une troisième colonne de garantie, pour maintenir le forage et empêcher les outils de rester prisonniers. Lorsque la base des tubes parvient à 70 mètres, l'outil descend assez facilement à 76 mètres. Aussitôt l'eau se trouble, augmente peu à peu de débit, en entraînant avec elle beaucoup de sable rouge, et, quelques heures après, la nappe se dégage complètement en fournissant 3,600 litres par minute à la température de 24°,70. La colonne de 0 m. 16 étant devenue inutile, on prend des dispositions pour la relever au sol. A peine est-elle dégagée de l'argile qu'elle maintient que la nappe augmente considérablement de débit, en entraînant un volume énorme de sable et d'argile. Pendant toute la journée que nécessite le retrait de la colonne, l'eau ne cesse de jaillir à 4 mètres au-dessus du sol, et inonde littéralement l'atelier et les travailleurs. Lorsque les tubes sont retirés du trou de sonde, on exécute un premier jaugeage, qui permet de constater que le débit dépasse 5,000 litres par minute, à la température de 24°,70.

Le 7 avril, le sondage est suspendu à la profondeur totale de 77 m. 60. La fontaine est aménagée, et elle reçoit le nom d'*Aïn Driss*. L'eau se déverse avec bruit, d'une hauteur de 0 m. 90, et forme une gerbe dépassant de 0 m. 145 les bords de la colonne d'ascension.

Ce résultat est certainement le plus beau qui ait été obtenu jusqu'à ce jour dans l'Oued Rir'.

24 heures après le dégagement de la nappe, le bahr dont il est question au commencement de ce rapport a presque entièrement cessé de couler.

La moyenne d'avancement, par séance de 24 heures de travail, a été de 2 m. 86.

La dépense totale d'exécution s'élève à 4,031 fr. 20.

Main-d'œuvre.....	1,174 ^f 20 ^c
Transports divers.....	722 00
Dépenses diverses.....	385 00
Tubage : 60 mètres de colonne de 0 m. 20 de diamètre, pesant 1,250 kilogrammes, à 1 fr. 40.....	1,750 00

Soit, en moyenne, 53 fr. 25 par mètre de forage tubé.

II. RÉGION MÉRIDIONALE.

CURAGE DU PUIS N° 3 DE L'OASIS D'EL-KESSOUR.

Date de l'achèvement du puits, 30 mars 1880. Profondeur totale, 59 m. 79. Profondeur de la nappe jaillissante, 48 m. 90. Débit primitif, 3,000 litres par minute. Profondeur tubée au diamètre de 0 m. 20, 46 mètres.

Aïn Kelma (fontaine de la Parole).

.....
 Au mois de juillet 1881, la couche d'argile qui recouvre la nappe a commencé sa désagrégation au puits n° 3 (terminé en mars 1880). L'eau a remonté une certaine quantité d'argile; il s'est formé une voûte sous laquelle les plus gros blocs se sont amoncés, en constituant un barrage à la libre sortie de la source.

Le 14 mars, l'atelier du Sud installe son appareil à Aïn Kelma et commence le curage. Le 18, après la descente d'une colonne de 0 m. 16 de diamètre jusqu'à 48 m. 50, la nappe jaillissante reprend son débit primitif de 3,000 litres par minute.

SONDAGE N° 8 DE SIDI-RACHED (À 20 MÈTRES À L'EST DU N° 1).

Commencé le 24 décembre 1881 et terminé le 5 mars 1882. Profondeur totale, 118 m. 95. Diamètre final de sondage, 0 m. 16.

Première nappe ascendante à 4 m. 69; niveau hydrostatique, — 4 m. 62; température, 15 degrés.

Deuxième nappe ascendante à 77 m. 90; niveau hydrostatique, — 1 m. 50; température, 24 degrés.

Moyenne d'avancement par séance de 24 heures, tubage et retrait des colonnes compris, 1 m. 64.

Le nouveau sondage est commencé, le 24 décembre, au diamètre de 0 m. 40.

Première nappe ascendante à 4 m. 69; niveau hydrostatique, — 4 m. 62; température, 15 degrés.

Le 8 janvier 1882, la profondeur atteinte est de 40 m. 28. Les terrains supérieurs, ébranlés par le fouettement des tiges, s'éboulent, remplissent le trou de sonde, empêchent l'avancement. Pour remédier à cet inconvénient, on descend une première colonne de garantie de 0 m. 25 de diamètre jusqu'à 40 mètres.

Le gypse en roche avec calcaire blanc, qui recouvre la nappe jaillissante de la région, se présente à 46 m. 10. On traverse son épaisseur de 10 m. 74 en cinq séances de 24 heures (de 46 m. 10 à 56 m. 84), sans qu'aucune variation se produise dans le niveau de l'eau (nous rappelons ici que le sondage s'exécute à 20 mètres du puits n° 1, qui avait fourni un débit primitif de 4,000 litres par minute, à la profondeur de 52 mètres).

Sous la roche gypseuse apparaît la série des sables aquifères, d'une couleur rouge foncé, tantôt meubles et perméables, tantôt en couches dures et sèches. À 77 m. 90, profondeur à laquelle on rencontre la grande nappe jaillissante de l'oasis de Moggar, le niveau de l'eau

s'élève de 4 m. 62 à 1 m. 50 sous le niveau du sol, et sa température monte de 15 degrés à 24 degrés.

Pour se garantir des accidents qui pourraient se produire par suite de l'éboulement des sables aquifères (que l'on a laissés libres afin de permettre à l'eau de se dégager, dans le cas où ils en auraient renfermé), on descend une deuxième colonne de garantie, de 0 m. 20 de diamètre, jusqu'à 76 mètres.

La série des sables continue; les éboulements commencent. Le tubage doit alors suivre progressivement ou précéder le forage, opération fort longue et pleine d'écueils.

Le 6 février, la profondeur du forage atteint 100 m. 65 et celle du tubage 99 m. 11, dans une couche de sables siliceux rouges, reliés par de la marne blanche avec cailloux roulés de silex et de quartz. Cette couche, de 6 mètres d'épaisseur, arrête momentanément l'ascension du sable dans la colonne de garantie, et permet de continuer l'approfondissement jusqu'à 112 m. 66. De 105 m. 20 à 112 m. 66, la sonde perce un banc de sable quartzeux blanc, gris et rose, à gros grains agglomérés.

Malheureusement les éboulements et les manœuvres de colonne qui en sont les conséquences reparaissent avec tous leurs écueils. Ce n'est qu'après 23 journées des manœuvres les plus pénibles qu'on parvient à atteindre, dans les mêmes sables à gros grains, la profondeur de 118 m. 95.

Reconnaissant alors que nos efforts devenaient superflus, nous avons ordonné la suspension du sondage et le retrait de toutes les colonnes de garantie.

Dans ce retrait, les tubes de 0 m. 16, fortement scellés par les sables dans leur partie inférieure, déboîtent à 50 mètres, 60 mètres et sont abandonnés dans le trou de sonde.

La moyenne générale d'avancement, par séance de 24 heures de travail, manœuvres de colonne comprises, a été de 1 m. 64.

Les colonnes de tubes employées avaient leurs bases aux profondeurs suivantes :

Colonne du diamètre de 0 m. 25.....	40 mètres.
— — de 0 m. 20.....	98
— — de 0 m. 16.....	111

La dépense totale de ce sondage (sans tenir compte de la détérioration du matériel et des colonnes de tubes, descendues plusieurs fois) s'élève à 9,998 fr. 94.

Main-d'œuvre.....	3,042 ^f 95
Transports divers.....	3,851 00
Dépenses diverses.....	1,760 99
60 mètres de colonne de 0 m. 16 de diamètre, pesant 960 kilogrammes, à 1 fr. 40.....	1,344 00

Soit un prix de revient de 84 fr. 06 par mètre courant de forage.

SONDAGE N° 6 DE TEBESBEST (RÉGION DU COUDIAT KRAB; CHOTT DE SCHMOURRA).

Commencé le 14 mai et terminé le 8 juin 1882. Profondeur totale, 88 m. 60; profondeur tubée au diamètre de 0 m. 16, 76 mètres. Diamètre final du sondage, 0 m. 16.

Nappe d'infiltration à 8 m. 40; niveau hydrostatique, — 13 m. 25; température, 14°,30.

Première nappe ascendante à 30 m. 38; niveau hydrostatique, — 10 m. 45; température, 16 degrés.

Deuxième nappe ascendante à 74 m. 10; niveau hydrostatique, — 0 m. 15; température, 24 degrés.

Nappe jaillissante à 81 m. 41; débit, 4,000 litres à la minute; température, 24 degrés.

Moyenne d'avancement par séance de 24 heures, 3 m. 40.

Aïn Colonel-Flatters.

Sur la demande des gens de Tebesbest, le matériel est transporté de nouveau dans le Chott de Schmourra, pour terminer la campagne par l'exécution d'un forage au Coudiat Krab, situé à 1,800 mètres au Nord du puits n° 3 (de Tebesbest, ou n° 1 de Schmourra).

Le 14 mai, le nouveau forage est commencé au diamètre initial de 0 m. 25.

Nappe d'infiltration à 8 m. 40; niveau hydrostatique, — 13 m. 25; température, 14 degrés.

A 13 m. 90, descente d'une première colonne de tubes de 0 m. 25 de diamètre, pour se garantir des sables supérieurs.

Nappe ascendante à 30 m. 38; niveau hydrostatique, — 10 m. 45; température, 16 degrés.

A 47 mètres, pose d'une deuxième colonne de 0 m. 20 jusqu'à 46 mètres, pour maintenir les éboulements qui se produisent entre 42 et 44 mètres. On la pousse ensuite à 58 mètres.

Le 30 mai, à 72 m. 07, la sonde attaque le *mazoul* des puisatiers indigènes, c'est-à-dire la couche qui recouvre la nappe artésienne. Elle est représentée ici par une marne blanche sableuse avec veinules noires.

Une deuxième nappe ascendante, renfermée dans cette couche, monte le niveau hydrostatique de l'eau à 0 m. 15 sous le niveau du sol. C'est sans doute déjà la grande nappe, commençant à se faire jour à travers la couverture.

A 77 m. 97, les sables blancs aquifères, siliceux et un peu gras, se présentent; ils se laissent pénétrer difficilement. La colonne d'ascension de 0 m. 16 de diamètre est alors descendue à 76 mètres dans le mazoul. Malgré cette précaution, la masse aquifère persiste à s'ébouler, en conservant le même niveau.

Lorsque la sonde parvient à 81 mètres, la nappe se déclare en débitant d'abord 10 litres par minute, puis, après 72 heures de lutte, elle porte ce débit à 700 litres. A partir de ce moment, les sables deviennent plus pénétrables, le dégagement plus prompt. Bientôt la gerbe s'arrondit autour de la colonne, augmente de volume; l'eau devient blanchâtre, entraîne avec elle une quantité considérable de sables, et, après quelques heures d'écoulement, on peut constater que son débit s'élève à plus de 3,000 litres par minute, à la température de 26 degrés.

Le 8 juin, l'approfondissement est suspendu à 88 m. 60.

Après les fêtes d'usage, la nouvelle fontaine reçoit le nom d'*Aïn Colonel-Flatters*, pour honorer la mémoire du malheureux colonel qui a péri victime de son dévouement, en cherchant à introduire la civilisation dans le grand Sahara.

Les puits artésiens du Coudiat Guenater et du Coudiat Krab, situés en plein Chott, au Nord et au Sud de la nouvelle oasis de Schmourra, vont permettre aux gens de Tebesbest d'agrandir considérablement leurs plantations. Selon toute probabilité, le village de Tebesbest sera reconstruit avant quelques années sur la falaise qui entoure et domine les trois belles fontaines de la région de Schmourra.

La moyenne d'avancement du sondage du Coudiat Krab (en y comprenant le tubage, le retrait des colonnes de garantie inutiles, l'aménagement de la nappe) a été de 3 m. 40 par séance de 24 heures de travail.

La dépense totale d'exécution s'élève à 4,100 francs.

Main-d'œuvre.....	943'
Transports divers.....	840
Dépenses diverses.....	693
Tubage : 76 mètres de tubes de 0 m. 16, pesant 1,160 kilogrammes, à 1 fr. 40 (les colonnes de 0 m. 25 et 0 m. 20 ont été retirées du trou de sonde).....	1,624

Soit un prix de revient de 46 fr. 27 par mètre courant de forage tubé.

III. RÉGION SEPTENTRIONALE.

SONDAGE N° 2 DE TINEDLA (RÉGION D'AÏN SASSI).

Commencé le 1^{er} mai et terminé le 22 mai 1880. Profondeur totale, 79 m. 53; profondeur tubée au diamètre de 0 m. 16, 56 mètres.

Nappe ascendante à 1 m. 70; niveau hydrostatique, — 1 m. 25; température, 20 degrés.

Première nappe jaillissante à 17 m. 42; débit, 28 litres à la minute; température, 20°,40.

Deuxième nappe jaillissante à 52 m. 29; débit, 80 litres à la minute; température, 24°,50.

Troisième nappe jaillissante à 65 mètres; débit, 550 litres à la minute, température, 24°,50.

Quatrième nappe jaillissante à 71 mètres; débit, 1,100 litres à la minute; température, 26 degrés.

Débit total, 1,650 litres.

Moyenne d'avancement par séance de 24 heures de travail, 3 m. 61.

Fontaine de la Renaissance; Aïn el-Edjeded.

Le 1^{er} mai, le sondage est commencé, au diamètre de 0 m. 25, au point dit *Aïn Sassi*, situé au Sud-Est du village et près du bahr de Tinedla.

Nappe d'infiltration à 1 m. 70; niveau hydrostatique, — 1 m. 25; température, 20 degrés.

Première nappe jaillissante à 17 m. 42; débit, 28 litres à la minute; température, 20°,40.

Le sable qui recèle cette nappe coule, gêne la marche du travail et oblige la descente d'une colonne de garantie à 18 mètres. On la pousse ensuite à 34 mètres.

Deuxième nappe jaillissante à 52 m. 29; débit, 80 litres à la minute; température, 24°,50.

Le sable gêne de nouveau et nécessite le prolongement du tubage; mais la colonne de 0 m. 20 est fortement scellée dans les argiles, et il devient impossible de la remuer. Force est donc de recourir à une deuxième colonne de garantie, de 0 m. 16 de diamètre, dont on appuie la base à 54 mètres.

Troisième nappe jaillissante à 65 mètres, dans du sable rouge siliceux; débit, 550 litres par minute; température, 24°,50.

En descendant plus avant dans ce sable, on constate une quatrième nappe jaillissante, vers 71 mètres, et le débit total se porte à 1,650 litres par minute, en charriant beaucoup de sables et de molécules d'argile.

Selon toute probabilité, les deux dernières nappes n'en forment qu'une seule, dont l'origine peut être placée à 65 mètres.

Le 12 mai, le directeur se dispose à suspendre le forage, à la profondeur de 72 m. 18, dans l'argile rouge qui forme la couverture aquifère de cette région. Mais l'eau se trouble, coule par intermittence, et il est facile de reconnaître que le tubage n'est pas assez près de la nappe.

Le lendemain, en rodant la sonde, l'eau cesse de couler et son niveau descend à 1 m. 74. Après 30 minutes d'arrêt, elle remonte insensiblement, puis reprend sa force ascensionnelle.

Pendant plusieurs jours, la nappe coule ainsi par intermittence et ne présente pas de débit régulier.

Le bahr *Mendra* de Tinedla (dont le débit est de 200 litres à la minute), formé par plusieurs puits éboulés et situé à une cinquantaine de mètres seulement du sondage, se trouble sur une surface de 7 à 8 mètres et prend une teinte rougeâtre, comme celle de l'eau de la nappe du nouveau puits; des éboulements s'y produisent en plusieurs endroits. Cela donne à supposer que bahr et sondage sont en communication, et que telle est la véritable cause de l'intermittence du débit de la nappe.

Le 23, le forage est suspendu à la profondeur de 79 m. 53, et l'eau reprend sa limpidité et son débit.

La moyenne d'approfondissement, par séance de 24 heures de travail, est de 3 m. 61.

La dépense totale d'exécution s'élève à 3,785 fr. 30.

Main-d'œuvre.....	1,162 ^f 80 ^c	
Tubage. {	36 mètres de tuyaux de 0 m. 21, pesant 720 kilogrammes, à 1 fr. 40.....	1,008 00
	28 mètres de tuyaux de 0 m. 16, pesant 420 kilogrammes, à 1 fr. 40.....	588 00
Dépenses diverses, cuve et rivets.....	527 00	
Transports divers.....	499 50	

Soit un prix de revient de 47 fr. 59 par mètre courant de forage tubé.

APPENDICE II.

OBSERVATIONS PRATIQUES SUR LES SONDAGES DE L'OUED RIR'.

Bien que la profondeur moyenne des sondages de l'Oued Rir' ne soit que de 70 à 80 mètres, les appareils et outils nécessaires doivent offrir une grande solidité et surtout une grande rigidité.

Les sables aquifères que l'on rencontre, principalement dans les régions septentrionale et méridionale de l'Oued Rir', sont tellement fluides que, dès qu'un outil pénètre dans leur masse, il est retenu prisonnier, si l'on n'a pas le soin de le tenir constamment en mouvement.

Souvent il arrive même que, malgré cette précaution, les sables s'élèvent très rapidement avec la nappe d'eau artésienne à 10 ou 20 mètres au-dessus de leur niveau géologique, remplissent les tubes et y scellent la sonde (aussi fortement, semble-t-il, que le ferait un ciment de béton). Le sondeur doit alors s'armer de patience et employer tous les artifices du métier pour arriver à dégager son outil et pour ne pas perdre les résultats de son travail.

Dans certains cas, on n'arrive — en agissant avec le treuil, les vis de pression, etc. — à dégager la sonde que millimètre par millimètre, pour ainsi dire. Dans d'autres, on est obligé de relever l'outil avec les tubes dans lesquels il est scellé. Dans d'autres cas enfin, on se trouve dans la nécessité de dévisser les tiges supérieures jusqu'à la partie scellée, pour reprendre ensuite, une par une, celles qui sont prisonnières.

D'où la nécessité de n'opérer qu'avec un matériel pouvant résister à de grands efforts et n'offrant aucune déféctuosité.

Les appareils de sondages employés par les ateliers militaires du Sud du département de Constantine proviennent de la maison Lippmann et C^{ie}, de Paris.

Ils consistent : 1° en une chèvre de 8 mètres de hauteur et un fort treuil; 2° en jeux de trépan, d'élargisseurs, de tarières ouvertes, de tarières rubanées, de soupapes à clapet et à boulet; 3° en outils raccrocheurs, tels que cloches à vis, caracoles, tire-bouchons, pinces à vis et à ressort, lime-tuyau, arrache-tuyau, crève-tuyau, etc.; 4° enfin en jeux de tubes des diamètres extérieurs de 0 m. 26, 0 m. 21, 0 m. 165.

Tous les appareils ou parties d'appareils démontables sont calculés de manière à pouvoir être transportés à dos de chameau.

Généralement les sondages de l'Oued Rir' sont commencés au diamètre de 0 m. 25 ou 0 m. 30 et terminés au diamètre de 0 m. 20 (intérieurement).

Les débits indiqués pour les puits artésiens de l'Oued Rir' résultent de jaugeages (ou d'évaluations) faits par M. Jus ou sous son contrôle.

Pour les jaugeages, M. Jus a opéré en se servant de grandes cuves mobiles, d'une capacité déterminée; des dispositifs convenables permettaient de mesurer le temps nécessaire pour les remplir.

APPENDICE III.

EXEMPLES DE QUELQUES SOURCES DE DIVERS TYPES DU ZAB OCCIDENTAL.

SOURCES D'OUMACH.

La source d'Aïn el-Hadjar (1^{er} type) jaillit d'un flot de calcaire turonien saccharoïde, ayant 50 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur, et se rattachant, sous les atterrissements, à la montagne crétacée voisine. Son griffon débite 1,800 litres d'eau par minute, à une température de 27°,33.

Les sources d'Aïn el-Faouar (1^{er} type) jaillissent du même massif calcaire, avec deux griffons distincts. Elles débitent 5,800 litres à 27°,33.

Les sources d'Aïn Mogloub (2^e type) surgissent en plusieurs points situés sur un même alignement, au milieu des sables d'atterrissement qu'elles soulèvent en bouillonnant. Une première source sort d'un gouffre large de 5 mètres sur 2 mètres et profond de 3 mètres; elle forme un ruisseau de 800 litres par minute, qui passe ensuite sur un deuxième gouffre semblable, lequel porte le débit du ruisseau à 4,000 litres, à la température de 26°,33.

Dans chacun de ces deux gouffres artésiens, les eaux jaillissantes ont un mouvement ascensionnel intermittent : elles surgissent en bouillonnant et en brassant des sables blanchâtres; puis le calme se produit; le bouillonnement reparait ensuite, etc. Ce phénomène d'intermittence est très régulier.

Le ruisseau de Mogloub, après avoir parcouru 400 mètres, s'engonfre et disparaît sous le sol; il reparait un peu plus loin, avec le même volume, et disparaît de nouveau, à 800 mètres au delà, pour reparaitre une troisième fois sur un point plus bas.

Le cours d'eau formé par la réunion de toutes les sources a un parcours de 12 kilomètres à effectuer, à la surface de terrains sableux et perméables, avant d'atteindre l'oasis d'Oumach, au Sud-Est.

Les eaux de ces diverses sources nourrissent des poissons (Cyprinodontes et Chromides), des crabes et des mollusques (Mélanies et Mélanopsides).

SOURCES DE L'OUED M'LILI.

Les sources d'Aïoun M'lili (1^{er} type) jaillissent, par de nombreux griffons, du sein des calcaires crétacés, en divers points de la lisière de la chaîne Djebel Matraf-S'rira. Le point de convergence des eaux de toutes ces sources se trouve à El-Baya, où elles forment une véritable rivière, l'Oued M'lili, qui roule constamment un volume de 42,000 litres à la minute, à la température de 26 degrés.

Mêmes animaux vivants dans les eaux de ces sources que dans celles des sources d'Oumach.

SOURCES DE BOU-CHAGROUN.

Les sources de Bou-Chagroun surgissent au pied du mamelon, en calcaires crétacés, qui porte la Kouba de Sidi-Merazzi.

Les bouillons sont encaissés à 2 ou 3 mètres de profondeur, au milieu des sables quaternaires. Le griffon principal, Aïn Sidi-Merazzi (2° type), débite 3,000 litres par minute, à 25°,30. A côté de lui se trouvent deux autres griffons : Aïn Draïdi (2° type), qui débite 900 litres, à 25°,10, et Aïn Guerbia (2° type), qui débite 700 litres, à 25°,2. Plusieurs autres sources jaillissent encore dans le ruisseau formé par ces trois premières, et portent son débit à 6,300 litres par minute.

Mais ce débit n'arrive pas entièrement à Bou-Chagroun : comme le ruisseau parcourt des terrains sableux d'atterrissement, couverts de diss, de gynerium et de senoc, dont les racines soulèvent le sol en le fendillant, une bonne partie de l'eau s'engouffre dans les crevasses, pour reparaitre ensuite en d'autres points situés en contre-bas.

Dans l'intérieur du village, l'Aïn Zaouïa (3° type) sort d'une crevasse assez profonde, en débitant 100 litres par minute, à 20 degrés.

A mentionner, dans les eaux de Bou-Chagroun, des Cyprinodontes et Chromides, des crabes, des Mélanies, Mélanopsides, Paludines et Littorines.

SOURCES D'EL-AMRI.

La partie basse de l'oasis d'El-Amri est irriguée, ainsi que j'ai dit ci-dessus, au moyen : 1° de trois sources jaillissantes naturelles (Aïoun el-Amri), qui débitent ensemble 580 litres par minute, chacune à la température de 21 degrés; 2° de quatre puits artésiens jaillissants, qui débitent ensemble 3,245 litres, à des températures de 21°,5 à 22°,5; 3° de puits ordinaires à bascule.

Je ne parlerai ici que des sources naturelles (qui sont toutes trois du 3° type).

La première, Aïn m'ta-Darhouïa, émerge des sables d'atterrissement, en trois bouillons voisins, au fond d'un ravin encaissé de 2 m. 75, et débite 40 à 50 litres par minute.

La seconde, Ras el Aïn Guehli, émerge des mêmes sables, en plusieurs bouillons, au fond d'un ravin de 2 m. 50, et forme un ruisseau de 500 litres.

La troisième, Bir Djedida, découverte par les indigènes en creusant un puits, sort de l'assise gypso-sableuse aquifère de la région, et débite 30 litres par minute.

SOURCES DE DOUCEN ⁽¹⁾.

Rive droite de l'Oued Doucen. — Les sources qui forment le ruisseau de Doucen émergent du mamelon sur lequel le bordj est construit. Elles sont très encaissées dans l'oued (qui ne coule qu'au moment des crues) et ne peuvent rendre tout l'effet utile que comporterait leur débit.

L'Aïn Hamed-Bouزيد (2° type) est une belle source artésienne, qui jaillit sur la rive droite de l'Oued Doucen. Elle a un débit d'environ 500 litres. Sa température est de 23°,50.

L'Aïn Magour (2° type) sourd sous une couche de calcaire (travertin). Elle débite 40 litres à la minute. Sa température est également de 23°,50.

L'Aïn Sidi-Ataya (2° type) émerge dans les mêmes conditions que les deux précédentes. Elle offre quatre griffons, dont les deux principaux débitent ensemble 150 à 200 litres et les deux autres de 30 à 40 litres.

(1) Renseignements inédits, fournis par M. Jus.

Ces diverses sources nourrissent de petits poissons (ablettes d'Orient non déterminées), qui plongent au moindre bruit dans les griffons.

Les sources en question aboutissent à un petit étang limpide de 50 mètres de longueur, de 4 à 5 mètres de largeur et de 1 m. 50 de profondeur, qui renferme lui-même, sur ses deux rives, d'autres petites sources cachées par les eaux. Cet étang, que l'on peut comparer à un *bahr*, a été récemment barré, et son débit est dirigé dans une *saguia*, assez bien entendue, qui irrigue 5,000 jeunes palmiers plantés, en 1891, par les Bou Azid dans la dépression allongée, mais de très peu de largeur, qui forme la rive gauche de l'Oued Doucen.

A son entrée dans la *saguia*, le débit des sources peut être évalué à 1,100 litres; mais, comme les terrains sont très friables, il en résulte une déperdition d'au moins 400 à 500 litres, qui donne lieu à des réapparitions d'eaux jaillissantes dans le lit de la rivière.

Rive gauche de l'Oued Doucen. — L'Aïn Caïd, sur la rive gauche de l'oued, au Nord, sort en bouillonnant sous une roche calcaire (travertin), à la température de 23°,50; elle fournit environ 1,000 litres à la minute.

Les eaux vont se jeter dans un grand étang ou *bahr*, très limpide et très poissonneux, où les ablettes fourmillent, au milieu de barbeaux (de la grosseur de ceux de nos rivières), de crabes, de tortues et d'énormes serpents. Cet étang a environ 400 mètres de longueur, 10 mètres de largeur et une profondeur inconnue. C'est un véritable *bahr*, semblable à ceux de l'Oued Rir' (ou plutôt, sans doute, un ensemble de *behour* se faisant suite): il semble dû à des affaisements du sol sous l'effet des eaux artésiennes, et, en tout cas, correspond à une série de sources jaillissantes naturelles.

Le débit fourni par l'Aïn Caïd et par le grand *bahr* de Doucen est d'environ 3,500 litres à la minute. Ces eaux sont dirigées vers le bas de la plaine par une *saguia* très profonde, où les déperditions sont considérables par suite d'infiltrations dans des terrains perméables (que les eaux parcourent sur près de 2 kilomètres, avant d'arriver aux nombreux jardins qu'elles arrosent).

SONDAGE N° 2 DE BISKRA.

Exécuté par M. Zipperlen (22 Mars - 30 Avril 1889).

Profondeur totale 226^m57^c
 Dépense de perforation proprement dite 15.519^{fr}

Durée du travail effectif 34 jours.
 Avancement moyen par jour 6^m66.

Dates.	Avancement.	Profondeur.	Tubage.	Terrains.	Épaisseur des couches.
Février 25	Commencement de l'avant-trou.				
Mars 14	Installation du matériel.				
" 22		24 ^m 70		Marne jaunâtre (formant la couche végétale)	7.40
" 24	2.30	27.00		Alluvion, cailloux roulés, marne jaune et sables entremêlés	14.25
" 25	2.00	29.00	8 1/2	Poudingue dur avec silex	7.75
" 26	1.85	30.85		Calcaire gréseux très dur	0.90
	7.00			Marne jaune et sable	1.00
" 27		37.85		Marne jaune et cailloux roulés	4.50
	11.25				
" 28		49.10		Marne jaune et cailloux roulés	17.70
" 29	3.40	52.50	7		
" 30	2.50	55.00			
	7.50			Cailloux roulés	1.00
Avril 1		62.50	6	Marne jaune	1.00
	6.00			Poudingue dur	0.50
" 6		68.50		Sable	2.00
	8.50			Marne jaune	1.00
" 7		77.00	5	Poudingue très dur	4.30
	4.50			Marne et graviers	1.90
" 8		81.50		Poudingues durs	1.00
	5.00			Marne jaune et sable	7.70
" 9		87.50		Poudingues durs	2.00
	8.00			Poudingues très durs	4.87
" 10		95.50			
	5.00				
" 11		100.50		Grès jaune, cailloux roulés et couche de poudingues durs	14.13
	6.50				
" 12		107.00			
	9.00			Grès jaune, plaquettes de poudingues contenant beaucoup de silex	13.50
" 14		116.00			
	19.00			Poudingue très dur	0.30
" 15		135.00		Argile jaune	0.20
" 17	3.50	138.50		Grès jaune	5.11
	11.00			Poudingue, silex	2.39
" 18		149.50			
	30.50			Grès jaune quartzeux	17.41
" 21		180.00			
	24.00			Argile jaune, gypse blanc	10.00
" 26		204.00			
	8.00			Argile jaune, argile gris bleu	1.80
" 27		212.00		Gypse	1.50
	6.00				
" 28		218.00			
" 29	2.50	220.50			
	6.50			Marnes jaune-rougeâtre avec gypse gris ou blanc	51.20
" 30		227.00	226 ^m 57 ^c		
				Marnes marbrées lin de vin	2.00
" 26		204.00			
	8.00				
" 27		212.00			
	6.00			Marne jaunâtre entrecoupée et gypse blanc blanchâtre, calcine blanche et très grossier	26.57
" 28		218.00			
" 29	2.50	220.50			
	6.50				
" 30		227.00	226 ^m 57 ^c		

Fig. 3.

(1) Ajouté avant la publication.

APPENDICE V ⁽¹⁾.

ÉTUDE SUR L'ALIMENTATION EN EAU
D'UN CHEMIN DE FER DE BISKRA À OUARGLA.

Je dois l'étude qui va suivre à l'obligeance de M. A. Fock, ingénieur civil, dont la compétence est connue.

L'idée qui se présente tout d'abord à l'esprit pour l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Biskra à Ouargla, c'est l'établissement de prises d'eau, espacées de 25 kilomètres en moyenne, dans les gares correspondantes du parcours.

Avec cette combinaison, l'alimentation en eau aura lieu, soit en achetant des parts d'eau dans les oasis desservies par les gares, soit en forant des puits artésiens sur l'emplacement ou aux environs de celles-ci.

Mais, dans cette hypothèse, on sera obligé de recourir, pour les machines locomotives, aux eaux excessivement mauvaises de l'Oued Rir'.

La gravité très réelle de cet inconvénient ressort d'une manière fort nette du tableau suivant, qui donne, pour les différentes gares projetées, le poids total moyen en grammes, par litre, des sels anhydres que contiennent les eaux dont on disposera :

Biskra.....	2 ^{gr} 262 ⁽²⁾	Tamerna.....	4 ^{gr} 455
Oumach.....	3 212	Tougourt.....	4 052
Chegga.....	5 435	Temacin.....	4 185
Onrir.....	4 223	Bledet-Ahmar.....	3 834
Mraïer.....	4 201	Ouargla.....	2 318 ⁽³⁾
Ourlana.....	5 193		

Un coup d'œil sur le tableau ci-dessus permet de se rendre compte qu'il y aurait intérêt à trouver, pour l'alimentation des locomotives, une solution écartant complètement l'usage des eaux de l'Oued Rir'.

Dans cet ordre d'idées, plusieurs systèmes se présentent :

Le premier serait de procéder à l'épuration préalable des eaux artésiennes.

Le second consisterait à ne se servir que des eaux de Biskra et d'Ouargla.

D'abord celles-ci sont bien moins mauvaises que toutes les autres. Puis l'expérience de la Compagnie de l'Est algérien démontre qu'avec 2 gr. 3 de sels par litre, les eaux sont encore acceptables pour les chaudières. Ainsi, à El-Guerrah, où la plupart des locomotives renouvellent leur provision d'eau, l'analyse accuse presque 3 grammes par litre.

Un troisième système, préconisé par M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Pelle-

⁽¹⁾ Ajouté avant la publication.

⁽²⁾ D'après les analyses de M. Lahache (*Archives de médecine et de pharmacie militaires*, tome XIV, 1889). — Ville indique, pour les mêmes eaux, 2 gr. 1610.

⁽³⁾ D'après les analyses de M. Lahache (*Ibid.*) sur l'eau des puits non jaillissants d'Ouargla. — Chiffre différant peu, d'ailleurs, des moyennes indiquées ci-après pour Ouargla, au § 10 du chapitre II de la 3^e partie.

treau, aurait pour but de supprimer complètement l'emploi des eaux très chargées, en amenant à Biskra une partie du débit des sources de Droueu, oasis située à 17 kilomètres de distance dans l'Aurès. Ces sources ne contiennent, en effet, que 0 gr. 926 de sels par litre ⁽¹⁾.

I. ÉPURATION PRÉALABLE DES EAUX ARTÉSIENNES.

Les procédés d'épuration sont très nombreux, mais malheureusement peu susceptibles d'une application industrielle.

C'est aux chemins de fer du Nord que MM. Carcenat et Derennes ont organisé sur une grande échelle et avec un réel succès l'épuration préalable de l'eau destinée aux locomotives ⁽²⁾. Seulement leur système est basé sur l'emploi des grands réservoirs déjà existants dans les gares de la Compagnie; il nécessite, en outre, une dépense d'environ 30,000 francs pour frais de premier établissement des appareils spéciaux que comporte chaque installation.

D'autre part, aucune comparaison n'est possible, en ce qui concerne le poids des sels, entre les eaux du Nord de la France et celles du bassin artésien de l'Oued Rir'. Il faudrait donc entreprendre une série d'expériences avec ces dernières eaux avant de pouvoir mettre à l'étude l'application du système de MM. Carcenat et Derennes à la ligne ferrée de Biskra à Ouargla. D'autant plus qu'il s'agit, en l'espèce, d'un cas tout particulier où cette application serait forcément très coûteuse.

La même observation doit être formulée à l'égard des autres procédés mis en avant. Ainsi la *Revue de chimie industrielle* pour 1890 recommande l'usage de la baryte hydratée que l'on obtient aujourd'hui à bon compte pour la sucrerie, et qui précipite toutes les bases, chaux, magnésie, etc., en même temps que les acides sulfurique et carbonique.

Enfin il ne semble pas sans intérêt de signaler les expériences faites à Glasgow depuis trois ans avec un procédé consistant à émailler l'intérieur des chaudières, à l'effet d'empêcher toute corrosion et incrustation. L'*Engineering* ⁽³⁾ annonce dans un de ses récents numéros que les résultats obtenus sont fort satisfaisants et qu'une société s'est constituée pour exploiter les brevets.

Quoi qu'il en soit, et en l'état actuel de la question, il paraît absolument impossible d'établir une estimation, même approximative, de la dépense qu'entraînerait l'installation sur la ligne de Biskra à Ouargla d'un système quelconque d'épuration préalable des eaux. A plus forte raison, les données font défaut pour apprécier l'influence que le fonctionnement d'un pareil système exercerait sur les frais d'exploitation du chemin de fer.

II. EMPLOI EXCLUSIF DES EAUX DE BISKRA ET D'OUARGLA.

Cette solution n'est envisagée, d'une manière générale, que pour l'alimentation des locomotives. Les approvisionnements des gares, en eau, pour les besoins du personnel de l'exploitation et de la voie, seront, autant que possible, obtenus sur place.

Dans ces conditions, il importe de réduire au minimum le nombre des prises d'eau.

Il suffira d'en établir trois : à Biskra, à Tougourt et à Ouargla. Chacune d'elles comprendra deux réservoirs, de façon à pouvoir vider, nettoyer ou réparer l'un pendant que l'autre est en service.

En outre, deux prises de secours à un seul réservoir devront être installées : la première,

⁽¹⁾ Chiffre indiqué par M. Pelletreau. Ville n'indique même que 0 gr. 7028 pour la teneur en sels de l'Aïn Kebira de Droueu, d'après une analyse signée de Marigny.

⁽²⁾ *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, octobre 1890, pages 611-631.

⁽³⁾ *Engineering* du 20 mai 1892, page 622.

entre Biskra et Tougourt (à Ourir ou à Mraïer); la seconde, entre Tougourt et Ouargla (au poste à créer vers le 300^e kilomètre, entre El-Hadjira et Hoffrat-Chaouch).

Dans toutes les autres gares, on construira des citernes pour l'alimentation du personnel de l'exploitation et de la voie. Ces citernes recevront leur approvisionnement des oasis voisines, où l'on achètera des parts d'eau. Il n'y aura d'exception que pour les gares d'El-Hadjira, de Hoffrat-Chaouch et de Rouissat, ainsi que pour les deux postes intermédiaires, où il faudra soit forer des puits artésiens, soit apporter de l'eau d'Ouargla.

a. *Dépenses de premier établissement.*

L'ensemble des installations énumérées donnera lieu aux dépenses suivantes :

PRISES D'EAU PRINCIPALES.

1. <i>Biskra</i>	}	Réservoir double, canalisation, robinetterie.	10,000 ^f	} 24,000 fr.
		Machine élévatoire.	6,500	
		Achat d'eau (gare et ateliers)	2,500	
		Canalisation extérieure, destinée à amener l'eau aux réservoirs.	5,000	
2. <i>Tougourt</i>	}	Réservoir double, canalisation, robinetterie.	11,000	} 19,000
		Machine élévatoire.	6,500	
		Achat d'une part d'eau (réserve).	1,500	
3. <i>Ouargla</i>	}	Réservoir double, canalisation, robinetterie.	12,000	} 27,000
		Machine élévatoire.	7,000	
		Achat d'eau ⁽¹⁾ (gare et ateliers).	2,500	
		Canalisation extérieure, destinée à amener l'eau aux réservoirs.	5,500	

PRISES DE SECOURS.

Deux réservoirs avec canalisation et robinetterie, à 5,500 francs chacun.	11,000 ^f	} 25,000
Deux machines élévatoires à 7,000 francs l'une.	14,000	

CITERNES.

Six gares et quatre postes entre Biskra et Tougourt; Cinq gares et trois postes entre Tougourt et Ouargla; Au total :		
Dix-huit citernes avec accessoires à 3,000 francs l'une.	54,000 ^f	} 84,000
Douze parts d'eau ⁽²⁾ à 2,500 francs l'une.	30,000	
TOTAL GÉNÉRAL.	179,000	
Somme à valoir : 5 p. 100 environ.	9,000	
DÉPENSE TOTALE.	188,000	

b. *Influence sur les frais d'exploitation.*

En adoptant les dispositions exposées plus haut, on devra, pour assurer le fonctionnement régulier du service de la traction, remplir deux conditions essentielles, savoir :

1^o Étudier le matériel roulant de telle façon que chaque train puisse effectuer le trajet

⁽¹⁾ Ou bien forage d'un puits artésien avec accessoires.

⁽²⁾ L'une des gares entre Biskra et Tougourt sera alimentée par la prise de secours; trois gares et deux postes entre Tougourt et Ouargla recevront leurs approvisionnements d'Ouargla.

de 210 kilomètres entre Biskra et Tougourt (et *a fortiori* le trajet de 170 kilomètres entre Tougourt et Ouargla) sans avoir besoin de renouveler sa provision d'eau ;

2° Organiser un service spécial d'approvisionnement d'eau pour la gare de Tougourt et les deux prises de secours, ainsi que pour les trois gares et les deux postes entre Tougourt et Ouargla, situés en dehors de la ligne des dépressions.

Tenders et citernes, trains d'eau. — Avec des trains de 200 à 230 tonnes au maximum, remorqués sur une ligne dont le profil en long ne comporte presque pas de déclivités supérieures à 0,010 (3 p. 100 de la longueur totale), la consommation d'eau des locomotives ne dépassera en aucun cas 80 litres par kilomètre.

Il faudra donc que les trains puissent emporter les approvisionnements suivants :

$$\text{Pour le trajet } \left\{ \begin{array}{l} \text{de Biskra à Tougourt.} \quad 210 \times 0^{\text{m}^3} 080 = 16^{\text{m}^3} 800 \\ \text{de Tougourt à Ouargla.} \quad 170 \times 0^{\text{m}^3} 080 = 13^{\text{m}^3} 600 \end{array} \right.$$

La capacité des caisses à eau étant de 4 mètres cubes sur les grandes locomotives-tenders de la ligne des Ouled-Rahmoun à Aïn-Beïda, il y aura lieu de renoncer à l'emploi de celles-ci et de recourir au type américain des tenders supportés par deux bogies ou trucks articulés.

Ces tenders, dont la capacité pour la voie normale atteint jusqu'à 16 mètres cubes, tiendront facilement 10 mètres cubes d'eau avec la voie de 1 mètre. En y ajoutant 4 tonnes de combustible, cela donnera un poids total de 24 tonnes (10 tonnes de poids mort), soit 6 tonnes par essieu, ce qui constitue une charge très rationnelle.

Dès lors, il suffira de placer dans chaque train une seule citerne, également construite sur bogies, et présentant une capacité de 10 mètres cubes, avec un poids mort de 8 tonnes.

On s'assurera ainsi un approvisionnement de 20 mètres cubes d'eau par train, au départ de Biskra et d'Ouargla.

En ce qui concerne la prise de Tougourt, les deux prises de secours intermédiaires et les cinq citernes entre Bledet-Ahmar et Ouargla, il sera nécessaire d'effectuer régulièrement des trains d'eau pour les alimenter.

A Tougourt, chaque train se dirigeant sur Ouargla prendra :

$$13^{\text{m}^3} 600 - (20^{\text{m}^3} - 16^{\text{m}^3} 800) = 10^{\text{m}^3} 400, \text{ soit en comptant les pertes } - 11^{\text{m}^3}.$$

Chaque train se dirigeant sur Biskra prendra :

$$16^{\text{m}^3} 800 - (20^{\text{m}^3} - 13^{\text{m}^3} 600) = 10^{\text{m}^3} 400, \text{ soit en comptant les pertes } - 11^{\text{m}^3}.$$

L'un des deux réservoirs devant toujours être plein, la provision d'eau aura besoin d'être complétée tous les neuf jours par le transport à Tougourt de 100 mètres cubes⁽¹⁾.

Ces envois d'eau seront effectués de préférence par la gare d'Ouargla : d'abord parce que la distance à parcourir est moindre ; puis en raison des cinq citernes à approvisionner sur le trajet d'Ouargla à Tougourt.

En fixant à 2 mètres cubes la consommation journalière de chaque gare et poste, les cinq citernes devront fournir et, par conséquent, recevoir un volume total de 90 mètres cubes en neuf jours.

Quant aux prises de secours, il conviendra d'en prévoir le remplissage une fois par mois, soit 100 mètres cubes à transporter mensuellement de Biskra sur 105 kilomètres, et de Ouargla sur 85 kilomètres.

Le service spécial d'approvisionnement d'eau comprendra ainsi :

⁽¹⁾ Dans l'hypothèse d'un seul train par jour.

Tous les neuf jours	}	<i>D'Ouargla à Tougourt :</i>
		Deux trains composés chacun de sept citernes, 18 tonnes × 7 = 126 tonnes à remorquer.
		<i>De Biskra à Tougourt :</i>
Tous les quinze jours	}	Un train composé de cinq citernes, 18 tonnes × 5 = 90 tonnes à remorquer.
		<i>De Biskra à la prise de secours :</i>
		Un train composé de cinq citernes, 18 tonnes × 5 = 90 tonnes à remorquer.
	}	<i>D'Ouargla à la prise de secours :</i>
		Un train composé de cinq citernes, 18 tonnes × 5 = 90 tonnes à remorquer.

Il sera évidemment presque toujours possible de combiner les trains des deux catégories, dirigés dans le même sens, le poids total à remorquer (machine et tender non compris) pouvant sans inconvénient atteindre 180 tonnes.

Reste à savoir :

- 1° A combien s'élèvera la dépense supplémentaire résultant de cette organisation spéciale du service d'alimentation des machines;
- 2° Quelle sera l'économie réalisée dans l'entretien des locomotives, grâce à l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla.

Cette dernière solution n'aura, en effet, sa raison d'être qu'au cas où la dépense à consentir d'une part sera compensée et au delà par l'économie dont on bénéficiera d'autre part.

Dépense supplémentaire. — Dans les machines-tenders de la ligne des Ouled-Rahmoun à Aïn-Beïda, le poids mort afférent au tender proprement dit ne dépasse pas 4 tonnes.

Les tenders à bogies entraîneront donc une augmentation de poids mort de (10 ^t - 4 ^t).	6 tonnes.
Le poids mort d'une citerne est de	8
AUGMENTATION TOTALE du poids mort de chaque train	14

Les caisses à eau des machines-tenders présentent une capacité de 4 mètres cubes; avec les tenders à bogies et les citernes supplémentaires, le volume d'eau sera de 20 mètres cubes. D'où un accroissement de charge qui se chiffrera par 16 tonnes au départ, mais dont l'importance diminuera graduellement pendant la marche du train.

Direction Biskra-Ouargla.	}	Au départ de Biskra, charge supplémentaire	16 tonnes.
		A l'arrivée à Tougourt	3
		Au départ de Tougourt	10
		A l'arrivée à Ouargla	"
Direction Ouargla-Biskra.	}	Au départ d'Ouargla, charge supplémentaire	16
		A l'arrivée à Tougourt	6
		Au départ de Tougourt	13
		A l'arrivée à Biskra	"

Dans ces conditions, l'augmentation moyenne du poids à remorquer se calculera comme suit :

Trajet de Biskra à Tougourt.	}	Aller	$14^t + \frac{16^t - 3^t}{2} + 3^t = 23^t \frac{1}{2}$	} Moyenne,
		Retour	$14^t + \frac{13^t}{2} = 20^t \frac{1}{2}$		22 tonnes.
Trajet de Tougourt à Ouargla.	}	Aller	$14^t + \frac{10^t}{2} = 19^t$	} Moyenne,
		Retour	$14^t + \frac{16^t - 6^t}{2} + 6^t = 25^t$		22 tonnes.

La consommation de charbon par tonne kilométrique restera toujours au-dessous d'un maximum de 35 grammes. En admettant ce dernier chiffre, la consommation supplémentaire par kilomètre de train ressortira à :

$$22 \times 0 \text{ kilogr. } 035 = 0 \text{ kilogr. } 77.$$

Le prix du charbon à Biskra étant de 63 francs, la dépense correspondante sera de :

$$0,77 \times 0 \text{ fr. } 063 = 0 \text{ fr. } 049.$$

Le tonnage supplémentaire, afférent aux trains d'eau et réduit à la longueur totale de la ligne, sera par jour, en fixant à 55 tonnes le poids de la machine et du tender réunis :

$$\frac{2(126^t + 55^t) \times 170 + (90^t + 55^t) \times 210}{380 \times 9} + \frac{(90^t + 55^t) \times \frac{240}{9} + (90^t + 55^t) \times \frac{170}{2}}{380 \times 15} = 28^t + 5^t = 33 \text{ tonnes}^{(1)}.$$

D'où une consommation journalière de charbon, par kilomètre de train, s'élevant à :

$$33 \times 0 \text{ kilogr. } 035 = 1 \text{ kilogr. } 155,$$

et une dépense correspondante de :

$$1,155 \times 0 \text{ fr. } 063 = 0 \text{ fr. } 073.$$

L'augmentation totale de la dépense, résultant de l'organisation proposée pour le service d'alimentation des machines, sera donc, par kilomètre de train :

$$0 \text{ fr. } 049 + 0 \text{ fr. } 073 = 0 \text{ fr. } 122^{(2)}.$$

⁽¹⁾ Le retour du matériel à vide pourra, d'une manière générale, s'effectuer par les trains réguliers. En effet, le poids total de ceux-ci (machine et tender non compris) dépassera rarement 150 tonnes. On aura donc la faculté d'atteler à chacun de ces trains trois ou quatre citernes vides.

Or, dans l'estimation d'ensemble des frais d'exploitation, la consommation de charbon par kilomètre de machine est évaluée à 8 kilogr. 5, ce qui correspond à un tonnage total de $\frac{8,500}{35} = 243$ tonnes, soit de $243^t - 55^t = 188^t$, machine et tender déduits. Il n'y a donc pas lieu de faire entrer en ligne de compte une dépense supplémentaire de charbon pour le retour du matériel à vide.

Dans ces conditions, on pourrait même négliger la dépense supplémentaire de 0 fr. 049 par kilomètre de train, correspondant à l'augmentation de l'approvisionnement d'eau amené par chaque train. Mais d'abord le calcul de cette dépense est indispensable pour arriver à la comparaison des frais réels; ensuite les 0 fr. 049 en question, déjà compris dans le prix total adopté pour les trains chargés, serviront à couvrir la dépense de combustible des machines retournant à vide.

⁽²⁾ Il n'y a pas lieu de majorer ce chiffre pour les frais accessoires. Ceux-ci, en effet, seront compensés par la suppression des dépenses afférentes au fonctionnement de onze prises d'eau avec machines élévatoires.

Un simple calcul, basé sur l'estimation d'ensemble des frais d'exploitation, démontrera le bien fondé de cette dernière observation.

Le nombre total des kilomètres de machine qui seront effectués pour les trains d'eau (en supposant, ce qui sera évidemment le cas normal, qu'on ne mette pas en marche des trains spéciaux pour l'approvisionnement des prises de secours) ressortira à :

$(2 \times 170 \text{ kilomètres}) \times \frac{360}{9}$	13,600 kilomètres.
$(1 \times 210 \text{ kilomètres}) \times \frac{360}{9}$	8,400
TOTAL	22,000

Les dépenses correspondantes du service de la traction, en dehors du combustible, s'élèveront à :

Graissage ($22,000 \times 0 \text{ kilogr. } 021$ à 0 fr. 60)	277 ^f 20 ^c	} 26,565 ^f 20 ^c
Éclairage ($22,000 \text{ kilom. à } 0 \text{ fr. } 015$)	330 00	
Personnel. { 2 mécaniciens à 2,500 francs	5,000 00	
{ 2 chauffeurs à 1,800 francs	3,600 00	
Entretien des machines et des tenders ($22,000 \text{ kilom. à } 0 \text{ fr. } 376 \times 1 \frac{1}{2}$)	12,408 00	
Entretien des citernes ($22,000 \text{ kilom. à } 0 \text{ fr. } 15 \times 1 \frac{1}{2}$)	4,950 00	
A reporter	26,565 20	

Economie d'entretien. — Dans l'estimation générale des frais d'exploitation, l'entretien et la réparation des locomotives et tenders doivent être calculés au taux de 0 fr. 564 par kilomètre brut de machine, c'est-à-dire en augmentation de 50 p. 100 sur la moyenne de 0 fr. 376, à laquelle arrive actuellement la Compagnie de l'Est algérien.

Cette majoration a pour but de tenir compte : de l'action des sables sur les organes moteurs; des sujétions résultant du climat pour les travaux d'atelier dans le Sud; enfin de la mauvaise qualité des eaux d'alimentation.

Les réparations qui dépendent directement de cette dernière cause se résument à la Compagnie de l'Est algérien de la façon suivante :

Raboutissage (après 40,000 kilomètres de parcours).....	4,600 fr.
Grand entretien, pose d'entretoises, redressement du foyer (après 120,000 kilomètres).....	4,500
Remplacement du foyer, de la boîte à feu, grosse réparation (après 250,000 kilomètres).....	<u>13,250</u>
TOTAL.....	<u>22,350</u>

Le cycle des machines est donc de 250,000 kilomètres à l'heure actuelle. On espère le porter à 300,000 kilomètres en appliquant aux chaudières les dispositions indiquées par M. Robert, ingénieur du matériel et de la traction aux lignes algériennes de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée⁽¹⁾.

En se basant sur le chiffre de 250,000 kilomètres, la dépense moyenne par kilomètre de machine ressort à 0 fr. 089.

Or les eaux d'alimentation sur le réseau de la Compagnie de l'Est algérien accusent en moyenne 1 gr. 10 de sels par litre.

Dans l'hypothèse de prises d'eau alimentées sur place, le long du tracé, la quantité de sels sur le Biskra-Ouargla oscillera autour d'une moyenne approchant de 4 gr. 4 par litre.

Avec de pareilles données, la dépense d'entretien, directement déterminée par la qualité des eaux, sera au moins de :

$$0 \text{ fr. } 089 \times 4 = 0 \text{ fr. } 356 \text{ par kilomètre de machine.}$$

Les eaux de Biskra et d'Ouargla contiennent, en moyenne :

$$\frac{2 \text{ gr. } 262 + 2 \text{ gr. } 318}{2} = 2 \text{ gr. } 29 \text{ de sels par litre.}$$

Report..... 26,565^f 20^c

Et il y a lieu de faire observer :

1° Que l'application à l'entretien des citernes du prix moyen adopté pour l'entretien des voitures et des wagons constitue évidemment une évaluation exagérée;

2° Que l'entretien des machines et tenders s'effectuera, en fin de compte, à un prix inférieur, en raison de l'économie que permettra de réaliser l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla.

En conséquence, il suffira de compter pour le retour des machines et du matériel à vide :

Graissage.....	277 ^f 20 ^c	} 8,048 70
Éclairage.....	330 00	
Entretien des machines et tenders $\frac{12,408 \text{ fr.}}{2}$	6,204 00	
Entretien des citernes $\frac{4,950 \text{ fr.}}{4}$	1,237 50	
TOTAL GÉNÉRAL.....	<u>34,613 90</u>	

Or la suppression de onze prises d'eau produira une économie de $11 \times 3,000 \text{ fr.} = 33,000 \text{ fr.}$

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, octobre 1891, pages 145-157.

Le coût de l'entretien correspondant s'élèvera dès lors à :

$$\frac{0 \text{ fr. } 356 \times 2 \text{ gr. } 29}{4,4} = 0 \text{ fr. } 185,$$

et l'économie par kilomètre brut de machine ressortira à :

$$0 \text{ fr. } 356 - 0 \text{ fr. } 185 = 0 \text{ fr. } 171.$$

L'économie sera un peu plus forte si on la calcule par kilomètre de train; mais il semble inutile de faire entrer cette différence en ligne de compte.

Conclusion. — Il résulte de ce qui précède qu'en regard d'une augmentation de dépenses de 0 fr. 122 se trouvera en tout cas une diminution de frais de 0 fr. 171, d'où une économie définitive de 0 fr. 049 par kilomètre de train.

III. EMPLOI DES EAUX DE L'OASIS DE DROUEU.

a. Dépenses de premier établissement.

M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Pelletreau évalue à 250,000 francs la dépense de premier établissement de la conduite de 17 kilomètres qui amènerait les eaux de Droueu à la gare de Biskra.

Ce chiffre comprend l'indemnité d'expropriation pour les eaux et les frais d'un bassin récepteur à Biskra.

En présence de cette situation, on pourra supprimer, en ce qui concerne les installations prévues dans l'hypothèse de l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla :

Achat d'eau et canalisation extérieure de Biskra.....	7,500 fr.
Canalisation extérieure d'Ouargla.....	5,500
TOTAL.....	<u>13,000</u>

Cela réduira de 188,000 francs à 175,000 francs le coût des installations à établir le long de la ligne.

La dépense totale de construction sera donc finalement de :

$$250,000 \text{ fr.} + 175,000 \text{ fr.} = 425,000 \text{ fr.}$$

b. Influence sur les frais d'exploitation.

En ce qui concerne l'accroissement des frais de traction qu'entraîneront les transports d'eau, on peut l'évaluer facilement en prenant comme point de départ les calculs déjà présentés à ce sujet pour le cas de l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla.

Dépense supplémentaire. — L'approvisionnement des trains ne subissant aucune modification, la dépense supplémentaire, pour le surplus de tonnage à remorquer, se maintiendra à 0 fr. 049 par kilomètre de train.

Par contre, le service spécial des trains d'eau se développera considérablement, puisque la gare d'Ouargla devra recevoir ses approvisionnements de Biskra.

Tous les deux jours, les réservoirs d'Ouargla auront à fournir 14 mètres cubes au train se dirigeant vers Biskra. Ils seront, en outre, appelés à desservir la gare et le petit atelier, ce qui déterminera bien encore une consommation journalière de 10 mètres cubes.

L'un des réservoirs étant supposé rempli en permanence, il faudra transporter 100 mètres cubes d'eau à Ouargla tous les six jours.

D'autre part, la gare de Tougourt, les prises de secours et les cinq citernes entre Tougourt et Ouargla, où l'eau fait défaut, devront également tirer leurs approvisionnements de la gare de Biskra.

On arrive, dans ces conditions, à un service très chargé, savoir :

Tous les six jours.....	}	<i>De Biskra à Ouargla :</i>
		Un train composé de dix citernes, 18 tonnes × 10 = 180 tonnes à remorquer.
Tous les neuf jours.....	}	<i>De Biskra à Tougourt ⁽¹⁾ :</i>
		Un train composé de dix citernes, 18 tonnes × 10 = 180 tonnes à remorquer.
Tous les quinze jours.....	}	<i>De Biskra aux citernes entre Tougourt et Ouargla (distance moyenne, 300 kilomètres) :</i>
		Un train composé de neuf citernes, 18 tonnes × 9 = 162 tonnes à remorquer.
Tous les quinze jours.....	}	<i>De Biskra aux prises de secours :</i>
		Un train composé de cinq citernes (distance, 105 kilomètres), 18 tonnes × 5 = 90 tonnes à remorquer.
		Un train composé de cinq citernes (distance, 295 kilomètres), 18 tonnes × 5 = 90 tonnes à remorquer.

Le tonnage supplémentaire, afférent aux trains d'eau et réduit à la longueur totale de la ligne, sera donc par jour, en fixant toujours à 55 tonnes le poids de la machine et du tender réunis :

$$\frac{180' + 55'}{6} + \frac{(180' + 55') \times 210}{380 \times 6} + \frac{(162' + 55') \times 300}{380 \times 9} + \frac{(90' + 55') \times 105}{380 \times 15} + \frac{(90' + 55') \times 295}{380 \times 15} = 91 \text{ tonnes.}$$

A ce tonnage correspond une consommation journalière de charbon de :

$$91 \times 0 \text{ kilogr. } 035 = 3 \text{ kilogr. } 185 \text{ par kilomètre de train,}$$

et une dépense de :

$$3,185 \times 0 \text{ fr. } 063 = 0 \text{ fr. } 201.$$

En ajoutant les frais supplémentaires pour la remorque des trains, soit 0 fr. 049, l'augmentation totale par kilomètre de train atteindra 0 fr. 25.

Économie d'entretien. — M. Pelletreau, dans son projet, admet 0 gr. 926 comme teneur en sels par litre des eaux de Droueu.

Nous voyons, dès lors, que l'économie réalisée par ce projet, sur le chapitre des dépenses d'entretien des machines, s'élèverait pour le moins à :

$$0 \text{ fr. } 356 - 0 \text{ fr. } 089 \times \frac{0,926}{1,1} = 0 \text{ fr. } 356 - 0 \text{ fr. } 075 = 0 \text{ fr. } 281.$$

⁽¹⁾ En réduisant au minimum les approvisionnements d'eau à transporter à Ouargla, la prise de Tougourt aura à fournir des cubes plus considérables, soit tous les deux jours :

Au train se dirigeant	{	vers Ouargla.....	11 m. cub.
		vers Biskra.....	17
		TOTAL.....	28

Soit 33 mètres cubes avec la consommation de la gare.

D'où, finalement, une économie définitive de 0 fr. 031 par kilomètre de train. Cependant l'économie sera en réalité illusoire : car ici les frais accessoires de la traction ne pourront plus être compensés par la suppression des dépenses afférentes au fonctionnement des onze prises d'eau⁽¹⁾.

En effet, avec la présente combinaison, le nombre des kilomètres de machine supplémentaires à effectuer est bien supérieur à celui trouvé dans l'hypothèse de l'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla.

Voici le calcul correspondant, en supposant toujours que l'approvisionnement des prises de secours ne donnera pas lieu à des trains spéciaux⁽²⁾ :

380 kilomètres $\times \frac{360}{6}$	22,800 kilom.
210 kilomètres $\times \frac{360}{6}$	12,600
300 kilomètres $\times \frac{360}{9}$	12,000
TOTAL.....	<u>47,400</u>

Les dépenses de traction seront dès lors :

Graissage (47,400 \times 0 kilogr. 021 à 0 fr. 60).....	597 ^f 24 ^c	} 51,606 ^f 84 ^c
Éclairage (47,400 kilom. à 0 fr. 015).....	711 00	
Personnel { 3 mécaniciens à 2,500 francs.....	7,500 00	
{ 3 chauffeurs à 1,800 francs.....	5,400 00	
Entretien des machines et des tenders (47,400 kilom. à 0 fr. 375 \times 1 1/2).....	26,733 60	
Entretien des citernes (47,400 kilom. à 0 fr. 15 \times 1 1/2).....	10,665 00	

A ajouter pour le retour des machines et du matériel à vide :

Graissage.....	597 ^f 24 ^c	} 17,341 29
Éclairage.....	711 00	
Entretien des machines et des tenders $\frac{26,733 \text{ fr. } 60}{2}$	13,366 80	
Entretien des citernes $\frac{10,665 \text{ fr.}}{4}$	2,666 25	
TOTAL GÉNÉRAL.....	<u>68,948 13</u>	
Or la suppression des onze prises d'eau ne donne qu'une économie de.....	33,000 00	
RESTE donc un déficit de.....	<u>35,948 13</u>	

En répartissant ce déficit sur le nombre total des kilomètres de machine effectués par an, on trouve une majoration pour les frais d'entretien qui atteint :

$$\frac{35,948 \text{ fr. } 13}{153,300 + (47,400 \times 2)} = 0 \text{ fr. } 145 \text{ par kilomètre de machine.}$$

Conclusion. — On constate donc, en définitive, que l'économie se change en perte, par suite de l'augmentation très considérable des parcours.

Cette perte sera de :

$$0 \text{ fr. } 145 - 0 \text{ fr. } 031 = 0,114 \text{ par kilomètre de train.}$$

⁽¹⁾ Cf. la note 2 de la page 150.

⁽²⁾ Cf. *Ibid.*

IV. CONCLUSIONS.

En résumé — et en faisant abstraction des procédés d'épuration préalable des eaux, sur lesquels les données manquent — voici le tableau comparatif des dépenses de construction et des variations dans les frais d'exploitation, pour les trois systèmes en présence :

DÉSIGNATION.	14 PRISES D'EAU échelonnées DE BISKRA À OUARGLA.	EMPLOI EXCLUSIF DES EAUX DE BISKRA ET D'OUARGLA.	EMPLOI DES EAUX de L'OASIS DE DROUEN.
Dépenses de construction.....	375,000 ^f	188,000 ^f	425,000 ^f
Variations dans les frais d'entretien des machines (par kilomètre de train).....	"	Économie de 0 ^f 049.	Perte de 0 ^f 114.

L'emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla constitue donc le système le plus avantageux, tant sous le rapport de la dépense de construction qu'en ce qui regarde les frais d'entretien des machines.

Il se recommande, en outre, par cette considération qu'il ne préjuge en aucune manière la question de l'épuration préalable des eaux artésiennes. En effet, si ce problème devait recevoir, à un moment donné, une solution pratique, on pourrait appliquer celle-ci sans qu'une seule des installations déjà établies devînt inutile.

Telle ne serait pas la situation au cas où les eaux de l'oasis de Drouen eussent été amenées à Biskra. La conduite de 17 kilomètres perdrait alors la plus grande partie de sa valeur.

En conséquence, il y a lieu d'adopter, pour l'alimentation des machines locomotives de la ligne de Biskra à Ouargla, l'usage exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla, dans les conditions exposées par la présente étude.

CHAPITRE II.

ÉTUDE D'ENSEMBLE SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES DU BAS SAHARA.

Dans le chapitre précédent, j'ai présenté l'analyse détaillée et méthodique des faits observés concernant les puits artésiens, les sources naturelles et, d'une manière générale, les eaux souterraines des régions d'Ouargla, de l'Oued Rir', du Zab et des régions avoisinantes. Il me reste à tirer la synthèse de ces éléments descriptifs, tant au point de vue scientifique que sous le rapport pratique, et à fournir une étude d'ensemble sur le régime des eaux artésiennes du bas Sahara.

Tout en continuant à m'attacher spécialement aux régions qui s'étendent du Zab à Ouargla et qui sont, d'ailleurs, les plus importantes du bas Sahara algérien, je compléterai les indications précédentes par un aperçu sur les autres régions artésiennes du bassin dont il s'agit, et, en particulier, sur celles du bas Sahara tunisien. Je m'efforcerai, en outre, de résoudre, d'après les connaissances acquises, les questions intéressant l'avenir des régions spécialement désignées à notre examen. Enfin j'ai réservé pour ce second chapitre certains sujets qui m'ont semblé mieux y trouver leur place.

Deux grandes divisions peuvent, tout d'abord, être faites parmi les gisements artésiens de principale importance dans le bas Sahara : les *sources naturelles* de la lisière Nord du bassin et les *artères artésiennes* de l'intérieur.

Au point de vue de l'alimentation, il est logique de commencer par le Nord, et de s'occuper, en premier lieu, des sources de la lisière septentrionale du bas Sahara.

Dans un premier paragraphe, je résumerai brièvement ce que j'ai développé plus haut relativement aux sources naturelles et aux eaux souterraines du Zab et de la lisière Nord du bas Sahara algérien. Puis je traiterai, dans un second paragraphe, une des questions les plus controversées à propos de la région du Zab, celle des sondages de recherche à y entreprendre.

Je passerai ensuite, dans un troisième paragraphe, au Sahara tunisien, dont j'essayerai d'esquisser à grands traits le régime hydrologique. A vrai dire, les sources des oasis tunisiennes ne se trouvent plus, sauf pour Gafsa, situées à la lisière Nord du bas Sahara, mais déjà dans l'intérieur; toutefois elles ont, en général⁽¹⁾, plus d'analogie avec les sources du Zab qu'avec les artères artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla.

Je m'occuperai, en second lieu, des artères artésiennes et des eaux souterraines de l'intérieur du bassin du bas Sahara.

L'Oued Rir', sa rivière souterraine, ses behour et ses chria, ses puits arté-

⁽¹⁾ Sauf au Nefzaoua.

siens, etc., feront l'objet d'un quatrième paragraphe. A la suite, dans un cinquième paragraphe, je discuterai une question souvent posée et digne de toute notre attention, celle de la limite du nombre des sondages artésiens à entreprendre encore dans les diverses parties de la région de l'Oued Rir'.

L'artère artésienne de la région d'Ouargla fera l'objet d'un sixième paragraphe.

Dans un septième, je parlerai de la nappe ascendante générale de la région du Souf.

Puis, dans un huitième, je passerai en revue les autres régions du bas Sahara et montrerai la diffusion générale des eaux artésiennes dans cet immense bassin.

Un neuvième paragraphe sera consacré à une étude aussi complète que possible sur les divers modes d'alimentation du bassin artésien du bas Sahara en eaux souterraines : alimentation par les eaux météoriques (pluies et oueds) et alimentation par des eaux déjà souterraines (sources de la lisière Nord et sources supposées sous les atterrissements de l'intérieur du bassin).

Dans un dixième paragraphe, j'examinerai ce que peut offrir d'intéressant la composition chimique des eaux, fluviales et souterraines, du bas Sahara.

Dans un onzième et dernier, j'apprécierai succinctement les observations faites sur la température des eaux artésiennes du bas Sahara, et je chercherai les conclusions qu'on pourrait en tirer relativement à l'accroissement de température du sol en profondeur sous ces latitudes.

§ 1. SOURCES NATURELLES DE LA LISIÈRE NORD DU BAS SAHARA.

ZAB (BAS SAHARA ALGÉRIEN).

Le régime des sources du Zab est fort net et fort instructif pour l'étude du bassin artésien du bas Sahara. Il s'agit là de sources naturelles dont les eaux artésiennes sortent toutes indubitablement des terrains crétacés (et suessoniens) le long du pied méridional de l'Atlas, et qui prouvent l'existence de nappes abondantes au sein de ces terrains.

Résumons brièvement ici ce que nous avons déjà exposé dans le chapitre précédent relativement à l'hydrologie de cette région du Zab.

C'est dans le Zab occidental et le Zab central qu'émergent les principales sources. Elles se succèdent le long de la lisière Nord de la plaine saharienne (parfois au bord même des derniers reliefs de la montagne), sur une longueur totale de plus de 80 kilomètres, de part et d'autre de Biskra, et à des altitudes de 82 mètres à 172 mètres au-dessus de la mer. Le Zab occidental compte 43 sources ou groupes de sources principales, formant une série qui se suit vers l'Ouest-Sud-Ouest de Biskra jusqu'à El-Amri et Doucen; le Zab central compte 7 sources ou groupes de sources principales, formant une série qui se suit depuis les environs de Biskra vers l'Est jusqu'à Sidi-Khelil et Droueu.

Les eaux de ces sources sont tièdes ou légèrement thermales, avec des tem-

pératures de 19 à 30 degrés, atteignant même 34°,5 à l'un des groupes de sources du Zab central. Ces eaux sont douces et potables, bien que légèrement salines, leur teneur en sels anhydres variant de 0 gr. 8 à 3 gr. 2 par kilogramme d'eau.

Une seule source fait exception : c'est la Fontaine chaude de Biskra, à 3 kilomètres au Nord-Ouest de la ville, source thermale sulfureuse, à 45 degrés.

La plupart des sources du Zab occidental et central sont volumineuses et jaillissent en bouillonnant (souvent avec émissions gazeuses). Leur débit total est d'environ 170,000 litres par minute, soit 2 m. cub. 8 par seconde. Certaines donnent lieu, comme j'ai dit, à de véritables rivières, que l'on voit ainsi sortir brusquement du sol à la lisière Nord du bas Sahara : j'ai signalé, en particulier, les sources de l'Oued Mili, qui, réunies, ne débitent pas moins de 42,000 litres par minute.

Les points d'émergence de cette remarquable série de sources se succèdent à proximité de la ligne de contact des terrains crétacés (et suessoniens) qui constituent les massifs montagneux, au Nord, et des formations pliocènes (fluvio-lacustres) qui constituent, au Sud, la plaine du Sahara ou son sous-sol.

Toutes les sources en question sont alimentées par des nappes artésiennes qui circulent au sein des massifs crétacés⁽¹⁾ du Nord, et qui viennent jaillir à leur pied méridional, au bord du Sahara. Les unes jaillissent directement des calcaires crétacés⁽¹⁾, lesquels sont visibles à leurs griffons. Les autres, plus nombreuses, correspondent plus ou moins directement à des sources également crétacées⁽¹⁾, mais masquées par une certaine épaisseur d'atterrissements (pliocènes ou quaternaires) : les eaux de ces dernières passent ainsi des terrains crétacés⁽¹⁾, d'où elles proviennent, dans les atterrissements superposés, au travers desquels elles effectuent un certain parcours, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal, avant d'émerger à la surface.

Dans le Zab occidental, nous avons distingué deux premiers types de sources, savoir d'abord les sources dont les griffons crétacés⁽²⁾ apparaissent au jour, et ensuite celles dont les griffons crétacés sont situés à très peu de profondeur sous la surface d'atterrissement : leurs températures diffèrent assez peu, et se tiennent généralement entre 23 et 25 degrés, sans dépasser 27°,4. D'autre part, nous avons classé dans un troisième type les sources dont les eaux, tout en étant fournies par des sources semblables aux précédentes, ont effectué un parcours plus ou moins long, à peu de profondeur sous la surface d'atterrissement, avant d'émerger, et se sont, en conséquence, plus ou moins refroidies : leurs températures ne sont plus que de 19 à 22 degrés.

Par contre, quand les eaux artésiennes de provenance crétacée⁽¹⁾ ont eu à traverser, dans le sens vertical, avant d'émerger, une épaisseur notable de terrains superposés⁽²⁾, la température des sources correspondantes de la surface

⁽¹⁾ Crétacés par abréviation (même observation que ci-dessus, page 119).

⁽²⁾ Terrains fluvio-lacustres, dits aussi pliocènes d'eau douce, ou d'atterrissement ancien.

croît naturellement avec la profondeur d'où elles remontent, et elle devient plus élevée que si les nappes crétacées qui les alimentent (toutes choses égales d'ailleurs quant aux dispositifs hydrologiques des massifs crétacés) circulaient moins profondément sous la surface extérieure du sol. Ainsi s'explique, selon moi, dans le Zab central, la thermalité supérieure des sources de Chetma, laquelle atteint $34^{\circ},5$; car ces sources émergent à une assez grande distance des massifs crétacés du Nord et doivent correspondre elles-mêmes à des sortes de sources souterraines, passant du Crétacé dans le Pliocène à de notables profondeurs.

En outre, il n'est pas douteux que la série des sources que l'on connaît et que l'on voit émerger le long de la lisière Nord du Zab occidental et du Zab central ne sont pas les seules. Il doit exister beaucoup d'autres sources semblables, mais souterraines, le long de la même zone, et probablement aussi dans les parties du Zab situées plus au Sud : sources dont les eaux artésiennes jaillissent également des terrains crétacés sous-jacents, par les affleurements ou les fractures de ces terrains, mais n'arrivent pas à remonter jusqu'à la surface au travers des atterrissements pliocènes superposés et s'épanchent dans les divers niveaux perméables qu'elles rencontrent.

D'une manière générale, les phénomènes d'infiltration ont une grande importance dans tout le Zab occidental, ainsi que dans une partie, tout au moins, du Zab central. Ils se produisent tant à la surface, aux dépens des sources visibles dont les eaux retournent en majeure partie dans le sous-sol, qu'en profondeur, aux dépens des sources souterraines, dont les eaux s'épanchent au sein des atterrissements.

Les atterrissements⁽¹⁾ du Zab occidental renferment donc, à leurs niveaux perméables (quand ils en possèdent), des nappes artésiennes, et celles-ci, en raison du plongement général de la formation vers le Sud-Est, s'écoulent dans cette direction, c'est-à-dire du Zab Dahri vers le Zab Guebli. Ce ne sont pas de grandes nappes, continues et étendues en direction, à l'existence desquelles l'allure irrégulière de la formation et la prédominance des couches imperméables ne se prêteraient généralement pas. Je crois plutôt que les eaux souterraines du Zab Guebli tendent à se rassembler suivant certains thalwegs et suivant certaines zones relativement perméables, de manière à former des sortes d'artères ou de rivières artésiennes, fort capricieuses, étagées et s'approfondissant vers le Sud-Est, avec fortes pertes de charge dans leur écoulement, et, par suite, avec pressions médiocres. Cette hypothèse de rivières souterraines, descendant vers le Sud-Est du Zab occidental, et aussi vers le Sud du Zab central, semble confirmée par la présence de sources volumineuses, à 8 kilomètres au Sud de Biskra, dans le lit de l'Oued Biskra, au point dit Rousel-Aïoun.

⁽¹⁾ Même observation qu'à la note 1 de la page 113.

Pour ce qui est de l'origine des eaux artésiennes du Zab occidental et central, je répéterai une dernière fois que c'est incontestablement et intégralement dans le Nord qu'il faut la placer. Les belles sources que l'on voit émerger au jour dans ces régions, les sources souterraines qui les y accompagnent sans aucun doute, les nappes et les rivières artésiennes qui doivent en résulter dans les atterrissements, et même la majeure partie de la nappe ascendante supérieure qui règne d'une manière générale sous la surface du sol, sont alimentées par les nappes artésiennes des terrains crétacés (et suessoniens) : nappes alimentées elles-mêmes par les pluies et les neiges qui tombent sur les montagnes du Nord, principalement sur le massif élevé et fort important de l'Aurès, au Nord-Est.

On comprend, d'ailleurs, que les nappes artésiennes qui circulent au sein des terrains crétacés de l'Atlas et y descendent souterrainement vers le Sud soient amenées à jaillir, partiellement du moins, à la lisière Nord du bas Sahara.

La lisière Nord du bas Sahara se trouve, en effet, à la limite des massifs montagneux de l'Atlas, où les terrains crétacés (et suessoniens) sont fortement soulevés et plissés, et de la plaine saharienne, sous laquelle les couches crétacées se poursuivent, mais avec des ploiements sans doute de plus en plus faibles (pl. X, fig. 2). Nous avons vu ⁽¹⁾ que le long de cette zone limite, il y avait eu, pendant le Pliocène et le Quaternaire, des séries de mouvements relatifs et de dislocations : d'où, en maintes parties de la zone considérée, des réseaux de fractures et de failles au travers des terrains crétacés qui règnent en profondeur sous les atterrissements anciens (pl. XI, fig. 3 et 3 bis; pl. XXV, fig. 4).

De plus, j'ai retracé ⁽²⁾ l'histoire des grandes dénudations qui avaient prélué aux dépôts successifs des atterrissements sahariens : le long de la lisière Nord de la plaine saharienne, en particulier, les massifs crétacés ont été fortement entaillés par les érosions, et la série de leurs couches présente souvent de nombreux affleurements tant à la surface que sous les atterrissements.

Les affleurements et les fractures qui interrompent ainsi la continuité des couches crétacées, sinon tout le long, du moins suivant de nombreuses sections de la lisière Nord du bas Sahara, doivent naturellement, dans certains cas, livrer issue aux nappes artésiennes qui descendent du Nord sous pression. Alors la zone limite de l'Atlas et du bas Sahara se trouve être une zone de sources, émergeant au jour ou jaillissant sous les atterrissements.

A vrai dire, il ne s'agit là que d'indications d'un caractère assez vague, et la conclusion qui précède ne s'applique qu'à des parties relativement restreintes de la lisière Nord du bas Sahara. Une première raison en est que les nappes crétacées se répartissent fort inégalement et s'écoulent de préférence suivant certains axes synclinaux et certaines séries de fractures transversales. Une seconde est que les nappes en question ne rencontrent pas toujours au pied des

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 5, I; chapitre II, § 3, II, etc.

⁽²⁾ *Ibid.*, 2^e partie, chapitre II, § 1, I; § 3, I, etc.

massifs crétacés les conditions favorables à leur émergence : elles poursuivent alors, en tout ou en partie, vers le Sud, sous les atterrissements, pour aller sans doute jaillir souterrainement, au loin, dans l'intérieur du bassin.

En ce qui concerne la lisière Nord du bas Sahara algérien, c'est le Zab occidental qui se fait principalement remarquer par le nombre et par l'importance de ses sources. On s'étonnera peut-être de ce que cette région ne soit pas située droit au pied Sud du principal massif d'alimentation, c'est-à-dire de la partie centrale de l'Aurès, mais en soit écartée vers l'Ouest et ne se trouve qu'au pied des contreforts latéraux qui s'y rattachent. Il faut admettre cependant qu'elle est spécialement bien disposée pour que les nappes aquifères qui descendent de l'Aurès vers le Sud viennent y jaillir — soit que les nappes crétacées tendent, en effet, à descendre de ce côté, en vertu de plongements, ou de thalwegs souterrains, ou de lignes de fractures dans les formations où elles circulent — soit qu'elles émergent là plus facilement à la surface, grâce aux affleurements et aux fractures ou aux failles des terrains crétacés dans la partie considérée de la bordure saharienne.

A l'Est, les sources du Zab central, malgré l'importance de quelques-unes, forment déjà une série plus clairsemée. Plus à l'Est, les sources font défaut, ou à peu près, au Nord du Zab oriental et à la surface de la grande plaine du Melrir.

Il faut poursuivre dans cette direction jusqu'auprès de la frontière tunisienne pour retrouver au pied de l'Atlas, dans les régions de Ferkane et de Négrine, des sources dignes de ce nom (sources thermales). Puis, au delà vers l'Est, dans le Sahara tunisien, ce sont les grandes régions de sources du Djérid, de Gafsa, du Nefzaoua, de l'Aarad, dont je vais parler plus loin.

§ 2. QUESTION DES SONDAGES DE RECHERCHE DANS LE ZAB.

Montrer les moyens de mieux utiliser les eaux artésiennes des sources existantes du Zab serait sans doute plus pratique ou, du moins, d'une utilité plus immédiate que de rechercher comment faire jaillir des eaux nouvelles du sous-sol, dans cette partie du Sahara. Mais cela m'entraînerait au delà des limites du présent ouvrage; car les solutions à proposer varient suivant les localités, dans les descriptions de détail desquelles il faudrait entrer. Les indications données au chapitre précédent suffisent, d'ailleurs, pour se rendre compte des conditions générales du problème à résoudre, suivant les cas. Je ne m'y arrêterai donc pas — sauf cependant pour Biskra qui mérite une attention spéciale, en sa qualité de capitale des Zibans.

Comme étude hydrologique, et en vue de l'avenir, je crois plus instructif et plus nécessaire de revenir ici sur la question délicate de nouveaux sondages de recherche : question souvent agitée, mais, en réalité, assez mal connue.

Remarquons toutefois, avant d'entrer en matière, que cette question n'a guère

d'intérêt dans les régions qui ont une nappe ascendante à fleur de sol, telles que maintes parties du Zab Guebli, où les palmiers plongent naturellement leur pied dans l'eau. Elle n'en a guère davantage dans les régions telles que celles d'El-Amri et de Foughala, où il existe à peu de profondeur des nappes ascendantes et abondantes, qu'il est facile d'atteindre soit au moyen de simples puits creusés à la main, soit à l'aide de petits trous de sonde, et dont le niveau hydrostatique se trouve en contre-haut de certaines parties voisines de la surface, vers lesquelles on peut leur ménager un écoulement naturel par des tranchées latérales⁽¹⁾. L'éventualité de sondages profonds ne saurait se poser que là où l'on manque réellement d'eau à la surface ou près de la surface.

Cette réserve faite, occupons-nous successivement du Zab occidental, du Zab central et du Zab oriental, au point de vue des sondages à y entreprendre.

I. ZAB OCCIDENTAL.

1° *Zab Dahri* (partie Nord du Zab occidental). — Le Zab Dahri est essentiellement, d'après ce qui précède, une région de sources crétacées, les unes émergeant à la surface, les autres masquées et jaillissant sous les atterrissements (sans doute à des profondeurs peu importantes). Malgré les relations d'ordres stratigraphique et mécanique (lignes d'affleurements, lignes de fractures, etc.) qui existent certainement entre les griffons de telle ou telle série, ces griffons, vers lesquels affluent les eaux artésiennes des nappes crétacées, sont eux-mêmes plus ou moins distincts; de même, les rivières souterraines ou les réseaux artésiens plus complexes qui en dérivent au sein des atterrissements. Quant aux nappes proprement dites, avec répartition d'eaux artésiennes au sein des couches perméables des atterrissements, il en existe assurément sous le Zab Dahri; mais, là même où il y en a, je présume qu'en général, elles ont peu d'étendue, peu de volume et peu de pression dans la région considérée.

Dans ces conditions, on peut admettre, il est vrai, que les sondages ont chance de rencontrer un peu partout des eaux artésiennes dans le Zab Dahri (sauf cependant dans certaines parties situées à l'extrême limite Nord de la région, où il n'y a aucune source en amont-pendage, et sauf également du côté occidental du Zab Dahri, où les sources se font beaucoup plus rares). Mais ce ne serait le plus souvent que des eaux ascendantes, ou, quand parfois elles seraient jaillissantes, ne donnant que de faibles débits.

Pour obtenir des puits jaillissants à grand débit, comme les puits de l'Oued Rir', il faudrait tomber sur des sources souterraines, sur des griffons, ou des cheminées, ou des canaux artésiens — comme il en existe évidemment beaucoup dans le sous-sol du Zab Dahri, mais, pour ainsi dire, en des points et suivant des lignes isolées, ou, du moins, dans des rayons restreints autour des

⁽¹⁾ Ainsi qu'il a été fait à El-Amri. — Voir ci-dessus chapitre I, § 5, I.

sources. — Les gisements aquifères, dotés de volume et de pression, se trouvant ainsi localisés, les recherches faites pour les atteindre seront forcément aléatoires.

L'aléa serait, d'ailleurs, diminué par une étude préliminaire de la région. On pourrait, d'après l'emplacement des sources connues, d'après la considération des lignes d'affleurement ou de fracture des terrains crétacés sous-jacents, d'après les indications stratigraphiques des chaînes crétacées de la lisière Nord du Zab occidental, arriver à prévoir, dans certains cas tout au moins, où l'existence d'autres sources souterraines est la plus probable.

Néanmoins les sondages de recherche dans le Zab Dahri resteront aléatoires (surtout du côté occidental). Les uns ne donneront rien ou peu; mais d'autres, çà et là, pourront donner de beaux débits, et à peu de profondeur.

Ces pronostics peu encourageants, que j'avais déjà publiés en 1889 à peu près dans les mêmes termes⁽¹⁾, sont loin d'être infirmés par les résultats plus que médiocres ou même négatifs des sondages entrepris à Foughala (200 mètres) et à Doucen (140 mètres et 115 mètres) en 1890 et 1892, et cela malgré les profondeurs de ceux-ci⁽²⁾. Les insuccès de Doucen, en particulier, ont lieu de faire réfléchir: car cette localité, avec ses sources et son grand bahr, semblait vraiment présenter des conditions favorables aux recherches artésiennes. Il est vrai que ce sont là des indices isolés et relatifs seulement à la partie occidentale du Zab Dahri; mais les raisons générales que je viens de donner s'appliquent malheureusement à tout l'ensemble de la région.

Aussi mon opinion est-elle toujours qu'en fait de nouvelles recherches dans le Zab Dahri, on devrait de préférence se proposer de capter de nouvelles sources, d'un accès relativement facile, et de poursuivre, à cette fin, un programme comportant une série de forages peu coûteux et peu profonds — deux petits sondages de recherche valant mieux, dans cet ordre d'idées, qu'un seul de profondeur double. — On resterait dans les terrains d'atterrissement, où l'on ne dépasserait pas, sauf exception, une profondeur de 20 à 30 mètres. Quant aux terrains crétacés sous-jacents, on n'y pénétrerait qu'exceptionnellement, d'abord à cause des dépenses élevées de forage au travers des calcaires très durs qu'on y rencontrerait sans doute, et ensuite en raison de l'aléa que présenterait également la recherche des nappes crétacées elles-mêmes dans les régions de sources (leurs eaux devant être drainées vers les griffons de ces sources et fort inégalement réparties).

Pour atteindre une ou plusieurs des nappes crétacées qui alimentent les sources superficielles et souterraines du Zab occidental, mieux vaudrait encore se reporter vers le Nord et aller faire un grand sondage de recherche dans la plaine d'El-Outaya, sous laquelle les couches crétacées forment une cuvette

⁽¹⁾ Georges Rolland. — De l'utilisation des eaux artésiennes du bas Sahara algérien (Rapport au Congrès international de l'utilisation des eaux fluviales. Exposition universelle de 1889).

⁽²⁾ Renseignements ajoutés lors de la correction des dernières épreuves.

artésienne. Ville admettait que, dans cette plaine, des sondages de 240 mètres de profondeur auraient chance de réussite.

Une dernière observation à propos des sondages à entreprendre dans le Zab Dahri est que, malgré leur intérêt, il y aurait lieu de se préoccuper, avant tout, de ne pas nuire aux sources existantes, et, pour cela, de se placer à une distance suffisante de celles-ci : car ce dont il s'agirait, ce serait d'obtenir des eaux nouvelles, et non de déplacer celles qui émergent déjà et sont utilisées actuellement. A mon avis, le choix des emplacements des sondages en question devrait être préalablement soumis à l'approbation de l'Administration.

2° *Zab Guebli* (partie Sud du Zab occidental). — Dans le Zab Guebli, les conditions naturelles sont différentes et semblent plus favorables pour des sondages de recherche.

J'ai dit que cette région, située en aval-pendage des sources superficielles et souterraines du Zab Dahri et de la région intermédiaire, devait posséder en profondeur des nappes artésiennes de certain volume et de certaine pression (sans qu'il y eût là cependant de grandes nappes continues, comme par exemple la nappe principale de l'Oued Rir'). Mais j'ai ajouté que, dans la région considérée, les eaux souterraines, loin d'être uniformément réparties, devaient se rassembler suivant les lignes de thalweg et les zones de plus grande perméabilité des atterrissements, et qu'elles devaient donner lieu à des sortes d'artères ou de rivières artésiennes, s'écoulant vers le Sud-Est.

On peut donc admettre d'abord, d'une manière générale, que des sondages de recherche auraient plus de chance de rencontrer des eaux jaillissantes dans le Zab Guebli que dans le Zab Dahri, et qu'ils seraient beaucoup moins aléatoires.

Toutefois, pour obtenir de beaux débits, la question serait d'atteindre les rivières collectrices que nous supposons exister en profondeur sous le Zab Guebli. Leur cours doit être, il est vrai, fort capricieux; mais je suppose qu'elles sont généralement assez larges : à mon sens, on réussirait sans doute à les rencontrer ou, du moins, à s'en rapprocher, si l'on se plaçait au milieu de certaines ondulations ou de certaines cuvettes nettement accusées de la surface, et, de plus, en aval-pendage des principaux groupes de sources du Zab Dahri. Quant à la pression artésienne, bien que le plus souvent médiocre, je présume qu'elle suffirait, en maintes parties du Zab Guebli, pour permettre aux eaux souterraines de jaillir à la surface.

Une étude préalable et spéciale de la région serait, en tout cas, nécessaire. On devrait être outillé de manière à pouvoir aller assez profondément, soit à 150 mètres, pour espérer obtenir des débits comparables à ceux de l'Oued Rir'. Enfin, en l'absence d'indications précises sur telle ou telle zone naturelle, ce n'est pas un sondage isolé, mais plusieurs sondages qu'il faudrait s'attendre à exécuter, de manière à procéder par approximations successives et à déterminer convenablement le cours des eaux souterraines.

Vu les dépenses élevées qu'entraînerait cette série de travaux, il est douteux que des capitaux privés les entreprennent et suffisent à les mener à bien. Mais, étant donnée la portée incontestable qu'aurait leur réussite pour l'avenir du Zab occidental, le Gouvernement général de l'Algérie pourrait commencer les recherches dont il s'agit ou, tout au moins, y aider.

II. ZAB CENTRAL.

Question des sondages de recherche. — Les considérations que j'ai présentées tout à l'heure pour le Zab Dahri (partie Nord du Zab occidental) s'appliquent également au Zab central et, en particulier, à la région de Biskra.

C'est dire que, dans le Zab central, je ne suis point partisan — d'une manière générale et sauf exception justifiée — des sondages de recherche à de grandes profondeurs. Règle habituelle, je ne crois pas qu'il y ait lieu de s'y proposer d'aller découvrir des nappes problématiques à des profondeurs telles que 200, 300 mètres et davantage — étant donné l'aléa que la profondeur ne supprime pas. — Mieux vaudrait, là où l'on veut tenter l'aventure, avoir comme desideratum de trouver, au moyen de sondages de profondeurs modérées (ou du moins ne dépassant pas 100 mètres), les eaux artésiennes que doivent fournir d'autres sources du sous-sol : à cette fin, on chercherait à se placer, autant que possible, en des points où la nature s'est déjà chargée de frayer en partie aux eaux leur chemin vers la surface.

Pour ce qui est, en particulier, de l'oasis de Biskra, et malgré l'intérêt tout spécial qui s'y attache, je n'aurais pas conseillé les sondages profonds et coûteux qu'on y a poursuivis en 1889 et dont j'ai rendu compte au chapitre précédent⁽¹⁾. Le fait est que ni l'un ni l'autre de ces deux sondages, poussés le premier jusqu'à 226 mètres et le second jusqu'à 354 mètres, n'ont rencontré la moindre nappe jaillissante. L'échec était à prévoir.

D'ailleurs, ainsi que je l'ai dit, si l'emplacement choisi au Sud de la ville, entre elle et l'oasis, était fort convenable pour l'utilisation des eaux jaillissantes que l'on escomptait, et irréprochable eu égard aux sources existantes à sauvegarder, il n'était désigné par aucun indice géologique ou hydrologique comme spécialement favorable pour la rencontre d'un gisement souterrain d'eaux artésiennes. Malheureusement il n'existe pas davantage d'indice précis pour guider les recherches dans tout l'espace occupé par l'oasis de Biskra, ses annexes de Beni-Mora, Cora, Lélia, Filiach, et leurs environs immédiats (pl. VIII).

Les conditions seraient-elles plus favorables pour des recherches artésiennes au Nord de la ville ?

De ce côté s'étendent en contre-haut de la plaine d'alluvion de l'oasis les terrains pliocènes dont j'ai parlé⁽²⁾, terrains ravinés qui s'élèvent doucement

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 5, II, *Sondages de Biskra*, et Appendice IV de la 3^e partie.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 5, I.

jusqu'au pied de la chaîne crétacée du Djebel Bourzel (pl. XXV, fig. 4). Au Nord-Ouest, sur la même plate-forme que la Fontaine chaude et dans son voisinage, j'ai mentionné⁽¹⁾ deux gouffres artésiens, où émergent des eaux semblables à celles des sources de l'Oued Biskra. Un sondage pratiqué à l'un des gouffres en question donnerait sans doute des eaux jaillissantes. Toutefois je ne saurais le recommander, à cause de la proximité de la Fontaine chaude, sur laquelle il pourrait avoir un contre-coup fâcheux.

En d'autres points de la zone considérée de terrasses pliocènes, on voit des dépôts de travertin assez étendus, vestiges d'anciennes sources, aujourd'hui disparues. D'après ces indications, on pourrait trouver sans doute entre la Fontaine chaude et les sources de l'Oued Biskra (et à une distance suffisante pour ne pas leur nuire) l'emplacement d'un sondage ayant quelque chance de donner des eaux jaillissantes⁽²⁾. Mais alors c'est l'utilisation de ces eaux qui constituerait une autre difficulté : car il faudrait les diriger vers l'oasis par une canalisation étanche (partie en tranchée, partie en remblai) de 2 à 4 kilomètres de longueur. La dépense serait-elle justifiée par l'importance du débit obtenu ? Il est permis de craindre que non.

Dans la région même des sources de Biskra (sources d'amont de l'Oued Biskra), il ne saurait être question de sondages proprement dits, qui risqueraient de compromettre la situation existante. On devrait s'y borner à des travaux de captage, en vue de diminuer les déperditions de certaines sources, et, par suite, d'augmenter le débit utilisable.

Plus à l'Est, et de l'autre côté de l'Oued Biskra, on pourrait songer à entreprendre des sondages de recherche le long de la ligne de dislocation que j'ai signalée⁽³⁾ au bord méridional du système de terrasses du Srah-ntâa-Chicha, ligne qui part des sources de l'Oued Biskra et passe par le gouffre d'Aïn ben-Chili, les sources de Chetma et les sources de Sidi-Khelil. Je conseillerais alors de faire le premier essai au gouffre artésien d'Aïn ben-Chili : les eaux du puits jaillissant que l'on y aurait foré seraient amenées au Sud (par les découpures naturelles du dernier rideau de collines) vers la plaine limoneuse qui se trouve en contre-bas, et à la surface de celle-ci on créerait un nouveau groupe de cultures, avantageusement situé à proximité de Biskra.

Enfin il serait intéressant de faire un sondage au Sud de Biskra, à peu de distance en amont des belles sources de Rous-el-Aïoun (Mouleina). Les eaux artésiennes que l'on ferait jaillir là seraient peut-être, il est vrai, obtenues en partie aux dépens des sources déjà existantes : mais, au total, il y aurait gain,

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 5, II, *Fontaine chaude*.

⁽²⁾ Si, s'étant décidé à tenter un semblable sondage de recherche, on atteignait les terrains crétacés sous-jacents sans avoir obtenu d'eau jaillissante, j'admettrais ici, par exception et en raison de l'importance de Biskra, que l'on poursuivit le sondage au delà, dans les terrains crétacés en question, malgré le grand surcroît de dépenses qui en résulterait sans doute.

⁽³⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 5, II, *Sources à l'Est de l'Oued Biskra*.

et, d'ailleurs, on pourrait mieux utiliser sur place le volume d'eau jaillissant ainsi, par un puits artésien, à la surface de la plaine limoneuse qui borde les rives de l'Oued Biskra.

Autres moyens d'augmenter le volume des eaux de Biskra. — « Biskra — placée sur la principale ligne de pénétration des chemins de fer du littoral au Sahara — future tête de ligne du chemin de fer de Tougourt et d'Ouargla — station hivernale dès aujourd'hui visitée par de nombreux touristes et destinée à devenir de plus en plus fréquentée, grâce à son climat et peut-être aussi aux vertus curatives de la source thermale qu'elle possède — Biskra mériterait que des mesures sérieuses fussent prises pour remédier à l'insuffisance d'eau dont souffre l'oasis indigène et dont souffrira bientôt la ville française. L'oasis possède une terre excellente, convenant à une grande variété de cultures. La ville verra naturellement ses besoins augmenter avec son développement prochain. »

Écrites par moi il y a quelques années⁽¹⁾, ces quelques lignes n'ont pas cessé d'être vraies.

Actuellement, ainsi que je l'ai décrit plus haut en détail⁽²⁾, Biskra et ses annexes sont alimentées, en temps normal, par une partie des eaux de sources qui jaillissent en amont de la ville, dans le lit de l'Oued Biskra ou sur ses bords. Pour ce qui est, en particulier, de la ville, de l'oasis proprement dite de Biskra et des deux petites annexes de Beni-Mora et de Cora (pl. VIII), elles reçoivent la fraction des eaux (provenant des trois groupes de sources indiquées) qui est retenue par le barrage construit au pied de l'ancien Fort turc : le canal principal d'alimentation qui s'amorce à ce barrage offre, ai-je dit, un débit évalué à 170 litres à la seconde⁽³⁾ (ou 10,200 litres à la minute) : soit, en un an, 5,369,420 mètres cubes. Là-dessus, un dixième est prélevé, au moyen d'un canal spécial, pour les besoins de la ville et de la garnison. Le reste appartient aux indigènes de l'oasis, pour leurs palmiers et leurs cultures : or cela est tout à fait insuffisant pour des irrigations convenables, étant donné le nombre de palmiers et la superficie de terrain à irriguer.

En effet, le débit ainsi disponible ne correspond qu'à 0 lit. 12 d'eau par palmier et par minute, tandis que — dans les préliminaires du présent ouvrage — j'ai indiqué, d'une manière générale, un volume de 0 lit. 30 à 0 lit. 33 par pied d'arbre et par minute comme représentant le minimum d'irrigation nécessaire, en été du moins⁽⁴⁾, pour que les plantations de palmiers soient d'un

⁽¹⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887).

⁽²⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 5, II, *Sources de l'Oued Biskra*.

⁽³⁾ Débit minimum et constant, auquel peut s'ajouter éventuellement un appoint, variable et généralement faible, provenant des eaux non artésiennes qui s'écoulent au travers des graviers de l'oued.

⁽⁴⁾ Les quantités d'eau réellement nécessaires au palmier pour ses irrigations sont très différentes suivant les saisons.

M. le commandant Rose, qui est un colon saharien d'expérience, divise l'année, à ce point de vue spécial, en trois périodes d'environ dix-sept semaines chacune :

bon rapport (en admettant des plantations de 200 palmiers par hectare); j'ai même recommandé 0 lit. 50 par palmier. Ajoutons qu'à Biskra, les indigènes faisant beaucoup de jardinage entre leurs palmiers, y cultivant des arbres fruitiers, des légumes, y semant des céréales, les palmiers sont, par suite, plus espacés : dans ces conditions, l'irrigation, évaluée par pied d'arbre, devrait être naturellement augmentée.

On comprend dès lors pourquoi l'oasis de Biskra, considérée dans son ensemble et sauf certaines parties privilégiées, est si peu prospère, contrairement à ce qu'on croirait d'après sa réputation. On peut même dire qu'en certains endroits, elle est en voie de dépérissement rapide.

Une légère amélioration à cet état de choses fut réalisée en 1878 par le commandant Noël, qui fit creuser un second canal destiné à recevoir une partie des eaux des crues de l'Oued Biskra, quand la rivière coule : c'est le canal des crues (pl. VIII). Il s'amorce, de même que le premier, à l'extrémité du barrage du Fort turc. Mais sa section est assez petite, et, comme la plupart des crues s'écoulent assez rapidement, son effet utile n'est pas considérable ⁽¹⁾.

Période d'été (juin, juillet, août, septembre).....	122 jours.
Période d'hiver (octobre, novembre, décembre, janvier).....	123
Période de printemps (février, mars, avril, mai).....	120

Il estime qu'un palmier exige :

Tours d'arrosage, de 3 mètres cubes d'eau chacun	{	pendant la période d'été.....	17 tours.
		pendant la période d'hiver.....	2
		pendant la période de printemps.....	5
		TOTAL pour l'année.....	<u>24</u>

Soit, en été, des intervalles d'une semaine entre les arrosages : ceux-ci correspondent ainsi, comme on peut facilement le calculer, à une moyenne d'irrigation d'un tiers de litre par palmier et par minute — ce qui concorde avec les indications données dans les préliminaires du présent ouvrage.

D'après le même programme d'arrosage, le volume total d'eau par palmier et par an est de 72 mètres cubes. M. Rose admet des plantations où les palmiers sont à 8 mètres les uns des autres — ce qui ne fait que 143 palmiers par hectare — : il arrive ainsi, pour un hectare de palmiers, à 429 mètres cubes d'eau par tour d'arrosage, et, au total, à 10,296 par an.

Quand on dispose de débits constants, comme ceux fournis par les sources du Zab, ou par les puits artésiens de l'Oued Rir', il est logique d'utiliser les excédents d'eau laissés par la culture des palmiers pendant les périodes ci-dessus définies d'hiver et de printemps, en faisant d'autres cultures entre les palmiers ou en dehors d'eux. Par comparaison avec les indications qui précèdent, on peut dire qu'un hectare cultivé en céréales, en dehors des palmiers, demande — pendant l'hiver et le printemps — cinq arrosages de 864 mètres cubes chacun (soit 4,320 mètres cubes par an), et qu'un hectare cultivé en verger ou en jardinage, également en dehors des palmiers, demande — pendant l'hiver, le printemps et l'été — dix arrosages semblables (soit 8,640 mètres cubes par an).

Enfin, dans les oasis où l'on fait du jardinage entre les palmiers (ce qui est le cas dans beaucoup de jardins des oasis du Zab), M. Rose ne suppose plus que 79 palmiers par hectare, mais porte le volume d'arrosage, évalué par pied d'arbre, de 72 à 150 mètres cubes par an.

⁽¹⁾ Quand les crues sont abondantes, l'excédent d'eau du canal est dirigé au Sud de l'oasis, du côté de Cora, et sert à irriguer les terrains excellents qui s'étendent par là dans la plaine et dont une superficie variable est cultivée en céréales. On établit un roulement entre les parcelles à irriguer et à cultiver, afin de laisser la terre se reposer.

Voyons donc, en quelques mots, quels moyens il y aurait d'augmenter sérieusement le volume des eaux d'irrigation de Biskra, pendant toute l'année, et d'assurer à cette grande oasis la situation meilleure que l'on est en droit d'ambitionner pour la capitale des Zibans. Les sondages étant écartés — car, d'après ce qui précède, la solution n'est certainement pas là — à quelle autre mesure pourrait-on avoir recours ?

L'idée la plus naturelle est d'abord de chercher à mieux capter et à mieux utiliser les eaux des sources d'amont de l'Oued Biskra, soit par des travaux de captage direct sur les griffons, soit à l'aide d'un barrage semblable au barrage actuel, mais mieux conditionné. La dernière solution aurait ma préférence, comme la plus pratique et la plus complète.

Le barrage actuel du Fort turc, ainsi que je l'ai dit au chapitre précédent, est trop rudimentaire; il n'a ni la longueur ni la profondeur voulues pour retenir convenablement les eaux des sources qui jaillissent en amont: ces eaux s'écoulent au travers des graviers de l'oued, et la plus grande partie passe sous le barrage ou à côté⁽¹⁾, se trouvant dès lors perdue pour Biskra. Récupérer ce qui se perd ainsi serait évidemment rendre un grand service à la région; car le supplément d'eau dont on disposerait pourrait être employé, d'une part, à mieux irriguer l'oasis et à mieux alimenter la ville, puis, d'autre part, utilisé pour mettre en valeur des terres incultes, au sol naturellement fertile, telles qu'on en trouve sur les rives de l'Oued Biskra.

A cette fin, j'ai proposé de construire, un peu au Nord du barrage actuel⁽²⁾, un grand barrage submersible, qui, dans ma pensée, traverserait toute la largeur de l'Oued Biskra (450 mètres environ en cet endroit), pénétrerait dans toute l'épaisseur des graviers de l'oued (15 mètres environ, au maximum, vers le milieu du lit), s'appuierait, à sa base, sur des assises aussi solides et imperméables que possible de la cuvette du lit, et, à la surface enfin, n'offrirait que très peu de saillie, afin de ne pas opposer d'obstacle aux crues. Ce travail ne laisserait pas évidemment que d'offrir certaines difficultés; mais on pourrait les surmonter sans dépenses exagérées, et il est évident qu'on arriverait ainsi à intercepter totalement les eaux des sources situées en amont. L'ouvrage considéré laisserait, d'ailleurs, du côté aval les sources qui alimentent les oasis annexes de Lilia et de Filiach, sur la rive gauche.

Ici se pose une question intéressante de droit: à qui appartiendrait la propriété des eaux que le barrage projeté permettrait d'obtenir, en surplus des eaux déjà captées et utilisées dans l'état actuel? D'après la loi de 1851 sur le régime

⁽¹⁾ Il est probable qu'à la suite des affouillements occasionnés sur la rive droite par la crue du 9 novembre 1891 et des troubles qui en sont résultés dans le courant des eaux souterraines du lit, une plus grande partie encore de celles-ci passe aujourd'hui à côté du barrage (Renseignements ajoutés avant la publication).

⁽²⁾ Entre le mamelon rocheux (poudingues) du Fort turc, sur la rive droite, et la partie solide de la rive gauche qui supporte le fortin opposé.

des eaux en Algérie, les indigènes ont la propriété des eaux sur lesquelles ils avaient des droits d'usage lors de la promulgation de la loi. Mais, en ce qui concerne l'excédent, inutilisé et perdu, des eaux de source de l'Oued Biskra, il doit, d'après l'esprit et le texte de la loi, appartenir au domaine public (de même que les eaux de sources, en général). D'après cela, si l'on entreprenait les travaux en question, il y aurait lieu, avant tout, de garantir à l'oasis, à la ville et à la garnison de Biskra le débit fourni par le barrage existant. Mais l'État disposerait du surplus éventuel que l'on amènerait au jour, et il pourrait, par exemple, le concéder à telle entreprise privée qui s'offrirait pour exécuter les travaux et se proposerait de rétribuer les capitaux engagés en vendant l'eau ou en l'utilisant elle-même⁽¹⁾.

Resterait l'objection suivante, faite au projet considéré : les eaux qui passent sous le barrage actuel réapparaîtraient plusieurs fois en aval dans le lit de l'Oued Biskra, et ce seraient les mêmes qui donnent lieu, en particulier, aux sources de Rous-el-Aïoun (près Mouleina ou Oum-el-Ma), à 16 kilomètres au Sud de Biskra; or celles-ci servant aux irrigations des cultures de la plaine de Saâda, on n'aurait pas le droit de les prendre et d'en frustrer les indigènes qui les utilisent déjà. Mais il est inexact que ces sources de Rous-el-Aïoun soient dues à une réapparition des pertes d'eau des sources d'amont de l'Oued Biskra⁽²⁾ : ce sont des sources presque thermales jaillissant sur place, ainsi que Ville l'a montré depuis longtemps et que le prouve suffisamment leur température de 21°,5 à 27°,33. En conséquence, l'objection tombe.

Il est un autre projet d'alimentation de Biskra et de ses environs, conçu par le général Loyre, quand il était capitaine de génie à Biskra, et repris par son auteur dans ces derniers temps : projet basé non plus sur les eaux de sources, mais sur les eaux de crues, et comportant la construction d'un grand barrage-réservoir sur l'Oued Biskra, à 5 kilomètres environ plus haut que le Fort ture.

« En aval du confluent de l'Oued el-Outaya et de l'Oued el-Abdi, écrit le général Loyre⁽³⁾, se trouve, au lieu dit *le col des Chiens*, un étranglement de la rivière qui se prêterait à la construction d'un barrage. Si l'on donnait à celui-ci 10 mètres de hauteur, il permettrait de créer un bassin de 80 hectares de superficie, avec 6 mètres de hauteur moyenne, et d'emmagasiner 4,800,000 mètres cubes d'eau.

« Jusqu'ici on n'a observé qu'incomplètement le régime des crues à Biskra. Cependant on a noté pendant vingt et une années leur nombre, qui a été une seule fois de quatre, trois fois de cinq et de six, et souvent de dix à vingt par an.

« Ces crues se produisent à des époques très variables, lorsque des orages sur-

⁽¹⁾ Un jugement conforme à cette thèse a été rendu, dans un cas analogue, par le tribunal de Blidah et confirmé par la cour d'appel d'Alger.

⁽²⁾ Soit dit toutefois sans nier absolument que ces pertes d'eau puissent donner lieu à quelques réapparitions locales dans le lit de l'oued, avant d'être absorbées complètement par le sous-sol.

⁽³⁾ Extrait d'une note inédite.

viennent dans l'Aurès. Les Oueds el-Outaya et el-Abdi donnent presque toujours un volume énorme d'eau, dont cependant la mesure n'a pas été faite exactement; on a seulement relevé, pour quelques crues de l'Oued el-Outaya, un débit de 200 mètres cubes à la seconde pendant une durée de vingt-quatre heures au moins. Cela serait très suffisant pour remplir en quelques heures le réservoir que l'on créerait au col des Chiens.

« Si l'on ne tient compte que du minimum de quatre crues, la hauteur totale de l'eau qu'on pourrait recueillir successivement dans le bassin pendant un an serait de $6 \times 4 = 24$ mètres. Mais il faut en déduire la perte due à l'évaporation, qui est de 0 m. 010 par jour ou de 3 m. 650 par an. Il faut en déduire ensuite la perte due à l'exhaussement du fond par le dépôt des vases charriées par les crues; d'après l'observation de deux crues, le dépôt serait de 0 m. 007 par mètre de hauteur d'eau; pour se placer dans le cas le plus probable, on admettra pour l'envasement sept crues par an: le dépôt serait alors de $7 \times 6 \times 0 \text{ m. } 007 = 0 \text{ m. } 294$ par an. Les infiltrations occasionneront aussi des pertes, mais dans les premiers temps seulement: car, peu à peu, le fond se colmatara par le dépôt des vases. On peut donc tenir compte seulement des pertes par l'évaporation et l'envasement: soit une diminution de (3 m. 650 + 0 m. 294 = 3 m. 944) 4 mètres de hauteur d'eau par an, en chiffre rond. Les 24 mètres donnés par le minimum de quatre crues (sur lesquelles on compte pour le remplissage du bassin, les autres ne faisant que le traverser) seront ainsi réduits à 20 mètres: ce qui, pour 80 hectares de superficie, donnera un volume de 16 millions de mètres cubes. »

L'évaluation du volume d'eau qu'un semblable barrage permettrait d'emmagasiner annuellement et d'utiliser réellement est, il faut l'avouer, bien difficile à faire avec une approximation suffisante, en l'état des connaissances actuelles et étant donné le peu d'observations correspondantes. Au premier abord, il est vrai, le volume indiqué par le général Loyre ne semble pas exagéré, quand on cherche à se rendre compte, par comparaison, du débit total de la rivière. Le bassin de l'Oued Biskra (Oued el-Outaya et Oued el-Abdi) présente une superficie d'environ 2,800 kilomètres carrés jusqu'à la lisière Nord du Sahara; en admettant qu'il y tombe, en moyenne, 0 m. 25 de pluie par an, on trouverait 700 millions de mètres cubes d'eau pour le bassin entier; là-dessus, quelle proportion arrive à la rivière? supposons 9 p. 100: le débit total de l'Oued Biskra serait ainsi annuellement de 63 millions de mètres cubes. Mais tout le débit en question n'arrive pas intégralement au col des Chiens: il faudrait en déduire le débit permanent (10 à 12 millions peut-être) et le volume des petites crues locales pour avoir le volume des grandes crues, sur lesquelles seulement on doit tabler dans le projet de barrage-réservoir dont il s'agit. Il importerait ensuite d'être mieux fixé sur la quantité considérable de limon que charrient ces crues torrentielles, et sur l'envasement qui en résulterait dans le réservoir; la recherche d'un système de dévasement, pratiquement applicable ici, serait évidem-

ment d'un grand intérêt: faute de quoi, on pourrait être conduit à donner plus de hauteur au barrage, la capacité du réservoir devant être alors notablement supérieure au cube d'eau à emmagasiner. Enfin il faudrait tenir compte, pour l'estimation des quantités d'eau réellement utilisables, des déperditions plus ou moins fortes qui auront lieu forcément encore le long des canaux de conduite et de distribution devant amener les eaux du réservoir jusqu'aux terrains à irriguer: pour un parcours de 5 kilomètres, par exemple, ces déperditions pourraient atteindre 30 à 40 p. 100 du débit.

La largeur prévue pour le barrage du col des Chiens est de 200 mètres à sa base, y compris l'enracinement dans les berges. On devrait d'ailleurs s'assurer si la berge de gauche présente réellement une solidité suffisante pour servir d'appui à l'ouvrage.

« Que si, ajoute le général Loyre, on éprouve trop de difficultés dans la constitution et l'aménagement du réservoir du col des Chiens et de ses accessoires, on pourrait en créer un autre sur le cours de l'Oued el-Abdi, au lieu dit *Kheneg*. » Là se trouve, en effet, un très bel emplacement pour un barrage: l'oued y est resserré entre des rochers qui, d'après les relevés du commandant Rose, ne sont distants que de 5 mètres à la base, 7 mètres un peu plus haut et 3 mètres à une hauteur de 10 mètres. La qualité de l'eau serait supérieure. Mais le bassin de réserve ne vaudrait pas celui du col des Chiens.

Malheureusement la canalisation nécessaire pour amener les eaux du *Kheneg* à Biskra aurait 20 à 25 kilomètres de longueur, et il ne semble guère pratique d'aller faire de l'irrigation à si grande distance. Mais on pourrait utiliser ces eaux dans la plaine, beaucoup plus rapprochée, d'El-Outaya, où le sol est excellent et où les cultures donneraient assurément de beaux résultats.

Notons, pour terminer, un dernier projet ayant pour objet d'alimenter la ville de Biskra en eau potable de meilleure qualité: il consisterait à y amener de l'Est les eaux des sources de Droueu, au moyen d'une canalisation de 17 kilomètres de longueur. Ce même projet a déjà été examiné plus haut, à l'Appendice V du chapitre précédent, au point de vue de l'alimentation en eau du chemin de fer de Biskra à Ouargla, et son adoption n'a pas été recommandée. Mais pour ce qui est de la question spéciale, d'ordre hygiénique, consistant à pourvoir Biskra d'une eau meilleure, la réalisation du projet d'adduction des sources de Droueu n'est pas impossible dans l'avenir: elle dépendra surtout des ressources dont on pourra disposer, et de l'importance que prendra Biskra, comme station thermale et hivernale.

III. ZAB ORIENTAL.

Sondages. — J'ai dit plus haut l'insuccès complet du sondage qui fut entrepris jadis à El-Fayd, dans le delta terminal de l'Oued el-Arab, et poussé jusqu'à 156 mètres de profondeur.

D'après Ville cependant⁽¹⁾, « il n'y a pas lieu de désespérer du succès à El-Fayd; seulement, si l'on veut avoir des chances de réussite, il convient que le matériel de sondage permette d'atteindre 300 à 400 mètres de profondeur, sans toutefois que l'on puisse affirmer que cette profondeur soit suffisante ».

L'absence de nappe artésienne, même simplement ascendante, dans les terrains traversés depuis 14 m. 5 jusqu'à 156 mètres, n'est assurément pas un indice favorable. Il est vrai qu'on se trouve ici en pleine formation lacustre (transition entre l'étage fluviolacustre l_1 de la lisière Nord du Sahara et l'étage lacustre l de l'Oued Rir') : les marnes prédominent et donnent à la coupe du sondage un caractère général d'imperméabilité. Mais cette coupe ne laisse pas que de présenter aussi des intercalations sableuses, dont il semble que certaines, tout au moins, dussent être aquifères, s'il y avait en amont-pendage des sources abondantes d'alimentation.

Or nous avons vu qu'au Nord de cette plaine du Melrir, il n'y avait pas de sources importantes, comme dans le Zab central et le Zab occidental. Ce n'est pas d'un heureux augure en faveur de la présomption de l'existence de sources crétaées, en profondeur, sous cette région; on ne saurait affirmer toutefois que de semblables sources y fassent absolument défaut. S'il y en a, elles doivent donner lieu à des nappes artésiennes dans les terrains d'atterrissement (à des profondeurs d'ailleurs inconnues), et alors, en vertu du plongement général des couches vers le Sud, un sondage placé en aval-pendage, comme à El-Fayd, et poussé suffisamment loin, devrait rencontrer ces nappes.

De plus, il est possible que plus bas, la coupe des terrains change, qu'on y rencontre des niveaux de sables mieux caractérisés et plus perméables, et qu'on retrouve ici, au-dessous de l'étage marno-lacustre l_1 (ou l), si puissant soit-il, le prolongement plus ou moins net de l'étage inférieur de transport t^1 de l'Oued Rir', avec sables aquifères. El-Fayd ne serait, en somme, qu'à une cinquantaine de kilomètres du grand réservoir d'eaux souterraines sous pression que M. Jus, ainsi que j'ai dit⁽²⁾, croit exister au Sud-Ouest du Chott Melrir et qui communiquerait avec l'artère artésienne de l'Oued Rir'.

Mais ce ne sont là que des hypothèses plus ou moins plausibles, et une grande incertitude se dégage de ces considérations diverses. Mes conclusions seraient, en somme, plutôt négatives concernant les chances d'obtenir des eaux jaillissantes à El-Fayd, ainsi que dans les régions similaires de la plaine Nord du Melrir⁽³⁾. Néanmoins j'estime que les chances doivent augmenter vers l'Ouest, dans la direction d'El-Haouch; des recherches artésiennes seraient même à conseiller à El-Haouch.

Par contre, les conditions artésiennes seraient, selon moi, de moins en moins

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

⁽²⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 3, III.

⁽³⁾ Comprendre également sous cette désignation la plaine contiguë qui s'étend au Nord des ramifications orientales du Chott Melrir proprement dit, jusque vers le Chott Gharsa.

favorables dans les régions de la plaine du Melrir situées plus en amont, autrement dit plus près du pied méridional de l'Aurès⁽¹⁾.

Barrages. — Ainsi donc, sauf exceptions locales, les sondages ne sont pas à recommander dans cette partie du Sahara. Tout autre est le programme que l'on doit se proposer ici. Que la plaine immense qui règne au Nord du Chott Melrir et de ses dépendances orientales — plaine aujourd'hui en grande partie inculte ou cultivée çà et là d'une manière fort intermittente⁽²⁾ — soit susceptible, en maint endroit, de cultures régulières et d'une fertilisation progressive, cela n'est pas douteux : mais, pour y arriver, la solution rationnelle est de chercher à mieux utiliser les eaux courantes des rivières qui descendent des monts Aurès et Nememcha vers le Sud.

La fertilité naturelle du sol est proverbiale dans ces parages — surtout dans le Zab Chergui proprement dit, c'est-à-dire entre le pied méridional de l'Aurès et le bassin principal du Chott Melrir. — La terre dite *végétale* y est formée par des alluvions limoneuses, d'épaisseur considérable, dont la richesse en éléments assimilables par les plantes est extrême. Pour être susceptible de produire avec le travail de l'homme, il ne lui manque que l'irrigation.

« La terre végétale d'El-Fayd, dit M. Jus⁽³⁾, d'une épaisseur de 8 mètres sur plusieurs milliers d'hectares, est tellement riche que, dans les années pluvieuses, les indigènes y récoltent 70 et 75 pour 1 de leurs semences de blé et d'orge, et que les k'taf et les tamarix y atteignent des proportions gigantesques. » Cette région d'El-Fayd représente, avons-nous vu, le delta terminal de l'Oued el-Arab : mais « son cône de déjection, fait observer M. E. Blanc⁽⁴⁾, commence beaucoup plus haut, et c'est même la partie située en amont qui doit être la plus fertile. Par contre, à mesure que l'on s'avance vers la partie inférieure du delta, c'est-à-dire vers le chott, on peut craindre que les terrains ne deviennent trop salés et, par conséquent, impropres à la culture. »

⁽¹⁾ Plus à l'Est, il est probable, au contraire, que les conditions s'amélioreraient au voisinage de la frontière tunisienne et dans certaines parties de la plaine s'étendant au Nord du Chott Gharsa. Des sondages de recherche devraient avoir plus de chances de réussite de ce côté, à en juger d'après l'existence des sources des régions de Ferkane et de Négrine, et à mesure qu'on se rapprocherait des régions artésiennes du Djérid. Ce n'est là, toutefois, qu'une simple impression.

⁽²⁾ Au Nord du Chott Melrir proprement dit, la région occupée par la tribu nomade dite du Zab Chergui, dont les parcours sont confinés dans cette région saharienne (au Sud du douar de M'chounech et de la tribu de l'Ahmar Khaddou), est cultivée par les indigènes sur des étendues relativement beaucoup plus importantes que les régions situées plus à l'Est (au Nord des dépendances orientales du Chott Melrir et de l'extrémité occidentale du Chott Gharsa). C'est de celles-ci surtout qu'on peut dire qu'elles sont presque entièrement inutilisées : elles ne servent guère (et cela, même sur une faible partie de leur étendue) que comme terrains de pâturages aux tribus nomades des Ouled Rechaïch et des Allaouna et Bracha, dont les principales cultures se trouvent reportées beaucoup plus au Nord, dans les montagnes des régions de Khenchela et de Tébessa.

⁽³⁾ Notes manuscrites.

⁽⁴⁾ *Ibid.*

De même pour les autres oueds qui sillonnent la plaine du Melrir, entre le Zab central et la frontière tunisienne; de même, dans une certaine mesure, pour les sols arables qu'on y rencontre sur de très vastes étendues (bien qu'ils semblent de qualité moins uniforme du côté oriental). Aussi peut-on avancer, d'une manière générale, que les terrains de plaine qui s'étendent entre les dernières terrasses pliocènes du Nord et les abords du chott sont cultivables (à la réserve d'un certain nombre de tâches) partout où l'eau pourra être amenée. C'était là, dit-on, du temps des Romains, un véritable grenier d'abondance, et le rêve du général Desvaux était de faire revivre l'ancien état de choses.

« Pour cela, répéterai-je ⁽¹⁾, le mieux, dans ces régions, est de suivre l'exemple des colons romains, d'apprendre à capter les eaux courantes et à organiser méthodiquement les irrigations, de savoir utiliser, en partie du moins, les crues volumineuses du printemps et régulariser la submersion fertilisante des régions situées en aval. Ce ne sont plus des puits qu'il s'agit ici de forer; ce sont des barrages qu'il y a lieu de construire, suivant un plan rationnel d'aménagement hydraulique, propre à tenter la science moderne de l'ingénieur : barrages de dérivation dans la plaine, barrages à pertuis dans certains points, barrages de retenue dans les gorges encaissées de la montagne, » etc.

La question des barrages-réservoirs à construire au pied de l'Aurès a déjà été l'objet, en 1866 et 1867, d'une première série d'études intéressantes de la part du service hydraulique du département de Constantine. M. l'ingénieur des ponts et chaussées Ménard dressa, en particulier, un projet de barrage dans la gorge de sortie de l'Oued el-Abiod : le bassin de réserve aurait une capacité de 12 millions de mètres cubes ⁽²⁾. Le même ingénieur étudia un projet semblable sur l'Oued el-Arab; mais ses conclusions furent plutôt défavorables, en raison de l'insuffisance du bassin de réserve, compris tout entier dans la gorge. Ces travaux donnèrent lieu ensuite à un rapport remarquable de M. le colonel Arneadeau : fait à signaler — car il s'agit d'une question de grand avenir — on y voit proposée l'introduction de la culture du coton dans les plaines Nord du Melrir.

Il y aura lieu de reprendre ces études et de les compléter, soit en vue de barrages-réservoirs destinés à emmagasiner les eaux des grandes crues, soit pour des barrages de dérivation devant permettre de mieux utiliser le débit permanent ou les petites crues des oueds. Les principaux oueds sur lesquels devra se porter l'attention sont, de l'Ouest à l'Est : l'Oued el-Abiod, l'Oued Guechtane (grand affluent de l'Oued el-Arab) ⁽³⁾, l'Oued el-Arab, l'Oued Ouazzern, l'Oued bou-Doukhan, l'Oued Djarrech (formé par la réunion de l'Oued

⁽¹⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887).

⁽²⁾ La dépense, estimée à cette époque, s'élevait à 800,400 francs en chiffre rond. Mais elle serait notablement moindre aujourd'hui, grâce à l'abaissement du prix de transport de la chaux hydraulique par chemin de fer jusqu'à Biskra.

⁽³⁾ L'Oued Guechtane descend de la même chaîne que l'Oued el-Arab, mais de sommets plus élevés (2,312 mètres d'altitude). La fonte des neiges tombées sur ces montagnes permet d'utiliser cet oued à des époques où l'Oued el-Arab commence déjà à se dessécher.

Hellel et de l'Oued el-Mechera), l'Oued Sokna, etc. Parallèlement à la détermination des travaux hydrauliques à exécuter, la question de l'utilisation agricole des eaux (emplacements et aménagements des surfaces à irriguer, nature du sol, etc.) devra naturellement aussi être examinée avec grand soin.

Quelle peut être l'importance des volumes d'eau débités par la série des oueds dont je viens de parler? Un aperçu, même approximatif, à cet égard aurait son intérêt non seulement au point de vue pratique qui nous occupe ici, mais encore à propos d'une question hydrologique qui sera traitée plus loin ⁽¹⁾, celle des divers modes d'alimentation des eaux souterraines du bas Sahara.

Ne considérons que les oueds dont les bassins de réception offrent la plus grande étendue. — Les superficies des bassins des Oueds el-Abiod, Guechtane, el-Arab et bou-Doukhan sont respectivement d'environ 1,100, 1,200, 1,900 et 900 kilomètres carrés, au Nord de la lisière du Sahara; en admettant qu'il y tombe, en moyenne, 0 m. 30 d'eau par an ⁽²⁾, on trouverait, pour leurs bassins entiers, 330, 360, 570 et 270 millions de mètres cubes; supposons que 12 p. 100 de ces eaux parviennent aux oueds eux-mêmes ⁽³⁾: leurs débits totaux atteindraient respectivement des chiffres de 40, 43, 68 et 32 millions de mètres cubes en un an. — Plus à l'Est, l'Oued Djarrech a un bassin beaucoup plus vaste, d'environ 3,100 kilomètres carrés; mais je ne présume pas qu'il y tombe, en moyenne, plus de 0 m. 25 d'eau par an et que plus de 9 p. 100 parviennent à l'oued même ⁽⁴⁾: cela donnerait annuellement 775 millions de mètres cubes pour le bassin entier et 70 millions pour le débit total de l'oued.

Ces chiffres toutefois — fussent-ils rectifiés et basés sur des observations donnant les quantités d'eaux météoriques qui tombent effectivement dans chaque bassin — ne sauraient fournir une notion exacte des volumes d'eaux fluviales qui sont réellement utilisables. A cet égard, je pourrais reproduire ici une partie des remarques déjà présentées plus haut à propos de l'Oued Biskra. Le débit total, ai-je dit, comprend le débit permanent à ciel ouvert ou sous les graviers du lit, puis les petites et les grandes crues. Tout le volume d'eau correspondant n'arrive pas forcément jusqu'aux gorges du pied de la montagne; une fraction peut se perdre dans les gorges mêmes, par infiltration dans les fissures et les affleurements des calcaires crétacés; en tout cas, dès la sortie des oueds en plaine, les déperditions deviennent considérables dans les alluvions limo-

⁽¹⁾ 3^e partie, chapitre II, § 9.

⁽²⁾ Les altitudes moyennes de ces quatre bassins sont supérieures à celles des bassins de l'Oued Biskra, à l'Ouest, et de l'Oued Djarrech, à l'Est: c'est pourquoi j'admets qu'il y tombe une moyenne d'eau supérieure. Cette moyenne doit varier, d'ailleurs, d'un bassin à l'autre: elle atteint peut-être 0 m. 35 dans l'Oued Guechtane, dont l'altitude moyenne est la plus grande.

⁽³⁾ Les pentes sont, en moyenne, plus rapides dans ces quatre bassins que dans les deux bassins latéraux: une plus grande proportion de leurs eaux arrive donc aux oueds. Ce coefficient doit varier, d'ailleurs, d'un bassin à l'autre: il atteint peut-être 15 p. 100 pour l'Oued Guechtane, d'autant plus que la fonte des neiges joue un rôle relativement plus important dans son alimentation.

⁽⁴⁾ Altitude moyenne moindre et pentes moins rapides que dans les bassins précédents.

neuses. Sous ce rapport, il est évident qu'il y a intérêt à placer les ouvrages de retenue d'eau le plus près possible des gorges par lesquelles les oueds débouchent des montagnes dans la plaine; on aura, en outre, l'avantage d'y trouver sur place des matériaux de construction et d'avoir, pour les cultures à faire en aval, un sol meilleur, non salé, et un climat plus tempéré⁽¹⁾. Mais les eaux emmagasinées, au moyen des barrages-réservoirs construits dans ces gorges, subiront elles-mêmes de fortes déperditions par évaporation, infiltration, etc. De plus, pour peu que les terrains à irriguer soient situés à quelque distance d'un de ces barrages, il y aura encore de nouvelles déperditions le long des canaux de distribution. Finalement, et en supposant des bassins de réserve de capacité suffisante, M. E. Blanc évalue à 15 p. 100, au maximum, la fraction du débit total de ces rivières que l'on pourra conduire, en trois ou quatre irrigations annuelles, à 4 ou 5 kilomètres en aval de la sortie des gorges.

On voit, d'après ces quelques indications, que lorsque les grands barrages de retenue et les réservoirs correspondants, à construire et aménager en montagne, se trouveraient trop éloignés des parties fertiles des plaines d'aval à irriguer, il arrivera que les dépenses souvent considérables auxquelles entraîneraient les ouvrages en question soient hors de proportion avec leur rendement utile. Aussi, dans beaucoup de cas, y aura-t-il avantage à se contenter, tout d'abord, de commencer par mieux utiliser les eaux provenant du débit normal des rivières et d'une faible partie de leurs crues, au moyen de simples barrages de dérivation, faciles à construire et incomparablement moins coûteux : ceux-ci seraient installés tantôt encore en montagne, dans les élargissements du cours inférieur des vallées, tantôt à la surface même de la plaine alluvionnaire d'aval, jusqu'à une certaine distance vers le Sud⁽²⁾.

D'une manière ou de l'autre, les volumes d'eau actuellement perdus et susceptibles d'utilisation sont considérables dans ces belles plaines du Nord du Melrir, et la colonisation française saura certainement y mettre en valeur des superficies importantes de terrains fertiles.

§ 3. SOURCES NATURELLES DE LA LISIÈRE NORD DU BAS SAHARA. — SAHARA TUNISIEN.

En quittant le Zab central et se dirigeant à l'Est, nous avons vu que l'on ne rencontre plus de sources de quelque importance le long de la lisière Nord de

⁽¹⁾ « Remarquons cependant que la terrasse pierreuse qui règne le long du pied méridional de l'Aurès et dont la largeur peut atteindre quelques kilomètres n'est pas favorable à la culture. On la laissera en dehors des exploitations agricoles proprement dites; mais cela n'empêchera pas de reporter plus en amont et jusque dans les gorges mêmes, toutes les fois qu'on le pourra, les barrages et les têtes des canaux de dérivation. » (Note inédite de M. E. Blanc.)

⁽²⁾ Cette solution plus modeste des barrages de dérivation semble devoir être souvent plus pratique pour la colonisation, dans les débuts tout au moins, le long des oueds situés à l'Est de l'Oued el-Arab, attendu qu'en l'état actuel, les indigènes des Ouled-Rechaïch et des Allaouna et Brarcha laissent perdre une proportion incomparablement plus grande des eaux courantes que ceux du Zab Chergui.

la plaine du Chott Melrir (et de ses dépendances orientales), non plus qu'à la surface de cette plaine jusqu'au chott. Au delà, les sources réapparaissent au Nord du Chott Gharsa (dans les régions de Ferkane et de Négrine). Puis, si l'on pénètre dans le Sahara tunisien, on trouve de nouveau, tant sur les bords mêmes des Chotts Djérid et Fejej que dans les régions environnantes, des séries de sources nombreuses et remarquables, plus belles encore que celles du Zab occidental, et accompagnées de grandes et superbes régions d'oasis.

Bien que le Sahara tunisien s'écarte beaucoup des régions que notre mission avait à étudier, je ne saurais le passer sous silence dans cette étude d'ensemble sur le bassin artésien du bas Sahara, d'autant plus qu'il fournit une nouvelle preuve de l'existence de nappes artésiennes au sein des terrains crétacés de ces régions et de leur alimentation par les massifs montagneux du Nord. J'entreprendrai donc de présenter ici un aperçu sommaire du régime hydrologique des diverses régions artésiennes du Sud de la Tunisie.

Une carte intéressante de la Tunisie méridionale, indiquant la situation et l'étendue des principales oasis, a été dressée et publiée par M. Édouard Blanc, qui créa, de 1885 à 1888, le service des eaux tunisiennes⁽¹⁾. Pour ma part, je suis, en outre, redevable à M. Blanc d'une série de renseignements inédits sur les eaux artésiennes de ces régions du Sud tunisien, qu'il connaît si bien; entre autres indications, il m'a communiqué les chiffres que l'on trouvera plus loin concernant les débits des sources⁽²⁾, les contenances des terrains arrosés et les nombres d'arbres correspondants⁽³⁾.

Les sources du Sud de la Tunisie comprennent les groupes suivants : à l'Ouest, les sources du Djérid; au Nord, celles de Gafsa; à l'Est, celles de l'Aarad (sources et puits artésiens); au Sud, celles du Nefzaoua. Soit quatre régions artésiennes principales, réparties dans le Sahara tunisien sur plus de 200 kilomètres de l'Ouest à l'Est et sur plus de 100 kilomètres du Nord au Sud.

Seules les sources du groupe de Gafsa se trouvent, à proprement parler, situées à la lisière Nord du Sahara, et ce sont elles qui correspondent le plus directement aux sources du Zab. Aussi commencerai-je par elles dans la revue circulaire qui va suivre.

Après avoir parlé successivement des quatre groupes de sources en question, je dirai quelques mots sur les sources sous-lacustres, ou autres, situées à l'intérieur des Chotts Djérid et Fejej.

Je terminerai par une courte conclusion sur la provenance crétacée des eaux artésiennes du Sahara tunisien.

⁽¹⁾ *Bulletin de la Société de géographie commerciale*, t. XI, n° 4 (1888-1889). — Cette carte accompagne une communication substantielle de M. Blanc sur le Sud de la Tunisie (renseignements agricoles, économiques et commerciaux).

⁽²⁾ Les débits indiqués résultent de jaugeages faits par la méthode du déversoir, en des points repérés et convenablement choisis.

⁽³⁾ M. Blanc a laissé en dehors certaines surfaces d'oasis situées en amont des sources, et aussi certaines sources absorbées par le sol avant d'avoir uni leurs eaux à celles des sources principales.

I. SOURCES DE LA RÉGION DE GAFSA.

Si l'on se rend du Sud de la province de Constantine dans le Sud de la Tunisie, en suivant le bord méridional des massifs de l'Atlas, on se dirige d'abord vers l'Est jusqu'au delà de Khanga-Sidi-Nadji; on oblique ensuite vers le Sud-Est, et l'on passe par Ferkane, Négrine, et, après avoir franchi la frontière, près de Midès et Tamerhza; puis, un peu avant Chebika⁽¹⁾, on prend de nouveau la direction de l'Est, et l'on arrive ainsi à Gafsa, après un parcours d'environ 300 kilomètres à partir de Biskra.

L'oasis de Gafsa occupe une position remarquable au pied de l'Atlas tunisien, dans une large trouée qui traverse la chaîne méridionale, entre le Djebel Arbata et le Djebel Ben-Younès, et qui constitue le seul passage aisément praticable entre la Tunisie centrale et le Sahara tunisien (sans parler de la route littorale et beaucoup plus orientale de Sfax à Gabès). Gafsa se trouve là sur l'Oued Baïech, près de son débouché dans la plaine saharienne, lequel devient en aval l'Oued Tarfaoui et se jette dans le Chott Gharsa.

Dans la trouée même et sur la rive droite de l'oued jaillissent des sources abondantes et renommées. Ce sont des sources thermales⁽²⁾, à 31 ou 33 degrés, situées dans la ville même de Gafsa, et à l'émergence desquelles se trouvent les bains de l'ancienne ville romaine. Le débit de ces sources atteint 600 litres par seconde (36,000 litres par minute) : il sert à l'alimentation de la ville (4,000 habitants) et à l'irrigation de l'oasis (surface arrosée, 1,100 hectares; nombre officiel⁽³⁾ de palmiers, 32,349, et d'oliviers, 75,386)⁽⁴⁾.

Les sources thermales de Gafsa, à en juger par leur température, viennent d'une assez grande profondeur sous la surface. Elles sont évidemment dues à l'émergence de nappes artésiennes circulant dans les terrains crétacés et éocènes qui constituent les montagnes environnantes, ainsi que tout l'ensemble des montagnes s'élevant vers Feriana et Tébessa, au Nord-Ouest.

On peut dire que la région subsaharienne de l'Atlas est plus étendue dans le Sud de la Tunisie que dans le Sud de la province de Constantine; elle comprendrait ici le large pâté montagneux des Hammama, au Nord-Ouest de Gafsa. Mais plus au Nord se dressent, avec des altitudes croissantes, les deux grands massifs des montagnes des Frachich et des Nemencha, lesquelles se reliaient au

⁽¹⁾ Ces oasis sont des oasis de rivière. Tamerhza, au fond de la gorge étroite où coule l'Oued Allenda, compte 18,640 palmiers et 624 oliviers.

⁽²⁾ Il y en a deux, très voisines.

⁽³⁾ Dans les oasis tunisiennes, de même que dans les oasis algériennes, les nombres *officiels* de palmiers sont inférieurs aux chiffres réels : ils ne comprennent pas les palmiers qui, pour une raison ou pour une autre, rentrent dans les catégories non taxées par l'impôt.

⁽⁴⁾ Il existe en outre, hors de l'oasis et en amont, des *foggara* (galeries souterraines de drainage), pour la plupart abandonnées aujourd'hui, qui vont capter des sources insignifiantes près de Sidi-Mansour.

A noter aussi une petite source en amont de Gafsa, dans le lit de l'oued.

Djebel Aurès, vers l'Ouest, et atteignent des hauteurs comparables : c'est principalement dans ces massifs des Nemencha et des Frachich, au Nord-Ouest, que doit se placer, selon moi, la région d'alimentation des eaux artésiennes du Sahara tunisien.

Même explication que précédemment. De grandes quantités de pluies et de neiges tombent annuellement sur ces montagnes. Les infiltrations qui en résultent, tant sur les régions élevées que le long des cours d'eau qui en descendent, donnent lieu, au sein des massifs crétacés et éocènes, à des nappes artésiennes, lesquelles s'écoulent souterrainement vers le Sud. En particulier, une ou plusieurs de ces nappes sont amenées à jaillir à Gafsa, au pied du système montagneux.

A noter encore, à l'Est de Gafsa, la petite oasis de Lala et celle, plus importante, d'El-Guettar.

II. SOURCES DU DJÉRID.

Tandis que des plaines, souvent uniformes, d'alluvions descendent en pente douce depuis le pied des derniers contreforts montagneux de l'Atlas jusqu'à la dépression du Chott Melrir, puis jusqu'à celle du Chott Gharsa, la plaine d'atterrissement qui règne, de même, au pied méridional des montagnes de la région de Gafsa et que traversent l'Oued Tarfaoui et ses affluents⁽¹⁾, est barrée vers le Sud par la chaîne rocheuse et crétacée du Djebel Cherb. Celle-ci se dresse au bord de la dépression du Chott Djérid et la longe de l'Ouest à l'Est.

Du côté occidental, la chaîne du Cherb est continuée par la terrasse étroite et allongée du Draa el-Djérid, laquelle se dirige de l'Est-Nord-Est à l'Ouest-Sud-Ouest et figure un isthme interposé entre les Chotts Djérid et Gharsa. J'ai décrit cet isthme dans ma *Géologie du Sahara*, d'après MM. Thomas et Dru⁽²⁾ : je rappelle qu'il est constitué par les formations pliocènes d'eau douce de la lisière Nord du Sahara — les couches offrant, dans leur ensemble, un faible plongement vers le Sud, et se relevant graduellement, à l'Est-Nord-Est, contre les reliefs crétacés du Cherb occidental.

Le Draa el-Djérid représente la région proprement dite du Djérid, où se trouvent les oasis et les sources dont je vais parler brièvement, en m'aidant des indications dues à MM. Dru (mission Roudaire)⁽³⁾, Doumet-Adanson⁽⁴⁾ et Letourneux⁽⁵⁾ (mission scientifique de Tunisie), ainsi qu'à M. Blanc⁽⁶⁾.

Toutes les oasis du Djérid, sauf celle d'El-Hamma, sont situées sur le versant du Draa et du Cherb occidental qui regarde le Chott Djérid, au bas de ce

⁽¹⁾ Oued Seldja, Oued Segui.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, p. 199.

⁽³⁾ E. Roudaire. — Rapport à M. le Ministre de l'instruction publique sur la dernière expédition des chotts, 1881.

⁽⁴⁾ Doumet-Adanson. — Sur le régime des eaux qui alimentent les oasis du Sud de la Tunisie (*Association française pour l'avancement des sciences*, 1884).

⁽⁵⁾ Letourneux. — Sur le projet de mer intérieure (*Ibid.*).

⁽⁶⁾ E. Blanc. — Le Sud de la Tunisie (*Bulletin de la Société de géographie commerciale*, 1888-1889).

versant et au bord du chott. Nefta, Tozeur, El-Oudiane (nom collectif donné à une série d'oasis fusionnées en une seule et appartenant aux villages de Degach, Kriz, Zergan, Seddada) se succèdent ainsi de l'Ouest-Sud-Ouest à l'Est-Nord-Est, le long du pied du rideau des collines en question.

Les oasis de Nefta et de Tozeur offrent des dispositions semblables. Chacune d'elles est logée au fond d'une large dépression, sorte d'anse naturelle, entaillée, d'une part, dans les terrains sablo-argileux du Draa, et, d'autre part, légèrement en contre-haut du chott. Vers la base du talus des collines qui encadrent ainsi l'oasis se trouvent les sources, dont les eaux se réunissent presque aussitôt et forment une rivière unique.

A Tozeur, oasis la plus importante du Djérid, on compte environ cent quarante sources, qui sourdent toutes au même niveau ou à peu près, et dont la réunion forme un cours d'eau débitant 1,050 litres par seconde (63,000 litres par minute). Cet énorme débit sert à l'irrigation d'une surface de 2,800 hectares, comptant 229,150 palmiers⁽¹⁾ (chiffre officiel)⁽²⁾ et 315 oliviers, plus à l'alimentation de 8,000 habitants. La température des sources est de 30 degrés, d'après la mission Roudaire, et de 28 degrés à 30°,5 (suivant les sources), d'après M. Blanc.

A Nefta, oasis écartée vers l'extrémité Ouest-Sud-Ouest du Draa, on a un groupe de sources extrêmement volumineuses, dont le débit est encore plus considérable qu'à Tozeur : il atteint 1,100 litres par seconde (66,000 litres par minute). Il sert à l'irrigation de 2,200 hectares, comptant 201,104 palmiers⁽³⁾ (chiffre officiel⁽⁴⁾) et 190 oliviers, et, de plus, à l'alimentation de 9,500 habitants. La température des sources est de 30 degrés, d'après la mission Roudaire, et de 31°,5, d'après M. Blanc. Nefta est citée comme la plus belle et la plus fertile des oasis du Djérid.

Aux oasis du groupe d'El-Oudiane, d'autre part, qui, au delà de Tozeur vers l'Est-Nord-Est, sont adossées au Cherb occidental, et dont l'ensemble n'offre pas moins de 8 kilomètres de longueur (118,470 palmiers⁽⁵⁾, 25,140 oliviers et beaucoup d'orangers et de citronniers), on observe une série de sources dont les dispositions ne sont plus les mêmes. Ces sources prennent naissance dans des fissures des roches crétacées. Elles offrent des débits relativement faibles et en voie de diminution; leur niveau s'abaisserait de plus en plus⁽⁶⁾. Elles sont

⁽¹⁾ Dont 13,386 deglet nour.

⁽²⁾ En réalité, il y en a le double. Soit, en moyenne, non loin de 0 lit. 30 par palmier et par minute : irrigation considérée comme strictement suffisante.

⁽³⁾ Dont 13,319 deglet nour. On voit que les nombres des deglet nour à Tozeur et à Nefta ne sont pas aussi considérables que la renommée des dattes fines de ces oasis le ferait supposer.

⁽⁴⁾ Moitié du nombre véritable. Soit environ 0 lit. 33 par palmier et par minute : irrigation suffisante et même abondante en certaines parties.

⁽⁵⁾ Dont 8,000 deglet nour.

⁽⁶⁾ A Tozeur aussi, malheureusement, il y a des indices d'abaissement du niveau des sources, d'après M. Doumet-Adanson.

captées séparément, et formaient autrefois cinquante-trois petites rivières parallèles. Parmi ces sources, trois seulement ont des températures semblables aux précédentes; la principale est celle de Kriz, qui, d'après la mission Roudaire, accuse 31°,5 « à l'endroit où l'eau jaillit du rocher ». Les autres sources d'El-Oudiane sont relativement froides (c'est-à-dire offrent des températures inférieures de plusieurs degrés).

Les sources et groupes de sources qui jalonnent ainsi, de distance en distance, le pied du Draa et du Cherb occidental, du côté du Djérid, sont à des altitudes très peu différentes, comprises entre 40 et 44 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Pour ce qui est des petites sources d'El-Oudiane, citées en dernier lieu, leur provenance crétacée ne fait pas de doute, puisque les terrains crétacés sont généralement visibles à leurs griffons ou à proximité. Le mécanisme de ces sources est évidemment tout à fait analogue à celui des sources du Zab occidental des premier et second types.

Quant aux grosses sources de Tozeur et de Nefta, leur mode d'alimentation semble plus complexe. Elles appartiennent, d'après M. Letourneux, sinon à une nappe unique, du moins à un même système aquifère, dont les eaux s'écoulent des dernières couches rocheuses du Djebel Cherb vers l'intérieur de l'isthme, avec une légère pente.

Légèrement artésiennes, les eaux qui circulent ainsi dans le Draa doivent correspondre à des couches plus ou moins perméables de grès, comprises entre des couches relativement imperméables de marnes. Leur volume et la constance de leur débit prouvent, d'ailleurs, l'importance des réservoirs souterrains qui les alimentent.

Comme provenance, un premier fait à constater est que ces eaux artésiennes sont forcément d'origine étrangère au Draa. Elles ne sauraient venir du Sahara, en remontant par le Sud-Ouest dans l'isthme. Elles ne peuvent venir que du Nord-Est et du Nord, et je considère qu'elles descendent de l'Atlas.

A ce propos, il est vrai, on peut faire remarquer qu'au Nord-Est du Draa el-Djérid s'étend la large plaine que traversent l'Oued Tarfaoui et ses affluents, et que le sous-sol de cette plaine est constitué sans doute par les mêmes terrains pliocènes que le Draa. Considérant que l'Oued Tarfaoui (Oued Baïech en amont) est une artère hydrographique de premier ordre et collecte les eaux fluviales du grand massif des montagnes de la région de Feriana, au Nord, on peut faire valoir que des infiltrations abondantes ont lieu dans le sous-sol de la plaine en question, qu'elles doivent s'écouler suivant l'aval-pendage des couches pliocènes, et qu'elles contribuent ainsi à l'alimentation des groupes de nappes aquifères correspondant aux sources de Tozeur et de Nefta.

Mais, pour ma part, tout en admettant un appoint de ce genre (dû aux infiltrations de l'Oued Tarfaoui), je crois qu'il ne saurait suffire à expliquer ni le volume considérable, ni la température déjà élevée des sources de Tozeur et de

Nefta. A mon sens, leur principale alimentation provient de nappes artésiennes et profondes, qui jaillissent, souterrainement des terrains crétacés à l'extrémité occidentale du Cherb et s'épanchent dans les terrains pliocènes du Draa. Il n'est pas douteux, en effet, que les terrains crétacés des montagnes du Nord se poursuivent avec continuité vers le Sud, sous les atterrissements de la plaine de l'Oued Tarfaoui, jusqu'au Djebel Cherb, où ils se relèvent et réapparaissent. Les nappes artésiennes qu'ils renferment doivent se poursuivre avec eux; il est naturel que certaines viennent jaillir au Cherb par un effet de siphonnement, et cela de préférence vers l'extrémité occidentale de la chaîne, où les couches offrent un relèvement moindre dans le sens transversal et, de plus, un plongement longitudinal suivant l'axe du plissement synclinal. En un mot, la disposition stratigraphique des couches crétacées amènerait les eaux souterraines à converger, dans un rayon sans doute étendu, vers la région du Cherb occidental et surtout vers son plongement souterrain sous le Draa el-Djérid même⁽¹⁾; arrivées là, elles jailliraient soit directement au jour, soit en profondeur, par des affleurements ou des fractures des couches où elles circulent. Une première série de nappes, généralement peu profondes, donneraient lieu aux sources d'El-Oudiane. Une seconde série de nappes, les plus importantes, s'épancheraient sous une certaine épaisseur de terrain pliocène, aux niveaux perméables duquel se formeraient ensuite des nappes artésiennes : telle serait l'origine du système des nappes qui viennent affleurer, le long du pied du versant méridional de l'isthme, aux sources de Tozeur et de Nefta⁽²⁾, où les eaux se déversent plutôt qu'elles ne jaillissent. Il ne s'agirait pas, d'ailleurs, de nappes très étalées; mais il y aurait là plutôt deux séries de rivières souterraines, aboutissant respectivement aux deux groupes de sources en question.

Outre les sources dont je viens de parler, la région du Djérid possède un dernier groupe remarquable de sources, dont une vraiment thermale : ce sont les sources de l'oasis d'El-Hamma, laquelle est située sur l'autre versant du Draa, regardant le Chott Gharsa.

Cette oasis d'El-Hamma est relativement peu importante (52,142 palmiers) et fort mal tenue. Pour ce qui est de la source thermale (légèrement sulfureuse) qui lui vaut son nom, sa température est de 42 degrés, d'après M. Blanc, dans le bassin où l'on se baigne généralement; « mais il existe alentour une foule d'autres sources à des températures diverses, dues au mélange de l'eau thermale avec la nappe froide superficielle⁽³⁾ qui alimente les ruisseaux voisins, servant à l'irrigation de l'oasis ». La température moyenne de ces sources ne serait que de 30 à 32 degrés. Toutes ces eaux jaillissent avec un fort débit, au

⁽¹⁾ Voir ma *Géologie du Sahara*, page 199.

⁽²⁾ Il est possible, d'ailleurs, que les sources de Nefta, isolées à l'extrémité Ouest-Sud-Ouest de l'isthme, correspondent à un afflux spécial d'eaux artésiennes, fournies par les terrains crétacés de la profondeur.

⁽³⁾ Froide relativement, bien entendu.

fond d'une large excavation entaillée dans des marnes bariolées et des grès très ferrugineux, appartenant au terrain pliocène du Draa.

La source thermale d'El-Hamma provient évidemment de bien plus grandes profondeurs que les autres sources du Djérid : elle provient, *a fortiori*, des terrains créacés sous-jacents. Elle doit être en relation avec des fractures importantes, peut-être des failles, de ces terrains et ses eaux traversent, de plus, une certaine épaisseur de terrains pliocènes avant d'émerger au jour.

III. SOURCES ET PUIXS ARTÉSIENS DE L'ÀARAD.

Les sources sont rares et peu importantes le long de la chaîne créacée du Djebel Cherb, entre ses extrémités occidentale et orientale, et cela se comprend, d'après la disposition stratigraphique des couches.

J'ai dit, dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾, que cette chaîne rocheuse régnait tout le long du rivage Nord des Chotts Djérid et Fejej, les couches relevées montrant leurs tranches du côté du chott et plongeant vers l'extérieur, au Nord. Le relèvement va croissant du Cherb occidental vers le Cherb central ou Dakhlania et il décroît ensuite vers le Cherb oriental. Vu du Sud, le Cherb⁽²⁾ figure ainsi un vaste bombement.

Dans ces conditions, il est naturel que les nappes artésiennes qui circulent dans les terrains créacés et descendent de l'Atlas s'écoulent de préférence vers le Cherb occidental, d'une part, et vers le Cherb oriental, d'autre part.

Aux nappes artésiennes qui s'écoulent vers le Cherb occidental et vers son prolongement sous le Draa el-Djérid, correspondent les sources ci-dessus décrites de la région du Djérid. A noter aussi, sur le flanc Sud du Cherb, non loin de son extrémité occidentale, la source assez élevée d'Aïn-Kebiriti, signalée par M. Dru⁽³⁾ comme sortant des couches créacées, au pied du massif de ce nom (température, 18°,2).

Du côté oriental, la continuité des terrains créacés est tout à fait apparente, depuis le massif de l'Arbata et les montagnes situées à l'Est de Gafsa, jusqu'au Djebel Hadifa, au Cherb oriental et aux reliefs montagneux qui s'observent plus à l'Est, près du littoral. Nous avons vu que les mêmes terrains créacés supérieurs encadrent le seuil qui sépare le Chott Fejej du golfe de Gabès, et qu'au col même, ils existent à peu de profondeur sous les atterrissements. Nous les avons suivis au delà vers le Sud, où ils constituent la région des Ourghamma, et au Sud-Ouest, la chaîne du Djebel Tebaga, celle-ci longeant la rive méridionale du Fejej⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Page 22.

⁽²⁾ *Cherb* signifie littéralement *lèvre*. En effet, le Djebel Cherb, au Nord, et le Djebel Tebaga, au Sud, encadrent les Chotts Djérid et Fejej comme deux lèvres.

⁽³⁾ L. Dru. — Note sur l'hydrologie et la géologie du bassin des chotts (*Rapport du commandant Rou-daire*, 1881).

⁽⁴⁾ *Géologie du Sahara*, page 22 et 172.

Ainsi donc les terrains crétacés forment une ceinture continue, à la surface ou à peu de profondeur, tout autour de la partie occidentale du Chott Fejej, entre ce chott et la mer. Or ce sont incontestablement les nappes artésiennes qu'ils renferment, qui alimentent les belles et nombreuses sources — naturelles ou artificielles — de cette région littorale et de son prolongement vers le Sud.

Ici commence la plaine côtière que l'on englobe généralement sous le nom de régions de l'Aarad : plaine allongée d'abord du Nord au Sud, puis du Nord-Ouest au Sud-Est, et s'étendant transversalement depuis le littoral du golfe de Gabès jusqu'au Chott Fejej et au Djebel Tebaga ⁽¹⁾, puis jusqu'au massif montagneux des Troglodytes.

Au Nord de l'Aarad, on a d'abord les sources de l'Oued Akarit. Celles-ci, d'après l'exposé de M. Dru, sortent évidemment du sein des terrains crétacés du Khangat el-Aïcha et du Djebel Mida, c'est-à-dire du massif montagneux qui fait suite au Cherb oriental vers le littoral ⁽²⁾.

Immédiatement au Sud se trouve la région dite *bassin de l'Oued Melah*, avec les sources et oasis d'Oudref, d'El-Aouïnat, de Metouïa, de Rhennouch. C'est dans cette région que fut entreprise par M. de Lesseps, il y a quelques années, une œuvre de forages artésiens et de création agricole, semblable à celle de l'Oued Rir'.

Le premier sondage d'exploration fut placé sur la plage même (à 1,200 mètres seulement de la mer) et sur le bord de l'Oued Melah. Il fut couronné d'un succès retentissant, et obtint, à la profondeur de 91 mètres ⁽³⁾, un débit évalué au chiffre énorme de 8,000 litres d'eau par minute ⁽⁴⁾. Malheureusement il se produisit bientôt un effondrement autour du puits, par suite évidemment d'un défaut de tubage et d'affouillements dans le terrain, et il s'est formé ainsi, à sa place, un *bahr*, dont le débit n'est plus que de 1,500 litres (ou même moins) par minute.

Le puits n° 2 fut exécuté au Nord-Ouest du précédent, non loin de l'oasis d'Oudref. Il n'a obtenu que des eaux ascendantes ⁽⁵⁾.

Le puits n° 3, placé au Sud d'El-Aouïnat et à l'Est de Metouïa, a donné

⁽¹⁾ A proprement parler, la plaine côtière de l'Aarad ne va pas jusqu'au Tebaga vers l'Ouest; elle est limitée de ce côté par le système de collines (Djebel Halouga, Djebel Chenchou, etc.) qui relie le massif des Matmata au seuil d'Oudref (ou au col de Fejej).

⁽²⁾ Voir la carte au $\frac{1}{400,000}$ du bassin des chotts, dressée en 1880 par le commandant Roudaire (*Commission supérieure pour l'examen du projet de mer intérieure dans le Sud de l'Algérie et de la Tunisie*, 1882).

⁽³⁾ La coupe géologique du sondage, surtout argileuse et marneuse, avec intercalations sableuses et gréseuses et quelques niveaux de cailloux roulés, se maintient dans l'étage fluviolacustre L₁ (Pliocène inférieur) décrit dans ma *Géologie du Sahara* (voir page 198); elle atteint vers 90 m. 50 des cailloux roulés, qui semblent appartenir au niveau de poudingue recouvrant le Crétacé — et desquels s'est dégagée la nappe jaillissante.

⁽⁴⁾ Il y avait, semble-t-il, de l'exagération dans cette évaluation.

⁽⁵⁾ Il coule néanmoins à l'aide d'un siphon.

8,000 litres par minute. Mais à la suite de l'exécution du n° 4, placé à El-Aouinat même, il a diminué de 2,000 litres : le nouveau sondage qui l'a influencé ainsi s'en trouvait cependant éloigné de plus de 2 kilomètres. Celui-ci (n° 4) a donné 6,000 litres ⁽¹⁾.

Les sources de Metouïa perdirent d'un quart à un tiers de leur débit à la suite du forage n° 3, bien que celui-ci en fût distant de 2 à 3 kilomètres. Celles d'Aouinat baissèrent beaucoup ensuite, par suite de la proximité du n° 4. Enfin les gens d'Oudref se plaignent aussi de la diminution de leurs sources.

On voit que si les sondages du bassin de l'Oued Melah ont donné de très beaux débits, ils ont eu des contre-coups immédiats les uns sur les autres, ainsi que sur les sources existantes. Ce bassin ne saurait donc être comparé, même de loin, aux belles parties de celui de l'Oued Rir', ni comme volume, ni surtout comme pression de la nappe artésienne. Son débit n'est évidemment susceptible que d'un accroissement fort limité, et son étendue est, d'ailleurs, assez restreinte. Ce n'est, pour ainsi dire, d'après M. Blanc, qu'un bassin artésien local.

L'Aarad comprendrait ainsi une série de bassins artésiens distincts : au Nord, le bassin de l'Oued Melah; au Sud de celui-ci, le bassin de Gabès; puis, au Sud-Est, le bassin des petites oasis de l'Aarad proprement dit; enfin, à l'Est-Sud-Est, le bassin de Zarzis.

Le bassin de Gabès serait le plus important. On y remarque, en particulier, les sources volumineuses qui alimentent l'oasis de Gabès, près du rivage même. Ces sources, qui donnent lieu à une véritable rivière, à régime constant, émergent des terrains crétacés, à l'Ouest, et débitent 900 litres à la seconde (54,000 litres par minute); elles servent à l'irrigation de 1,600 hectares, comptant 192,000 palmiers, plus à l'alimentation de 10,000 habitants.

Le même bassin présente, au Sud, les sources de Methurch, Teboulbou, Ain-Zerig, etc. Au Nord-Ouest, le massif crétacé du Djebel Hadissa donne aussi naissance à quelques sources.

Ces diverses sources semblent correspondre à un même système de failles : c'est ainsi qu'il faudrait entendre ici l'expression de « bassin artésien ». Les sondages seraient, par suite, fort aléatoires dans la région considérée ⁽²⁾.

A près de 30 kilomètres à l'Ouest de Gabès, sur le versant du Chott Fejej et à l'extrémité orientale du Djebel Tebaga, il y a lieu aussi de signaler ici le groupe isolé des sources thermales de l'oasis d'El-Hamma ⁽³⁾ (*Aquæ Tacapitanæ*, ancienne station balnéaire des Romains), bien qu'en réalité, il n'appar-

⁽¹⁾ Un tampon a été disposé pour diminuer son débit. — Ce puits, placé au centre du cercle formé par les cinq petites oasis d'El-Aouinat, devait permettre de reconstituer l'ancienne oasis, dont celles-ci ne sont que des débris. Mais, en présence du succès du forage, les indigènes refusèrent de céder leurs terrains, autrement du moins qu'à des prix exorbitants. On dut alors obturer le puits, en attendant une meilleure législation foncière.

⁽²⁾ Un premier sondage a échoué.

⁽³⁾ On dit parfois *El-Hamma de Gabès*, pour distinguer d'El-Hamma du Djérid.

tienne pas à l'Aarad⁽¹⁾. Ces sources renommées, les plus considérables de la contrée avec celles de Gabès, jaillissent par cinq à six griffons, avec une température d'au moins 51 degrés⁽²⁾; elles sont légèrement sulfureuses. Après avoir irrigué l'oasis, leurs eaux tombent dans l'Oued el-Hamma, qui se jette dans le Chott Fejej; à son arrivée au chott, la température de cette rivière est encore de 26 degrés.

Ces sources thermales d'El-Hamma de Gabès, de même que celles d'El-Hamma du Djérid et que celles de la Fontaine chaude de Biskra, proviennent évidemment de profondeurs beaucoup plus grandes que les autres sources de la lisière Nord du Sahara. Leur émergence doit être en relation avec des fractures ou des failles des terrains crétacés, près de l'extrémité orientale du soulèvement du Djebel Tabaga.

Pour ce qui est ensuite du bassin local supposé de l'Aarad proprement dit, M. Blanc considère qu'il s'étend du Nord-Ouest au Sud-Est depuis Ketena jusqu'à Zarat et Aram⁽³⁾. Les oasis y sont irriguées, indépendamment de quelques sources naturelles, par des puits artésiens de construction romaine⁽⁴⁾. On peut citer les puits d'Aram et de Mareth : celui-ci débite environ 4,000 litres par minute.

Un dernier bassin enfin correspondrait à la grande oasis de Zarzis. Le fait est qu'un sondage artésien vient d'y être entrepris et a été couronné d'un plein succès⁽⁵⁾.

On voit, en résumé, que toutes ces régions de l'Aarad tunisien sont éminemment artésiennes. Une étude spéciale démontrera ce qu'a de plus ou de moins fondé leur division en une série de bassins distincts; mais, quoi qu'il en soit, leurs eaux souterraines ont certainement une provenance semblable : qu'elles jaillissent naturellement par des sources ou artificiellement par des puits faits de main d'homme, que leurs gisements immédiats se trouvent dans les terrains d'atterrissement ou dans les terrains crétacés sous-jacents, toutes ces eaux artésiennes proviennent plus ou moins directement de nappes crétacées de la profondeur ou du voisinage. Quant aux nappes crétacées elles-mêmes, elles ont une origine assez lointaine, dans les montagnes de l'Atlas, au Nord-Ouest.

Il est naturel que ces régions de l'Aarad aient attiré l'attention de capitalistes désirant entreprendre la création ou l'exploitation d'oasis dans le Sud tunisien; car leur situation au bord de la mer offre des avantages évidents, au point de vue de l'économie et de la facilité des transports, pour l'exportation des produits

⁽¹⁾ Cette oasis d'El-Hamma, en effet, se trouve à l'Ouest du système des collines précitées du Djebel Halouga, du Djebel Chenchou, etc., et, par suite, n'est plus dans la plaine côtière de l'Aarad.

⁽²⁾ Pouvant descendre à 34 degrés, en certains endroits, par suite de mélanges ou de refroidissements.

⁽³⁾ Voir la petite carte de la Tunisie méridionale, dressée par M. E. Blanc (*Bulletin de la Société de géographie commerciale*, tome XI, n° 4).

⁽⁴⁾ Puits maçonnés.

⁽⁵⁾ Renseignement ajouté lors de la correction des dernières épreuves.

agricoles en Europe, etc. Au bord de la mer, il est vrai, il faut bien reconnaître que l'on ne peut guère compter sur le palmier comme élément sérieux de rapport : les dattes y sont de qualité très inférieure et sans aucune valeur pour l'exportation; cela tient aux conditions de climat que l'on rencontre sur le littoral, la sécheresse de l'atmosphère étant aussi nécessaire que la chaleur du soleil pour que la datte soit sucrée et savoureuse. En revanche, le climat du littoral est moins rude, plus clément et plus égal qu'à l'intérieur du Sahara, et, par suite, il permet sous les palmiers une plus grande variété de cultures.

Tandis que, dans l'Oued Rir' algérien, les cultures sous-jacentes ne sont que l'accessoire, elles seront forcément, dans l'Aarad tunisien, l'objet principal des exploitations agricoles.

IV. SOURCES DU NEFZAOUA.

Si maintenant l'on se dirige en sens inverse, de l'Est à l'Ouest, et qu'on suive la chaîne crétacée du Djebel Tebaga, le long de la plage Sud du Chott Fejej, on trouve que cette chaîne présente peu de sources, sauf près de ses deux extrémités (de même que la chaîne parallèle et opposée du Djebel Cherb, sur la plage Nord).

Comme au Cherb, les couches du Djebel Tebaga plongent vers l'extérieur du chott, c'est-à-dire ici, vers le Sud; de plus, longitudinalement au chott, elles figurent un bombement, avec plongements, d'une part, vers l'Est et, d'autre part, vers l'Ouest. Aussi comprend-on que (de même qu'au Cherb) les nappes crétacées soient plus abondantes aux extrémités de la chaîne, et qu'en même temps les conditions y sont plus favorables pour leur jaillissement.

A l'extrémité orientale du Tebaga, je viens de signaler (entre le Tebaga et l'Aarad) les grandes sources thermales d'El-Hamma. Non loin de là, M. Dru cite, sur le flanc Nord de la chaîne, les sources pures et fraîches, mais peu importantes, de l'Oued Magroun, dans des grès crétacés très durs. Puis les sources deviennent rares et peu abondantes le long de la partie centrale de la chaîne. Plus à l'Ouest, on trouve, entre le Tebaga et le Fejej, quelques sources, telles que celles d'El-Makès et de Sidi-Fteimi, appartenant à un groupe artésien qui semble assez intéressant, mais peu apparent et inutilisé : on peut admettre que là commence la série des nombreuses sources de la région voisine des oasis du Nefzaoua.

La chaîne du Djebel Tebaga se rapproche alors du Chott Fejej, pour se terminer, du côté occidental, par le promontoire effilé et rocheux de Debabcha, qui s'avance entre les Chotts Fejej et Djérid, dans la direction des oasis du Djérid⁽¹⁾. Il y a des sources tant sur le versant Nord que sur le versant Sud de ce promontoire jusqu'à sa pointe, et certaines jaillissent directement ou à peu près des terrains crétacés, par exemple à Bechri. Signalons aussi, à Menchia,

⁽¹⁾ Voir la carte au $\frac{1}{600,000}$ du bassin des chotts, dressée en 1880 par le commandant Roudaire.

des puits avec galeries transversales de drainage ou *feggaguir*, percées dans les couches crétacées du Tebaga.

On rencontre ensuite une quantité de sources à la surface de la plaine d'atterrissement qui s'étend au Sud de cette partie occidentale du Djebel Tebaga, le long du bord oriental du Chott Djérid : c'est la région du Nefzaoua proprement dite. Citons notamment les sources des oasis de Mansourah, de Kebilli, capitale du Nefzaoua, de Rhamate, etc., et plus au Sud, celles de Douz, de Sobria, d'El-Faouara.

D'après les renseignements que M. L. Teisserenc de Bort a bien voulu me communiquer, les sources de cette région du Nefzaoua émergent généralement au sommet ou sur le flanc de mamelons sableux : elles y forment de petits lacs, sans doute profonds (relativement à leurs dimensions horizontales), et ceux-ci se trouvent ainsi en contre-haut de la plaine environnante. Les oasis irriguées par ces sources présentent des bouquets de palmiers comme perchés sur les mamelons en question : cela donne à la région un cachet original.

Ces sources du Nefzaoua semblent donc, à première vue, tout à fait comparables aux behour et aux chria de l'Oued Rir'.

Les avis sont partagés cependant quant au mode de formation des mamelons où l'on voit émerger les eaux artésiennes du Nefzaoua. Pour M. Teisserenc de Bort, ce seraient autant de témoins de désagrégation : tout autour, les terrains d'atterrissement (qui constituent le sol de la région considérée) auraient subi des actions énergiques d'usure par les sables et d'érosions atmosphériques; les produits de désagrégation auraient été enlevés par le vent, mais les parties avoisinant les sources auraient résisté, grâce à la cohésion résultant de leur humidité. Pour M. Blanc, au contraire, ce seraient des dunes artificielles, dues (indirectement du moins) à l'action de l'homme; autrement dit, les sables que les vents transportent se seraient fixés là par suite des plantations et des ouvrages des oasis⁽¹⁾ (et aussi en raison de l'humidité du sol autour des sources). Pour ma part, tout en reconnaissant ce que les explications précédentes peuvent avoir de fondé dans tel ou tel cas, je serais fort étonné si, dans le principe, ces mamelons avec sources n'étaient pas dus (tout au moins pour un certain nombre d'entre eux) à de petits soulèvements des terrains aquifères d'atterrissement — soulèvements relatifs et locaux, ayant provoqué le jaillissement des eaux artésiennes aux points soulevés — ainsi que se sont certainement formés beaucoup de chria de l'Oued Rir'⁽²⁾. Cette dernière hypothèse ne serait pas, d'ailleurs, exclusive des phénomènes ultérieurs ci-dessus visés⁽³⁾.

Les températures des sources du Nefzaoua sont sans doute assez variables.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, pages 215, 221, etc.

⁽²⁾ *Ibid.*, page 120. — *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre I, § 3, I, et ci-après, 3^e partie, chapitre II, § 4, V.

⁽³⁾ Tels que fixation des sables par l'humidité autour des sources ou, inversement, érosions atmosphériques autour des terrains contigus.

A Blidet, M. Teisserenc de Bort a trouvé 24°,4. Une température presque identique, 24°,5, a été notée par la mission Roudaire aux sources de Sidi-Fteïmi, au Nord du Tebaga (ce qui indique des profondeurs analogues⁽¹⁾ pour leurs gisements souterrains d'eaux artésiennes).

Comment s'alimentent les eaux des sources du Nefzaoua proprement dit (situées le long de la plage orientale du Chott Djérid)? Avant d'émerger au jour, elles ont eu à traverser, d'après ce qui précède, une certaine épaisseur de terrains d'atterrissement; mais il est probable qu'elles proviennent, en majeure partie, des terrains crétacés sous-jacents, les mêmes qui se relèvent au Nord vers le Djebel Tebaga, où nous venons de voir qu'ils se montrent aquifères (et à l'Est, vers le plateau des Ourghamma). Pour ce qui est de l'alimentation des nappes artésiennes elles-mêmes de ces terrains crétacés, je présume que, même au Tebaga et au Nefzaoua, elle a lieu plutôt par le Nord que par le Sud, et cela malgré la découpe du Fejej : car s'il y a des solutions de continuité des couches entre le Djebel Cherb et le Djebel Tebaga, la continuité existe à l'Est de ces chaînes et sans doute à l'Ouest, sous le Djérid. D'une manière générale, les terrains crétacés, avec nappes artésiennes, forment le substratum de toute la région des chotts tunisiens.

On pourrait ajouter que les pluies qui tombent sur le Tebaga et au Nefzaoua même doivent intervenir aussi dans le régime de leurs eaux artésiennes (soit pour les terrains crétacés, soit pour les atterrissements). Mais leur apport est trop faible pour qu'elles jouent un rôle sensible dans l'alimentation des nappes profondes.

Je crois plutôt que les eaux artésiennes qui jaillissent ainsi sur la plage orientale du Djérid reçoivent un certain appoint par le Sud. Celui-ci doit être fourni par les nappes souterraines des vastes régions d'atterrissement qui s'étendent, en se relevant doucement, dans cette direction, et surtout par les eaux d'infiltration des grandes dunes de sable de l'Erg oriental, en aval desquelles se trouve situé le Nefzaoua⁽²⁾.

Le Nefzaoua ne laisse pas que de représenter une réelle valeur. « On n'y compte pas moins d'un millier d'oasis (officiellement 1,003), dit M. Blanc, dont une quarantaine ont une étendue importante. Elles appartiennent à quarante-cinq villages ou centres de population. Les habitants sont au nombre de 25,000 environ. Les palmiers, dont le chiffre, accusé par le dernier recensement officiel, était de 278,110, sont en réalité au nombre de plus de 1 million. On compte, en outre, dans ces diverses oasis 5,600 oliviers. »

Plusieurs de ces oasis ont été acquises par la Société de colonisation de l'Oued-Melah, dans ces dernières années.

⁽¹⁾ Environ 55 mètres, à en juger par analogie avec l'Oued Rir' et d'après les conclusions ci-après du § 11 du présent chapitre.

⁽²⁾ Voir ci-après chapitre II, § 9, I.

V. SOURCES DANS LE CHOTT DJÉRID.

Indépendamment des nombreuses sources que le Chott Djérid présente, d'une part, le long de sa plage orientale, au Nefzaoua, et, d'autre part, le long de sa plage occidentale, de Nefia à Kriz, il n'est pas douteux qu'une grande quantité de sources existent également à l'intérieur de la cuvette même du chott.

On a souvent cité la description saisissante que M. Ch. Tissot⁽¹⁾ a donnée de cette vaste et mystérieuse dépression — de cet abîme de boue liquide, tombeau de tant de caravanes — de ce lac recouvert d'une mince croûte de sel sur laquelle on chemine suivant une piste étroite et rigoureusement tracée. — Des crevasses s'ouvrent de distance en distance, et forment en quelque sorte les « regards » de la nappe liquide qui s'étend sous les pas du voyageur. Au milieu même de ce lac salé, il existe des puits et des sources, dont l'eau, bien que saumâtre, est potable, et « ce phénomène s'explique, dit M. Tissot, par les îles assez nombreuses qu'on observe dans le lac, et dont quelques-unes forment, au-dessus de la nappe salée, les cratères d'autant de volcans sous-marins, donnant passage aux eaux relativement douces des couches inférieures ».

Cela est dit fort nettement et indique l'existence de véritables *chria*, avec sources naturelles, sous-lacustres, au milieu même du Chott Djérid.

Sur les bords également, les plages vaseuses du chott présentent, d'après M. Dru, les ouvertures de nombreuses cheminées naturelles, sortes de puits artésiens, amenant les eaux souterraines à la surface : ce sont des *behour*, et c'est, en effet, le nom que les indigènes leur donnent également dans cette région. Un sondage fut pratiqué par la mission Roudaire dans une de ces cheminées naturelles, en face de Kriz, et obtint des eaux jaillissantes.

Ainsi le Chott Djérid possède de nombreuses sources, *behour* et *chria*, et, à cet égard, il diffère des Chotts Melrir et Gharsa⁽²⁾. Ceux-ci présentent aussi des parties submergées, des sortes de lacs boueux et salés, dont la hauteur d'eau est variable avec les saisons, et qui sont alimentés par les affleurements de nappes peu profondes (nappes de nature mixte, ascendantes et d'infiltration), ainsi que par les pluies et l'apport des oueds. Mais le Chott Djérid recevant, en outre, l'apport de sources proprement dites, qui débouchent dans l'intérieur de la cuvette (et dont le débit doit augmenter quand la hauteur d'eau qui les recouvre tend à diminuer), on se rend compte ici de l'existence d'un lac beaucoup plus important, avec niveau relativement constant, et avec formation d'une croûte solide de sel sous l'effet de l'évaporation solaire. Quant au magma boueux qui constitue la grande masse des matériaux de remplissage de la cuvette du chott, il peut s'expliquer au moyen de sources qui jailliraient en bouillonnant

⁽¹⁾ Ch. Tissot. — Géographie comparée de la province romaine d'Afrique, 1876 (complétée par Salomon Reinach, 1884).

⁽²⁾ Où, tout au moins, de semblables sources sont rares et peu importantes.

au fond du lac, de manière à en brasser les alluvions limoneuses et à les maintenir dans un état semi-liquide.

Pour ce qui est de l'origine des sources du Chott Djérid, les unes me semblent correspondre à des sources souterraines dont les eaux sortiraient des terrains crétacés sous-jacents et se frayeraient passage au travers des atterrissements superposés (moins puissants ici que dans le Chott Melrir); les autres doivent être alimentées par des nappes sous pression, renfermées dans ces atterrissements (et plus profondes que la nappe de Tozeur à Nefta), mais alimentées elles-mêmes par les nappes des terrains crétacés de la région. En somme, l'alimentation se fait surtout par les terrains crétacés, et par le Nord.

Dans le Chott Fejej, les sources semblent assez rares; on cite l'Aïn Tararfi, aujourd'hui tarie⁽¹⁾.

VI. PROVENANCE CRÉTACÉE DES EAUX ARTÉSIENNES DU SAHARA TUNISIEN.

D'après ce qui précède, les eaux artésiennes des diverses régions du Sahara tunisien peuvent être considérées comme étant (sinon en totalité, du moins en très grande partie) de provenance crétacée. Les sources naturelles (et artificielles) de ces régions correspondent, d'une manière plus ou moins complexe, mais indubitablement, à des nappes d'eaux artésiennes circulant dans les terrains crétacés du sous-sol et s'écoulant souterrainement des massifs crétacés (et éocènes) des montagnes de l'Atlas tunisien, au Nord. Leur principale alimentation a même lieu assez loin vers le Nord, et semble se placer surtout dans le grand massif des Nemencha et des Frachich, au Nord-Ouest.

Conclusions semblables à celles qui ont été précédemment établies, avec plus d'évidence peut-être, pour les sources de la lisière Nord du bas Sahara algérien, mais non moins certaines, et s'appliquant ici, dans le bas Sahara tunisien, à des régions beaucoup plus étendues vers le Sud. Tandis qu'au pied de l'Aurès, en effet, quand on descend vers la région du Chott Melrir, on arrive de suite au fond même du bassin d'atterrissement du bas Sahara — les terrains crétacés des montagnes du Nord ayant aussitôt plongé définitivement sous les atterrissements et ne régnant plus dès lors qu'à de grandes profondeurs, pour réapparaître seulement au loin vers le Sud et aux approches du Sahara central (pl. X, fig. 1 et 2), on se trouve, au contraire, dans le Sahara tunisien, sur le bord oriental du bassin — les terrains crétacés régnant à des profondeurs moindres sous les atterrissements, figurant des ondulations qui les font réapparaître auprès des Chotts Djérid et Fejej, enclavant le Chott Fejej même dans une sorte de boutonnière rocheuse, et formant une ceinture presque continue à la surface le long du lit-

⁽¹⁾ D'après M. Dru, on compte, dans la région du Djérid et du Fejej, plus de cent oasis disparues, par suite du tarissement des sources. Ce phénomène s'explique par une diminution graduelle de force ascensionnelle, résultant de l'obstruction des conduits aquifères par l'éboulement des couches sableuses qu'ils traversent.

toral du golfe de Gabès (pl. IV). — On comprend donc que, dans le Sud tunisien, les nappes artésiennes que renferment les couches crétacées soient amenées à jaillir à la surface en plein Sahara, soit par certains affleurements des couches relevées, soit par certaines fractures résultant de leurs soulèvements.

§ 4. ARTÈRES ARTÉSIENNES DE L'INTÉRIEUR DU BAS SAHARA. — L'Oued Rir'.

L'Oued Rir' est la région la mieux dotée et aujourd'hui une des mieux connues du bas Sahara algérien au point de vue hydrologique. C'est là que se trouve, pour ainsi dire, le centre de gravité des eaux artésiennes de cet immense bassin.

J'ai comparé l'Oued Rir' à « une petite Égypte avec un Nil souterrain qui, s'il n'a pas de crue fertilisante, est, du moins, constant dans son débit ⁽¹⁾ ».

Nous avons vu ⁽²⁾ que c'est une vallée qui descend du Sud au Nord et aboutit au Sud-Ouest du Chott Melrir, que son lit mineur est représenté par une zone de bas-fonds, *chotts* et *sebkha*, et que le long de cette zone déprimée s'échelonnent une série d'oasis, Tougourt, Ourlana, Mraïer, etc., sur un parcours de 130 kilomètres (depuis Bledet-Ahmar, au Sud, jusqu'à Ourir, au Nord). Or l'existence de cette série d'oasis est liée à la présence d'un grand réservoir d'eaux artésiennes à haute pression, qui règne souterrainement à l'aplomb de la zone des bas-fonds de la surface, et dont on peut faire jaillir l'eau en abondance, au moyen de puits suffisamment profonds. De nombreux puits jaillissants, les uns creusés par les indigènes et boisés, les autres forés par la sonde française et tubés en fer, jalonnent de distance en distance ce réservoir souterrain, qui règne avec continuité tout le long de l'Oued Rir'.

En 1890, on comptait dans l'Oued Rir' ⁽³⁾ 659 puits artésiens indigènes, dont le débit total (en y ajoutant celui de 28 behour irriguant effectivement ⁽⁴⁾) était de 112,693 litres par minute, et 133 puits artésiens français, dont le débit total était de 200,611 litres par minute. Soit un débit total, pour tous les puits de l'Oued Rir', de 313,304 litres par minute.

J'ai passé en revue, dans le chapitre précédent, les régions successives de l'Oued Rir' et rendu compte, d'une manière détaillée, des divers faits d'observation relatifs à leurs eaux artésiennes.

⁽¹⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887).

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 3, *Aperçu topographique*.

⁽³⁾ J'ai inséré plus haut (pages 56 et 57), au commencement de la 3^e partie, un tableau comparatif, dressé par M. Jus, des oasis de l'Oued Rir' en 1856 et en 1890. Les chiffres que j'indique maintenant ici ont été obtenus en prenant dans ce tableau les données correspondantes pour 1890, mais en y ajoutant, conformément à la note 3 de la page 56, les données relatives aux oasis de Bledet-Ahmar et d'El-Gong, dans le Sud de l'Oued Rir' (soit, en plus, 42 puits artésiens indigènes, débitant ensemble 5,230 litres par minute), et en retranchant, conformément à la même note, les données relatives à Chegga, au Nord de l'Oued Rir' (soit, en moins, 3 puits artésiens français, débitant ensemble 655 litres par minute). — (Renseignements ajoutés avant la publication.)

⁽⁴⁾ Voir le même tableau, page 56.

En résumé, les eaux souterraines que font jaillir les sondages pratiqués suivant la zone principale de l'Oued Rir' viennent d'une profondeur moyenne de 75 mètres sous la surface : elles possèdent une température moyenne de 25°,6⁽¹⁾. Elles ont leur gisement au sein de la masse très perméable des sables quartzeux qui constituent l'étage de transport inférieur *l'*, distingué par moi dans la grande formation des atterrissements anciens du bassin du bas Sahara algérien⁽²⁾. Mais elles sont recouvertes par le massif superposé et imperméable des marnes et marnes sableuses avec gypse, qui constituent l'étage lacustre *l* de l'Oued Rir', également distingué dans les atterrissements en question : or c'est ce massif imperméable qui maintient les eaux sous pression en profondeur. Son épaisseur est, en moyenne, de 65 mètres⁽³⁾.

Les sondages ont à traverser cet étage marneux pour atteindre la grande nappe jaillissante. Aussitôt que le trépan a percé la couverture, c'est-à-dire la couche qui recouvre immédiatement la nappe et qui, dans la région centrale de l'Oued Rir', est formée d'une roche très dure, les eaux comprimées font, en général, irruption d'elles-mêmes dans le trou de sonde et jaillissent à l'orifice de la colonne métallique⁽⁴⁾ : le premier jet s'élançait parfois à plusieurs mètres de hauteur. Le plus souvent toutefois, il faut aider au dégagement graduel de la nappe, et, à cette fin, le sondeur doit explorer, fouiller, agiter, au moyen d'outils convenables, la masse des sables aquifères, où il pénètre ainsi d'une vingtaine de mètres en moyenne. Pendant quelques jours, l'eau charrie en jaillissant beaucoup de sables et de cailloux, et parfois même de gros blocs, qu'elle vomit ou projette à la surface; puis il s'établit peu à peu un régime stable, et, dès lors, l'eau sort claire et limpide de l'orifice.

Bien qu'imperméable dans son ensemble, l'étage marno-lacustre *l* ne laisse pas que de varier de composition d'une région à l'autre : il présente fréquemment des mélanges et des intercalations de sables, et, par suite, des niveaux perméables. Aussi peut-il renfermer lui-même des eaux artésiennes, ascendantes ou jaillissantes : d'où certaines nappes secondaires, que recoupent les sondages avant d'arriver au gisement principal.

⁽¹⁾ Ces moyennes de profondeur et de température ont été obtenues (voir le tableau synoptique ci-dessus, pages 68 et 69) en tenant compte des groupes d'Ourir, d'El-Berd, de Zaouiet-Rihab, d'Ourlana, de Moggar et de Tougourt, mais non des groupes latéraux de Sidi-Khelil, de Tamerna et de Sidi-Rached, à l'Ouest, ni du groupe terminal de Bledet-Ahmar, au Sud.

Si, avec les six groupes précités (d'Ourir à Tougourt), on tient compte des deux groupes latéraux, mais peu écartés, de Tamerna et de Sidi-Rached, on trouve comme profondeur moyenne des eaux artésiennes 71 mètres et comme température moyenne 25°,4.

Pour plus amples explications, voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 11.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre II, § 1, II.

⁽³⁾ Le long de la zone principale des bas-fonds de la surface, c'est-à-dire en ne tenant compte que des six groupes indiqués à la note 1 ci-dessus, d'Ourir à Tougourt. Si l'on tient compte, en outre, des deux groupes latéraux de Tamerna et de Sidi-Rached, on trouve comme épaisseur moyenne 62 mètres.

⁽⁴⁾ La colonne ascensionnelle, formée par le dernier jeu de tubes, a généralement 0 m. 20 de diamètre dans les sondages de l'Oued Rir', ainsi que j'ai déjà dit à l'Appendice II du chapitre précédent.

Par places, les eaux sous pression se sont elles-mêmes frayé passage au travers des terrains superposés; elles ont donné lieu alors à des sources, aux points d'émergence desquelles se trouvent des bassins naturels, lacs ou petits réservoirs, de dimension variable, mais relativement profonds — sortes de gouffres artésiens, ou buttes comparables aux cratères de petits volcans d'eau : — ce sont les *behour* et les *chria*, que l'on rencontre en grand nombre tout le long de l'Oued Rir' (surtout dans la région centrale, dite région d'Ourlana). Nul doute que ce furent ces sources naturelles qui jadis révélèrent aux indigènes la possibilité d'obtenir des eaux jaillissantes à la surface de l'Oued Rir', et qui donnèrent la première idée d'y creuser des puits artésiens.

Ajoutons cependant qu'une partie des *behour* et aussi certains *chria* sont simplement, comme on verra, d'anciens puits indigènes éboulés.

Qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle, les *behour* et les *chria* sont alimentés par des eaux artésiennes, dont ils dénotent la présence en profondeur. Maintenant encore ils aident l'ingénieur à déterminer la répartition des eaux souterraines et l'allure de leur gisement, quand les recherches directes manquent ou sont insuffisantes.

Ces indications ou des indications analogues ont déjà été données par Ville⁽¹⁾; mais Ville présentait le bassin artésien de l'Oued Rir' comme un bassin ordinaire et régulier. Dans l'Oued Rir' cependant, il ne s'agit pas (ainsi qu'il résulterait des descriptions de détail ou des conclusions de cet auteur) de plusieurs nappes comparables entre elles, la nappe inférieure ne différant que par un niveau hydrostatique plus élevé — ni d'une série de niveaux aquifères superposés et distincts, correspondant aux alternances perméables et imperméables des couches régulières d'une formation régulièrement stratifiée — ni de cuvettes artésiennes, dont l'allure ne résulterait que des ondulations du sol, et où la pression et le volume des eaux souterraines dépendraient surtout de l'altitude.

En réalité, le bassin artésien de l'Oued Rir' ne possède qu'une seule nappe principale. Cette nappe est allongée du Nord au Sud sous forme d'artère, et on a pu la comparer avec quelque raison à une *rivière souterraine*. Les facteurs de la pression et du volume des eaux artésiennes, le long de l'artère en question, sont beaucoup plus complexes que ne sembleraient l'indiquer les éléments d'appréciation tirés simplement de l'altitude et de la stratigraphie.

Le sujet est assez intéressant et assez délicat pour mériter d'être traité à nouveau ici, avec soin et d'une manière synthétique. Ce sera l'objet de l'étude qui va suivre.

J'y joindrai aussi un exposé spécial sur les *behour* et les *chria*, et m'attacherai à fixer les idées sur leurs modes de formation.

Je terminerai cette étude par quelques considérations sur le mécanisme de l'écoulement naturel des eaux dans le bassin artésien de l'Oued Rir'.

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara. — 1865.

I. UNE SEULE NAPPE PRINCIPALE.

Et d'abord, on peut dire qu'en principe, dans l'Oued Rir', il n'y a qu'une seule grande nappe jaillissante, renfermée dans les sables inférieurs *l'*.

De fait, cette nappe est unique quand l'étage superposé *l* se trouve être entièrement marneux et imperméable, ou à peu près du moins. Tel est le cas général pour la région méridionale de l'Oued Rir'.

La nappe artésienne est unique également, alors même que l'étage *l* devient en partie sableux, quand la couverture des eaux artésiennes possède une imperméabilité et une compacité suffisantes pour bien maintenir en profondeur les eaux sous pression. Tel est le cas le plus fréquent dans la région centrale de l'Oued Rir'.

Mais souvent aussi la couverture est imparfaite, laisse passer une certaine quantité des eaux de la grande nappe et présente, pour ainsi dire, des fuites plus ou moins abondantes. Ces eaux remontent alors et se distribuent, au-dessus, dans les niveaux plus ou moins sableux et perméables de l'étage marno-lacustre *l*. Comme les couches de ce genre de formation ne sont pas régulières et changent latéralement de composition, il arrive que les eaux ascendantes — après avoir été maintenues d'abord par un niveau imperméable, sous lequel elles se sont étalées — trouvent ensuite, à une certaine distance horizontale, une nouvelle issue et peuvent continuer alors leur marche ascensionnelle. De plus, l'étage considéré est traversé de part en part par une série de conduits, naturels ou artificiels, faisant communiquer la nappe souterraine avec les be-hour et les chria, et, le long de ces cheminées d'ascension, une fraction des eaux artésiennes doit évidemment s'épancher dans les niveaux perméables. On comprend donc que l'étage marno-lacustre *l* puisse renfermer lui-même une certaine quantité d'eaux artésiennes : mais celles-ci ne représentent que les déperditions de la grande nappe sous-jacente, et elles sont, sauf exception, en proportion relativement faible.

L'étage *l* peut même renfermer ainsi de véritables nappes artésiennes, quand sa composition comporte des alternances nettement caractérisées de couches perméables et imperméables. Mais alors ces nappes secondaires sont toujours en nombre restreint ; il n'y a lieu généralement d'en distinguer au plus qu'une ou deux, soit ascendantes, soit faiblement jaillissantes. Elles sont, d'ailleurs, lenticulaires d'allure, de même que les couches perméables qu'elles imbibent, et elles ne se poursuivent ordinairement pas loin dans le sens horizontal. Pour ce qui est des correspondances qu'on a cherché à établir entre les nappes secondaires de ce genre, recoupées ici ou là dans l'Oued Rir' par toute une série de sondages, je les considère, en général, comme inexactes, dès qu'il s'agit de sondages situés à une certaine distance les uns des autres.

La région septentrionale de l'Oued Rir' est la seule où je reconnaisse l'exis-

tence réelle de nappes secondaires jaillissantes d'une certaine étendue et d'un débit assez notable : par exemple, à El-Berd et Tinedla, à Mraïer, à Ourir. Encore serait-il illusoire, selon moi, de vouloir paralléliser, entre des groupes de sondages trop éloignés, deux nappes successives, même dûment constatées dans chacun d'eux. Seule la grande nappe principale représente un niveau continu.

Enfin une partie des eaux artésiennes qui arrivent, ainsi qu'il vient d'être dit, à s'infiltrer dans les terrains superposés à la grande nappe, s'élève encore, tant en vertu de la pression artésienne que par un effet de capillarité, jusqu'auprès de la surface elle-même : d'où une dernière nappe ascendante, insignifiante comme volume, mais remarquable par sa constance. Son eau est généralement saumâtre.

Ajoutons, pour ce qui concerne la grande nappe principale, que, normalement, elle ne forme, dans le sens vertical, qu'une seule masse aquifère, sinon homogène, du moins dans laquelle il est pratiquement impossible au sondeur de distinguer des variations tranchées de volume et de pression. Parfois, il est vrai, on a constaté que cette grande nappe se subdivisait, dans un rayon restreint tout au moins, par suite d'intercalations imperméables et lenticulaires au sein des sables aquifères *t'* : mais ce ne sont là que des cas accidentels ⁽¹⁾. Presque toujours, quand les journaux de sondage ont consigné, au passage des sables aquifères, la traversée de plusieurs nappes successives, ce n'étaient là que des apparences trompeuses, correspondant à des alternances d'obstruction et de dégorgement de la colonne ascensionnelle pendant les opérations du dégagement de la nappe : la nappe se dégage alors progressivement et par à-coups, jusqu'au maximum de débit dont elle est susceptible ; mais elle n'en est pas moins unique.

II. DISPOSITIONS DE LA NAPPE ARTÉSIENNE SOUS FORME D'ARTÈRE.

Il ne s'agit pas dans l'Oued Rir', ainsi que le pensait Ville, d'une nappe qui serait simplement concentrique aux couches géologiques, et dont la largeur serait comparable à la longueur, dans le sens horizontal.

Un coup d'œil d'ensemble sur la carte de l'Oued Rir' (pl. III) montre de suite que les oasis et les puits jaillissants, les behour et les chria, loin d'être répartis indifféremment à la surface de cette large plaine, sont groupés et échelonnés du côté oriental, et occupent une bande à peu près Nord-Sud, laquelle côtoie la zone des bas-fonds de la vallée. On est porté à en conclure que les eaux artésiennes se trouvent également concentrées en profondeur suivant une bande Nord-Sud, ne régnant que du côté oriental de la plaine et qu'au voisinage de la zone des bas-fonds de la surface.

Cette conclusion est confirmée par l'étude détaillée de la question. Si l'on

⁽¹⁾ En général, d'ailleurs, quand il y a ainsi plusieurs nappes à proximité de la couverture des eaux artésiennes, cela tient plutôt à l'existence de niveaux perméables, au-dessus, dans l'étage marno-lacustre *l*, qu'à l'interposition de niveaux perméables, au-dessous, dans les sables aquifères *t'*.

fait une série de coupes hydrologiques transversalement à l'Oued Rir', c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest, on trouve que, règle générale, les eaux artésiennes possèdent leur maximum de volume et de pression à l'aplomb ou aux environs immédiats de la zone des chotts et des sebkha qui longent la falaise orientale qu'elles ne règnent ainsi en abondance que sur une largeur, d'ailleurs variable, ne dépassant pas quelques kilomètres vers l'Ouest; puis, que leur volume et leur pression diminuent assez rapidement dans cette direction, sur une distance transversale de 2 à 3 kilomètres, en général, et parfois presque brusquement; enfin qu'au delà, les eaux artésiennes ne sont plus jaillissantes, ou même font à peu près défaut.

C'est ce qu'expriment les quatre profils schématiques que j'ai dressés transversalement à l'Oued Rir', à des hauteurs successives de la vallée — savoir par Sidi-Khelil, par Ourlana, par Meggarin-Khedima et par Tougourt (pl. XXII, fig. 3 à 6) — et sur lesquels j'ai indiqué où cesse à peu près la nappe du côté occidental. Je ne pouvais multiplier ces profils, mais j'ajouterai que, dans certaines régions, la nappe est beaucoup plus étroite.

Que si, d'autre part, on fait une série correspondante de coupes géologiques transversalement à l'Oued Rir', on trouve que, sauf exception, l'étage marneux et imperméable *l*, qui est superposé aux sables aquifères *t'*, se poursuit presque horizontalement et avec les mêmes caractères vers l'Ouest, bien au delà de la limite occidentale à laquelle nous venons de voir que s'arrête la nappe sous-jacente. En réalité, l'ensemble de la formation se relève doucement vers l'Ouest, en même temps que l'étage lacustre *l* diminue légèrement d'épaisseur; mais les pentes qui en résultent, tant pour la surface générale de contact des étages lacustre *l* et de transport *t'* que pour la surface générale de la plaine de la vallée, sont très faibles. Ces pentes sont fortement exagérées sur mes profils transversaux, où l'échelle des hauteurs est cinquante fois plus grande que celle des bases. Sous cette réserve, les trois profils par Ourlana, Meggarin et Tougourt (pl. XXII, fig. 4, 5 et 6) représentent des variantes de la disposition normale; quant au profil transversal par Sidi-Khelil (pl. XXII, fig. 3), il s'applique à une région spéciale, où l'étage lacustre *l* présente un amincissement relativement rapide vers l'Ouest, ce qui est un cas exceptionnel.

Ainsi la couverture des eaux artésiennes, malgré ses inégalités d'allure et de composition, forme dans son ensemble une couche imperméable et presque horizontale vers l'Ouest, quelle que soit la répartition des eaux artésiennes que renferment les sables sous-jacents. Les eaux artésiennes cessent à peu de distance vers l'Ouest; mais la couche qui leur sert de couverture se poursuit au delà, sur plusieurs kilomètres au moins, sans changement apparent: autrement dit, la limite occidentale des eaux ne correspond à aucun indice stratigraphique.

Quelles sont les raisons pour lesquelles la nappe artésienne de l'Oued Rir' cesse ainsi vers l'Ouest? La plus probable est la diminution de perméabilité des sables de l'étage inférieur *t'* dans cette direction; c'est, d'ailleurs, une question

sur laquelle je reviendrai. Mais, quoi qu'il en soit à cet égard, le fait est qu'on n'est pas ici en présence d'une couche aquifère proprement dite, se conformant uniquement aux divisions stratigraphiques des formations géologiques. Tout au moins la nappe dont il s'agit n'est-elle comparable à une nappe ordinaire que dans chaque région locale, en particulier, et dans des rayons de quelques kilomètres seulement.

Pour ce qui est, d'autre part, du côté oriental de l'Oued Rir', je n'ai pu indiquer sur mes profils transversaux (pl. XXII, fig. 3 à 6) où s'arrêtait latéralement l'extension souterraine de la nappe artésienne. Il est certain qu'en général, elle règne encore le long du bord oriental de la zone des chotts et au pied de la falaise qui se dresse de ce côté; de plus, elle doit se poursuivre à quelque distance plus à l'Est, sous le plateau du Souf, dans certaines régions tout au moins. Mais on peut admettre qu'elle cesse bientôt aussi de ce côté; car, comme je l'ai exposé, si elle régnait encore au delà avec les mêmes pressions que sous l'Oued Rir', il serait bien invraisemblable que les eaux artésiennes n'eussent pu nulle part se frayer passage jusqu'à la surface: or les indices extérieurs d'eaux jaillissantes font absolument défaut sur le plateau considéré. D'ailleurs, si l'on se reporte aux considérations générales qui seront développées plus loin, à propos de l'alimentation du bassin artésien du bas Sahara⁽¹⁾, et si l'on remarque la situation occupée par l'Oued Rir' près du bord occidental de ce bassin (pl. X, fig. 3), on comprend que les eaux artésiennes y soient concentrées et localisées en profondeur. Aussi ma conclusion est-elle que la nappe souterraine de l'Oued Rir' est limitée à l'Est comme à l'Ouest, et, de même sans doute, assez brusquement.

En résumé, la nappe artésienne de l'Oued Rir' occupe une zone allongée qui règne tout le long de la vallée, mais seulement du côté oriental. C'est une sorte d'*artère souterraine*. Cette artère se trouve à l'aplomb des bas-fonds de la surface, sensiblement plus large que celle-ci, mais beaucoup moins large que la vallée elle-même; elle est limitée latéralement, et, pour ainsi dire, de moins en moins gonflée sur ses bords.

Vers le Nord, quand la zone des bas-fonds cesse et se jette dans le Chott Melrir, l'artère se poursuit dans des conditions semblables jusqu'à l'extrémité de la région septentrionale de l'Oued Rir', et peut-être au delà. Toutefois il semble, avons-nous vu, qu'elle s'épanouisse alors du côté oriental, sous le Chott Mérrouan (dépendance du Melrir), où elle communiquerait avec un réservoir souterrain d'alimentation, alimenté lui-même par le Nord.

III. HYPOTHÈSE DE LA RIVIÈRE SOUTERRAINE DE L'OUED RIR'.

L'instinct des indigènes ne les trompe donc pas tout à fait quand ils parlent,

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 9, II.

dans leur langage imagé, de la *rivière souterraine* de l'Oued Rir', qui, d'après eux, coulerait du Sud au Nord.

Le mot de *rivière* traduit bien l'idée de notre zone allongée, de notre artère liquide. Mais cette expression fait penser à un écoulement rapide ou, du moins, doué d'une vitesse appréciable : or cela est contraire à la réalité — et, à ce point de vue, d'ailleurs, le mot d'*artère*, que je préfère pour d'autres raisons, ne vaut pas mieux.

Assurément les eaux souterraines de l'Oued Rir' ne sont pas stagnantes, ni comprises dans un réservoir clos, sans écoulement, ce qui serait contraire aux lois de la nature. Elles présentent bien un écoulement réel et continu, entre les sources qui les alimentent et les points où elles émergent; mais il s'agit d'un écoulement général, de vitesse insensible, sauf au voisinage immédiat de certains points d'entrée et de sortie.

Quant à un écoulement comparable à celui d'une rivière, c'est une pure supposition, qui ne repose sur aucun fondement. D'où viendrait, où irait cette rivière qu'on ne voit naître, ni apparaître, ni sortir nulle part? Les narrations de bruits souterrains, tels qu'en produirait un torrent impétueux, sont — en ce qui concerne l'Oued Rir' tout au moins — des légendes enfantées par l'imagination des indigènes : ce n'est pas au fond d'un trou étroit, de moins de 1 mètre de largeur et de 60 à 70 mètres de profondeur, le plus souvent envahi par des eaux parasites contre lesquelles on avait peine à lutter, que les puisatiers les plus fameux ont pu s'orienter et juger que leur cours d'eau souterrain coulait vers le Nord!

Tout au contraire, c'est par le Nord, comme je le démontrerai⁽¹⁾, que s'alimentent principalement les eaux souterraines de l'Oued Rir', et leur écoulement général a lieu du Nord au Sud, et non pas du Sud au Nord.

Il ne serait pas impossible qu'il y eût confusion, dans la tradition des indigènes, entre l'Oued Rir' souterrain et l'ancienne rivière, qui — à une époque certainement fort reculée dans les temps historiques, mais sans doute déjà en présence de l'homme — coulait encore à la surface de cette vallée⁽²⁾, rivière dont la ligne des chotts et des sebkha actuels représente le lit aujourd'hui desséché : l'ancien Oued Rir' coulait, en effet, vers le Nord. Aujourd'hui même encore, quand il tombe de fortes pluies, on voit les eaux superficielles couler vers le Nord le long du thalweg de l'Oued Rir'.

Mais il faut, ai-je dit⁽³⁾, se garder de confondre cette ligne d'eau superficielle avec l'artère souterraine des eaux artésiennes de l'Oued Rir' : car ces deux niveaux aquifères sont tout à fait distincts, et un massif continu de terrains marneux et imperméables, épais de 65 mètres en moyenne, les sépare. Rien donc de plus contraire à la réalité scientifique que cette supposition de certains voya-

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 9.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 5^e partie, § 2.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

geurs, d'après laquelle la rivière souterraine de l'Oued Rir' ne serait autre qu'un ancien cours d'eau, l'ancien Igharghar, disparu sous les sables, mais continuant à couler en profondeur !

Le cours des eaux souterraines de l'Oued Rir' est loin, d'ailleurs, de se présenter aussi simplement que celui d'une *rivière* dans une vallée. Son allure est des plus capricieuses, et, pour la déterminer, il a fallu toute l'expérience et toute la sagacité de M. Jus. Je l'ai décrite en détail, région par région et groupe par groupe, dans le chapitre précédent, et ne ferai qu'en résumer ici les caractères les plus saillants.

Notre artère artésienne serpente sous le manteau uniforme de la couverture, le long de la zone des bas-fonds de la surface. Elle offre mille sinuosités, et sa configuration est indépendante de celle des thalwegs de la surface.

Sa largeur est des plus variables d'une région à l'autre. On peut s'en rendre compte d'après les distances transversales qui séparent les puits les plus écartés à l'Ouest et à l'Est. Nous avons trouvé ainsi, entre autres exemples, que le gisement artésien avait été reconnu sur des largeurs approximatives de 7 kilomètres dans le groupe de Mraïer, de 4 kilomètres dans celui d'El-Berd, de moins de 1 kilom. 5 auprès de Mazer⁽¹⁾, de 4 kilomètres aux environs d'Ourlana, de 9 kilomètres à la hauteur de Sidi-Amran, de 14 kilomètres dans le Sud des groupes de Moggar et de Sidi-Rached, de 6 kilomètres à la hauteur de Tougourt, de moins de 3 kilomètres à Nezla, etc.

En outre, l'artère n'est pas toujours unique : elle présente parfois des zones de volumes et pressions maxima, séparées par des zones relativement sèches, ou, du moins, ne recevant que des infiltrations latérales de moindre importance. C'est ainsi que, dans la région centrale d'Ourlana, elle se bifurque tant au Nord qu'au Sud, de manière à figurer une sorte d'X à branches irrégulières : branches de Mazer et du Chria Adjeje, d'une part, branches de Sidi-Amran et de Tamerna, d'autre part. C'est ainsi également qu'elle se dédouble dans le groupe de Tougourt, où il y a interposition d'une zone semblant sèche entre l'artère principale de Schmourra et la zone latérale de Nezla.

Le gisement artésien figure donc, pour ainsi dire, un réseau liquide à larges mailles, correspondant aux zones les plus perméables et les mieux alimentées des sables aquifères. Les nœuds de cette sorte de filet artésien représentent naturellement les parties les mieux dotées en eaux souterraines. Les veines aquifères qui s'entrecroisent ainsi peuvent s'interrompre latéralement, mais se rattachent généralement, dans chaque région, à une zone principale, par laquelle passe l'axe des volumes et pressions maxima : elles se relient les unes aux autres du Nord au Sud, de manière que le gisement artésien semble continu. Cette continuité n'est pas, d'ailleurs, rigoureusement démontrée partout : il y a, en particulier, apparence d'interruption vis-à-vis du promontoire de Nza-

⁽¹⁾ Chiffre certainement bien inférieur à la largeur réelle, si l'on tient compte de l'artère latérale N. W. N. - S. E. S. par le Chria Adjeje.

ben-Rzig (où, tout au moins, l'artère de l'Oued Rir' fait un coude sous le plateau du Souf).

Il n'y a pas davantage *rivière souterraine*, en ce sens qu'il serait inexact de se figurer l'artère artésienne de l'Oued Rir' comme occupant un chenal creux, libre de sables et limité latéralement par des berges. Cela n'est vrai ni pour l'artère principale, ni pour ses ramifications.

Les eaux artésiennes sont infiltrées, au contraire, au sein même d'une masse continue de sables perméables, et nous avons vu qu'elles ne manquent pas d'en rejeter lors du premier jaillissement des sondages, quand, la couverture percée, le dégagement de la nappe s'opère avec force.

Latéralement, le réseau aquifère n'est pas isolé, à proprement parler. Les eaux artésiennes diminuent de volume et de pression à l'Ouest et à l'Est, assez rapidement même, ai-je fait observer; mais elles imprègnent encore les zones adjacentes, et elles ne sont pas limitées aussi nettement, tant s'en faut, que le bord d'un cours d'eau dans une vallée. Et même, plus loin, sur le côté, elles ne cessent pas entièrement : quand j'ai dit qu'elles disparaissent à l'Ouest de l'artère artésienne, c'était pour simplifier le langage, et je voulais mettre en évidence la zone des eaux abondantes comme volume et possédant une pression suffisante pour jaillir à la surface; rigoureusement parlant toutefois, le gisement artésien donne lieu encore à beaucoup d'infiltrations latérales sous le prolongement de la couverture, et les parties perméables des terrains environnants, tant vers l'Ouest que vers l'Est, sont elles-mêmes ainsi plus ou moins imprégnées d'eaux artésiennes, de volumes et de pressions médiocres ou faibles, mais non négligeables.

Autrement dit, notre réseau artésien se trouve lui-même compris au milieu d'un réseau plus ample de veinules aquifères et de nappes secondaires, en quantités innombrables, encore artésiennes, mais incomparablement moins abondantes et moins chargées en tension hydrostatique.

La *rivière souterraine* — si rivière souterraine il y avait — aurait plutôt un lit qu'elle n'a de berges.

D'après M. Jus, quand, dans un sondage, on a atteint le cœur même de la nappe jaillissante, et que cependant on n'a obtenu qu'un débit médiocre, on n'a pas de chance d'augmenter le débit en poussant plus profondément les recherches, attendu que, sous les sables fluides et aquifères, se trouvent des sables de nature différente, à gros grains, cimentés et secs. A l'appui de cette opinion, on peut citer, en particulier, les sondages n° 8 de Sidi-Rached et n° 2 de Meggarin-Djedida. On a vu que le premier avait été poussé jusqu'à 118 m. 25 de profondeur, mais qu'après avoir dépassé les sables aquifères, il avait rencontré, au-dessous, des grès grossiers, consistants, qui ne renfermaient plus d'eau. De même, j'ai noté que le second, en allant trop profondément, était arrivé dans des sables gros et secs.

Existe-t-il toujours en profondeur des grès semblables, non aquifères, sous

la nappe artésienne de l'Oued Rir'? Est-on là en présence d'un fait général? M. Jus considère que oui, et il y a lieu de tenir grand compte de l'opinion du sondeur qui a la plus grande expérience de ce bassin. Assurément, la plupart des forages n'ont pu constater la chose, attendu qu'ils ont été arrêtés dès qu'ils semblaient avoir atteint le maximum du débit de la nappe artésienne (en moyenne, à une vingtaine de mètres sous la couverture). Mais il en est aussi plusieurs qui, pour telle ou telle raison, ont été poussés plus loin, et qui, suivant les observations personnelles de M. Jus, sont tombés dans des sables de moins en moins aquifères, alors même qu'on ait négligé d'en faire mention dans les journaux de sondage correspondants.

Il n'y aurait rien que de naturel, d'ailleurs, à ce que le gisement artésien fût compris ainsi, tant au-dessous qu'au-dessus, entre deux systèmes de couches imperméables. J'admettrais difficilement toutefois que sa limite inférieure, son lit, fût tracé aussi nettement et surtout d'une manière aussi continue que sa couverture supérieure. Tout au moins ferai-je une réserve, c'est qu'en certains endroits, l'artère principale communique sans doute par le bas, au moyen de sortes de cheminées d'ascension, avec les nappes artésiennes des terrains crétacés sous-jacents : à mon sens, c'est là un des modes d'alimentation de l'Oued Rir', ainsi que je l'exposerai ci-après ⁽¹⁾.

IV. FACTEURS DE LA PRESSION ET DU VOLUME DES EAUX ARTÉSIENNES LE LONG DE L'ARTÈRE PRINCIPALE DE L'OUED RIR'.

Considérons maintenant une coupe longitudinale de l'artère artésienne de l'Oued Rir', le long de la zone des pressions et des volumes maxima. (Voir le profil hydrologique longitudinal de l'Oued Rir', pl. XXII, fig. 1.) La pression et le volume des eaux artésiennes le long de cette zone, à situation égale par rapport aux sources d'alimentation, doivent varier, d'une part, en raison directe de la perméabilité des sables aquifères inférieurs et de l'imperméabilité de la couverture des marnes superposées, et, d'autre part, en raison inverse des altitudes de la surface et de la couverture.

Naturellement, la perméabilité des sables inférieurs t^1 est une condition *sine qua non* de la présence d'eaux artésiennes dans leur sein. Mais j'ai fait observer que les variations de cette perméabilité sont difficiles à apprécier, d'après les échantillons ramenés par les sondages.

Pour ce qui est de l'imperméabilité de la couverture, je ne puis que répéter ce que j'ai déjà exposé plus haut ⁽²⁾. En principe, elle est nécessaire pour maintenir les eaux sous pression en profondeur. Meilleure est la couverture, mieux elle assure la pression artésienne. Quand elle est absolument imperméable, il n'y a qu'une nappe principale sans déperdition; les conditions sont excellentes.

⁽¹⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 9, II, 2^e.

⁽²⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 4, I.

Si l'étage marneux *l* se trouve entremêlé de sables, et surtout si ces intercalations ont lieu vers le bas, près de la couverture, les eaux artésiennes, au lieu de rester emprisonnées dans l'étage inférieur, se frayent passage, s'élèvent et se distribuent dans l'étage superposé (et cela d'autant plus facilement que l'allure des formations dont il s'agit est assez irrégulière et généralement lenticulaire) : la nappe principale donnera lieu ainsi à des nappes secondaires, aux dépens de son propre volume et de sa propre pression. Enfin si l'étage superposé *l*, au lieu d'être marneux ou marno-sableux, devient principalement sableux, les eaux artésiennes, même en admettant qu'elles affluent en abondance de la profondeur et qu'elles eussent pu, avec une bonne couverture, donner lieu à une belle nappe, imbiberont, au contraire, les terrains superposés et adjacents, les traverseront comme une éponge, monteront jusqu'à la surface et perdront ainsi graduellement leur charge.

Or, en examinant les coupes géologiques de l'étage *l*, et en comparant, au point de vue de l'imperméabilité, les compositions de cet étage et de la couverture dans les diverses régions de l'Oued Rir' (pl. XX), on peut dire, d'une manière générale, que les conditions sont plus favorables vers le Sud que vers le Nord.

D'Ourir à Zaouïet-Rihab, la coupe est le plus souvent assez bonne; d'Ourlana à Tamerna, bonne; de Moggar à Bou-Rekhis, bonne; de Meggarin à Tougourt et Temacin, excellente. Il faut excepter, d'Ourir à Zaouïet-Rihab, le chaînon transversal de Nza-ben-Rzig, où la coupe est presque entièrement sableuse (pl. XXI, fig. 1, et pl. XXII, fig. 2) : peut-être l'artère artésienne passe-t-elle sous ce chaînon transversal, malgré les réserves formulées plus haut; mais elle y perd forcément sa pression par imbibition et, dès lors, n'apparaît plus clairement (ce qui équivaut, en apparence, à une interruption). Il faut aussi remarquer qu'à Ourlana, bien que l'ensemble de la coupe soit certainement moins satisfaisant qu'à Tougourt, elle présente à sa base un poudingue concrétionné et compact, qui suffit, en général, à former une excellente couverture.

D'autre part, la considération des altitudes ne peut manquer d'être instructive dans une étude sur les eaux artésiennes. Cependant elle est loin d'avoir ici l'importance que lui accordait Ville, qui croyait, dans l'Oued Rir' (comme, d'ailleurs, dans le reste du bas Sahara), à une concordance complète entre les indications stratigraphiques et les résultats des sondages, et qui a surtout insisté (beaucoup plus que de raison) sur les ondulations des terrains et leur disposition en soi-disant *cuvettes artésiennes*.

Dans l'Oued Rir', les conditions sont, au point de vue des altitudes, de moins en moins favorables du Nord au Sud de l'artère artésienne, à l'inverse de ce qui a lieu sous le rapport de la couverture. Elles peuvent se résumer comme suit, d'Ourir à Tougourt⁽¹⁾ :

⁽¹⁾ Indications extraites du tableau synoptique des pages 68 et 69.

ÉLÉMENTS DE COMPARAISON.	OURIR.	OURLANA.	TOUGOURT.	EN PLUS AU SUD QU'AU NORD.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Altitude de la surface.....	- 13 5	+ 33	+ 63	76 5
Épaisseur moyenne de la surface à la couverture de la nappe principale.....	72 0	63	75	"
Altitude moyenne de la couverture.....	- 85 5	- 30	- 12	73 5

Ainsi, du Nord au Sud, l'altitude de la surface augmente de 46 m. 5 d'Ourir à Ourlana et de 30 mètres d'Ourlana à Tougourt : soit, au total, 76 m. 5, du Nord de la région septentrionale au milieu de la région méridionale de l'Oued Rir', sur 100 kilomètres environ de longueur. Quant à la couverture de la nappe principale des eaux artésiennes, elle augmente de 55 m. 5 d'Ourir à Ourlana et de 18 mètres d'Ourlana à Tougourt : soit, au total, 73 m. 5, du Nord au Sud, sur la même longueur.

Au premier abord, il devrait sembler rationnel de supposer que les pressions hydrostatiques, en ces divers points d'un même bassin, fussent inversement proportionnelles (à peu près tout au moins) aux altitudes respectives de la couverture artésienne, et que, les variations d'altitudes de la surface ayant lieu dans le même sens que celles de la couverture, on trouvât une gradation semblable dans les débits fournis par les sondages correspondants. Or on peut presque dire qu'il n'en est rien. A Ourlana, bien qu'on soit en contre-haut d'Ourir, on a obtenu les débits les plus élevés de l'Oued Rir', malgré un grand nombre de saignées de la nappe. A Tougourt, bien qu'on soit en contre-haut de tout l'Oued Rir' (sauf du groupe terminal du Sud), les sondages de Schmourra et du pied de la falaise orientale ont prouvé qu'on pouvait obtenir également de forts débits, en se plaçant convenablement par rapport à l'artère artésienne.

Assurément, les variations d'altitude de la couverture artésienne et des orifices des sondages ne sauraient manquer d'intervenir parmi les éléments qui déterminent la pression hydrostatique et les débits obtenus; mais cette relation n'apparaît pas quand on compare les débits de tel ou tel puits, ni même les débits moyens, soit dans des régions extrêmes, soit dans les divers groupes successifs que j'ai distingués plus haut le long de l'Oued Rir'. (Voir ci-dessus le tableau synoptique pour l'étude des sondages de l'Oued Rir' ⁽¹⁾.) Cela tient évidemment à ce que la pression et le volume des eaux artésiennes dépendent aussi concurremment d'autres éléments — sans doute plus importants, ou, tout au moins, variant davantage et différemment d'une région à l'autre — tels que la nature des terrains aquifères et surtout les conditions d'alimentation souterraine.

Cependant, après avoir fait ces réserves, je dois ajouter qu'à l'intérieur d'une région déterminée et dans un rayon assez restreint pour que les autres facteurs

⁽¹⁾ Pages 68 et 69.

ne varient pas ou guère, la considération des altitudes reprend de l'importance. Elle est même d'un intérêt de premier ordre, lorsqu'il s'agit de choisir la place et le niveau de l'orifice d'un nouveau sondage, par rapport aux sondages voisins. Cela est surtout vrai quand la pression des eaux artésiennes est médiocre dans la région dont il s'agit.

Parfois enfin, mais exceptionnellement — quand la couverture des eaux artésiennes se relève rapidement dans une direction — le simple examen des altitudes et des coupes stratigraphiques peut conduire à des conclusions nettes, même pour l'étude de régions assez étendues ou la comparaison de deux régions voisines. C'est ainsi qu'on se rend compte de la diminution de pression des eaux artésiennes de Mraïer vers Sidi-Khelil, dans le Nord de l'Oued Rir' (voir le profil latéral à l'Oued Rir' et le profil transversal par Sidi-Khelil, pl. XXII, fig. 2 et 3), et, de même, de Tougourt vers Bledet-Ahmar (voir le profil longitudinal, pl. XXII, fig. 1).

En somme, les quelques considérations que nous venons de passer en revue ne sauraient être impunément négligées dans l'étude du régime des eaux souterraines de l'Oued Rir'; mais, quand d'une étude de détail on passe à une étude d'ensemble de ce bassin, elles sont loin de conserver respectivement le même poids et de suffire à tout expliquer.

A Ourlana, je le répète, on n'est pas aussi bien situé, comme altitude, que dans la partie basse du bassin artésien, à Mraïer, à Ourir; on n'a pas, au-dessus de la nappe artésienne, un massif aussi épais et aussi imperméable qu'à Tougourt : et cependant les eaux souterraines y offrent plus de pression et plus de volume que dans le Nord et que dans le Sud de l'Oued Rir'. A quoi cela peut-il tenir ? Évidemment à ce qu'on se trouve là dans une région où se réunit, en profondeur, un ensemble, difficile à préciser, de conditions plus favorables, et où surtout, sans doute, l'alimentation souterraine se fait mieux qu'ailleurs. Dans la région d'Ourlana, en effet, on est au confluent de deux artères artésiennes de premier ordre. La couverture y est, d'ailleurs, excellente comme imperméabilité, et les sables aquifères y doivent être très perméables, de manière à permettre la circulation facile des eaux dans leur sein.

Comme conclusion à cette critique, il faut reconnaître que les facteurs du volume et de la pression des eaux artésiennes de l'Oued Rir', dans les différentes parties de son bassin, sont fort complexes, et même qu'on ne peut guère en juger d'après les preuves faites par les sondages. Parmi ceux de ces facteurs qu'on est à même d'apprécier, en l'état des connaissances actuelles, soit par des observations directes, soit d'après les résultats acquis, l'altitude est, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, un des moins décisifs : les plus importants sont l'imperméabilité de la couverture, la perméabilité des sables aquifères et surtout la proximité de l'axe principal de l'artère artésienne, ou mieux encore de son confluent avec une artère latérale. Il semble, à la vérité, y avoir une sorte de pléonasme dans cette énumération, attendu que l'allure de

l'artère formée par les eaux de plus grande pression et de plus grande abondance dépend elle-même évidemment, en partie du moins, et du degré de perméabilité de la masse sableuse dans laquelle ces eaux sont infiltrées, et de l'imperméabilité de la couverture qui les comprime; mais il n'est pas douteux que l'abondance et la pression des eaux artésiennes le long de l'artère principale dépendent aussi d'autres facteurs, qui échappent à nos moyens d'observation ou d'induction, tels que l'emplacement par rapport aux canaux ou sources d'alimentation souterraine, l'abondance et la pression artésienne de celles-ci, leurs altitudes et leurs distances verticales ou horizontales, les pertes de charge intermédiaires, etc.

Le produit de tous ces facteurs, connus ou non, représente, pour ainsi dire, le *coefficient artésien* de chaque région.

V. BEHOUR ET CHRIA DE L'OUED RIR'.

La surface de l'Oued Rir' présente, avons-nous vu, un assez grand nombre de lacs et de bassins d'eaux artésiennes, dont le fond communique avec la nappe souterraine et qui sont alimentés par elle : ce sont les *behour* (sing. *bahr*, mer, étang) et les *chria* (nids, entonnoirs naturels) [pl. III et pl. XXIV, fig. 1].

J'en ai parlé à plusieurs reprises dans le chapitre précédent, en décrivant les diverses régions de l'Oued Rir', et j'ai dit qu'ils étaient surtout nombreux dans la région centrale. D'autre part, l'Annexe IV, placée à la fin du présent ouvrage, donne une série d'indications sur quelques-uns de ces réservoirs artésiens (dimensions, débits, températures, etc.).

Les *behour* forment parfois des lacs importants. Le Bahr Merdjadja, près de Tougourt, a 2 kilomètres de longueur sur 300 mètres de largeur maxima; les *behour* de Temacin ont l'un 1,200 mètres sur 300 mètres, et l'autre 500 mètres sur 200 mètres. Mais, sauf ces trois exemples, les nappes d'eau en question ne dépassent guère une cinquantaine de mètres de diamètre, et la plupart présentent même des dimensions beaucoup plus restreintes. Leurs réservoirs occupent des sortes de gouffres à parois abruptes, en forme d'entonnoirs : ils sont souvent très profonds par rapport à leur largeur.

Les *chria* n'offrent que des nappes d'eau de quelques mètres, pouvant aller exceptionnellement jusqu'à 10 mètres de largeur. Mais ils se font remarquer en ce que leurs réservoirs — qui ont également la forme d'entonnoirs abrupts — sont entaillés au centre, ou à peu près, de petites éminences de terrain, faisant saillie à la surface générale de la plaine. Ajoutons que ces buttes portent le plus souvent plusieurs palmiers isolés, qui servent de repères à l'œil du voyageur, au milieu des steppes nues.

On peut dire qu'en principe les *behour* et les *chria* présentent, sous une forme quelconque, un écoulement naturel d'eau à la surface; mais cela est fort inégal suivant les cas, et souvent même cela n'est pas apparent. On ne compte

guère, dans l'Oued Rir', que 20 behour et un chria⁽¹⁾ ayant des débits suffisants pour permettre pratiquement d'irriguer des jardins de quelque importance⁽²⁾. Le plus fort débit qui ait été constaté atteignait près de 1,700 litres par minute; mais les plus beaux behour eux-mêmes donnent rarement jusqu'à 400 à 500 litres par minute; la plupart fournissent même beaucoup moins, surtout en été (quand l'évaporation est la plus active à leur surface), et l'écoulement de certains chria se réduit à des filets d'eau. Pour ce qui est enfin des autres behour et de la majeure partie des chria, il n'en sort pas d'eau courante, ou fort rarement (bien que les nappes d'eau de leurs réservoirs soient parfois en contre-haut de la plaine adjacente) : l'apport fourni par les eaux souterraines se trouve alors contre-balancé par les pertes résultant soit de l'imbibition des terrains encaissants le long des cheminées d'ascension et sur les parois des réservoirs, soit de l'évaporation des nappes d'eau de ces bassins et de l'humidité environnante de la surface au contact de l'air.

Quant aux températures des eaux des behour et des chria, elles varient notablement suivant les saisons de l'année et même, dans une certaine mesure, suivant les heures de la journée. Elles sont, d'ailleurs, presque toujours inférieures à la température de la nappe artésienne qui les alimente.

Si l'on consulte les observations de température qui sont consignées ci-après à l'Annexe IV, et dont les unes ont été faites par Ville, en avril 1861, les autres par moi en mars et avril 1880 et d'autres plus récentes par M. J. Cornu au commencement de janvier et à la fin d'avril, on voit que, pour un bahr ou chria déterminé, les températures, même prises au fond du bassin, peuvent être très différentes d'une observation à l'autre. Il n'est pas douteux que ces températures soient en relation plus ou moins directe avec les états météorologiques de l'atmosphère, s'abaissant du jour à la nuit et de l'été à l'hiver, ou inversement. Il est, de plus, évident que les oscillations de température doivent être d'autant plus sensibles et plus rapides qu'il s'agit de réservoirs dont la capacité est moindre et dont les eaux se renouvellent moins vite.

Autrement dit, le volume des eaux des behour et surtout des chria est, règle générale, trop faible, leur écoulement et leur réalimentation souterraine se font avec trop de lenteur pour que la constance de température des eaux artésiennes qui arrivent par le fond des bassins contre-balance l'action du rayonnement et de l'évaporation entre la surface des nappes d'eau et l'air extérieur. Somme toute, la température moyenne des eaux artésiennes (plus de 25°⁽³⁾) étant supérieure à la température moyenne de l'air extérieur (environ 21°,5⁽³⁾), il y a refroidissement. De plus, quand les eaux ne se renouvellent pas ou guère, on

⁽¹⁾ Pour plus de simplicité, le tableau synoptique des pages 68 et 69 porte l'indication de 21 behour irriguant effectivement.

⁽²⁾ Sans parler de ceux qui n'ont que des filets d'eau ou dont l'humidité entretient simplement la végétation de quelques palmiers isolés.

⁽³⁾ Voir ci-après 3^e partie, chapitre II, § 11.

comprend que la teneur des sels augmente en raison de l'évaporation et puisse même devenir notablement supérieure à celle des eaux artésiennes d'alimentation. Au contraire, dans les puits jaillissants, à circulation active, ces effets de refroidissement et de concentration ne sauraient avoir lieu : la température et la composition des eaux de chaque puits restent alors constantes.

Ainsi donc, jusqu'à nouvel ordre, la considération des températures ne suffit pas à elle seule, comme on aurait pu le supposer au premier abord, à démontrer péremptoirement la provenance artésienne des eaux des behour et des chria de l'Oued Rir'. Cette provenance est indiscutable cependant, dans la généralité des cas.

Faire la preuve directe de la communication souterraine qui existe entre le fond des réservoirs en question et la nappe artésienne de l'Oued Rir' est naturellement impossible, sauf exception. Le fait a été démontré, il est vrai, pour le Bahr Mendra, de l'oasis de Tinedla, par les phénomènes qui ont accompagné le forage du puits n° 2 de cette oasis et que j'ai mentionnés au chapitre précédent. Mais, qu'on puisse ou non le vérifier, si l'on considère que les behour et chria possèdent dans leurs bassins de l'eau en permanence, malgré les pertes par écoulement à la surface et, en tout cas, par évaporation, et si l'on remarque, en outre, que, sauf de rares exceptions⁽¹⁾, ils ne reçoivent pas d'apport sensible de la part des eaux superficielles, on ne saurait expliquer leur alimentation normale autrement que par des venues d'eaux souterraines. Parfois, semble-t-il, cette alimentation peut s'opérer simplement par l'affleurement de la nappe ascendante supérieure (ou d'une nappe artésienne secondaire) sur les flancs de l'excavation⁽²⁾; mais, pour les behour et pour les chria caractérisés, on ne saurait mettre en doute leur relation constante et plus ou moins directe avec le grand réservoir artésien de la profondeur, et il est permis de généraliser cette conclusion. Les cheminées d'ascension doivent figurer, d'ailleurs, des conduits plus ou moins capricieux et souvent fortement étranglés sur leur parcours.

Cela posé, comment expliquer la formation des behour et des chria de l'Oued Rir'? Il y a deux explications.

D'après M. Jus, les behour ne sont autres que d'anciens puits indigènes ou d'anciens groupes de puits indigènes, qui se sont éboulés, mais à l'emplacement desquels la nappe, bien qu'en partie obstruée, peut encore se frayer quelque passage au travers des éboulements.

⁽¹⁾ Les deux exceptions les plus importantes sont fournies par les deux behour de Temacin. J'ai fait observer, au chapitre précédent, que contrairement à la plupart des behour de l'Oued Rir', ils reçoivent surtout des eaux d'évacuation provenant des irrigations du voisinage. (Voir également à ce sujet l'Annexe IV ci-après.)

⁽²⁾ Encore maintes de ces excavations doivent-elles, à mon sens, s'être formées par effondrement naturel du sol (comme le Bahr Ramada, entre Ouargla et l'Oued Rir'), ce qui a dû entraîner une communication quelconque avec les nappes de la profondeur.

« La preuve nous en a été fournie, dit M. Jus⁽¹⁾, en 1885, par le chef de l'ancienne corporation des R'tassin⁽²⁾ (creuseurs de puits), Sidi Sliman, qui, malgré son âge avancé (il comptait quatre-vingt-dix ans à cette époque et était aveugle), avait encore la mémoire très lucide et racontait ce qu'il avait appris de ses ancêtres sur ce sujet : ainsi les behour d'Ourlana, les plus importants de la région, que l'on nomme aujourd'hui Bahr Titellan, Bahr Tassegant, Bahr Ourlana, s'appelaient jadis Ain Titellan, Bir Tassegant, Bir Ourlana. Le bahr de Tinedla, composé de sept puits éboulés, formant un étang de dimensions considérables, se nomme toujours Bir Mendra et non Bahr Mendra⁽³⁾.

« Nous en avons encore eu, d'ailleurs, une preuve récente pour deux de nos puits artésiens, Mazer n° 1 et Tala-em-Mouïdi n° 1, qui, par suite d'un tubage défectueux, se sont transformés en véritables behour, quelques mois après leur achèvement. »

Les chria auraient une origine analogue; ce seraient aussi d'anciens puits, éboulés et méconnaissables, mais autour desquels les sables transportés par le vent se seraient fixés et accumulés par suite de l'humidité du sol, de manière à former de petites buttes en relief.

On ne saurait contester cette manière de voir, quand elle s'appuie sur des faits observés ou sur une tradition authentique. Je l'admets même volontiers pour beaucoup de behour. En effet, j'ai rappelé plus haut moi-même que les puits creusés à la main par les indigènes, n'ayant leurs parois maintenues que par des boisages qui pourrissent et se décomposent peu à peu, s'éboulent et s'ensablent au bout d'un certain temps; par suite, leur durée est assez limitée. Au contraire, les puits français, forés au moyen de l'appareil européen de sondage et tubés en fer, ont une durée qui semble pour ainsi dire indéfinie, quand ils ont été exécutés dans de bonnes conditions et que la colonne des tubes repose sur une couche solide.

J'admets également, pour le mode de formation de certains chria, l'explication de M. Jus, bien que dans des cas assez rares. Je reconnais, en particulier, la possibilité de la fixation et de l'accumulation des sables autour de certains endroits humides de la surface⁽⁴⁾ (ce qui ne veut pas dire, d'ailleurs, que ce soient là forcément des orifices d'anciens puits).

Mais, à mon avis, il est non moins incontestable que d'autres behour et d'autres chria représentent des sources naturelles; je crois même que la plupart sont dans ce cas, surtout en ce qui concerne les chria. Ce sont des réservoirs

⁽¹⁾ H. Jus. — Étude sur le régime des eaux du Sahara de la province de Constantine. (Extrait du *Bulletin n° 21 de l'Académie d'Hippone*, 1886.)

⁽²⁾ Plus exactement, les creuseurs de puits étaient appelés *m'callem* (savants), la qualification de *r'tassin* s'appliquant aux plongeurs.

⁽³⁾ Néanmoins la désignation de *Bir Mendra* pouvant prêter à confusion, j'ai employé ci-dessus celle de *Bahr Mendra*.

⁽⁴⁾ Au *Post-scriptum*, on verra relaté le phénomène semblable de la formation de buttes argilo-sableuses autour de l'orifice de sources naturelles, dans la plaine d'El-Goléa.

naturels, alimentés par des sources; autrement dit occupant certains points vers lesquels les eaux artésiennes sous pression se sont d'elles-mêmes frayé passage.

Et en effet, les eaux comprimées en profondeur ne pouvaient manquer de trouver naturellement leur voie çà et là, au travers des terrains superposés, et d'arriver à jaillir en une série de points de la surface. Si l'on envisage tel ou tel défaut de continuité de la couverture, qui n'est pas toujours assez argileuse, ni assez épaisse — les fentes accidentelles du poudingue rocheux qui recouvre la nappe dans la région centrale de l'Oued Rir' — l'allure lenticulaire des couches de l'étage lacustre *l* et les changements latéraux de facies des niveaux imperméables, qui deviennent souvent sableux et plus ou moins perméables — enfin la présence du gypse et du sel marin, éléments solubles dans l'eau, en proportions souvent notables dans ces terrains — on s'explique comment les eaux artésiennes ont pu fréquemment s'ouvrir, par pression et par dissolution, des conduits capricieux, dont certains remontent jusqu'au jour et aboutissent à des sources naturelles, telles que les behour et les chria.

Ces sources naturelles ne pouvaient manquer de se former de préférence là où les eaux ascendantes trouvaient la voie préparée par les ruptures et les dislocations du terrain.

J'ai montré, dans ma *Géologie du Sahara*⁽¹⁾, que les monticules qui parsèment la plaine de l'Oued Rir' sont loin d'être tous dus aux phénomènes d'érosion quaternaires qui ont accompagné le creusement de la vallée, mais qu'une partie de ces reliefs résulte des mouvements locaux du sol, précisément sous l'effet de l'imbibition des terrains par les eaux artésiennes. J'ai insisté, en particulier, à propos de la région centrale de l'Oued Rir', sur l'exemple tout à fait caractéristique du Chria Ayata (pl. XXIII, fig. 3), où l'on voit une source dont le point d'émergence coïncide avec un petit dôme de soulèvement du terrain et avec un centre de cassures étoilées des couches encaissantes : on dirait « le cratère d'un petit volcan d'eau ». J'ai signalé aussi, dans la région intermédiaire entre l'Oued Rir' et Ouargla⁽²⁾, l'exemple récent et indiscutable du Bahr Ramada (pl. XVIII, fig. 6 et 7), dû à un effondrement naturel du sol, tel qu'il peut et doit s'en être produit dans beaucoup d'autres parties des régions artésiennes du bas Sahara : un effondrement semblable, se produisant à l'aplomb d'une zone souterraine d'eaux susceptibles de jaillir franchement, comme celle de l'Oued Rir', eût évidemment donné lieu, non plus seulement à l'apparition d'un bassin avec nappe en contre-bas de la surface, mais à la formation d'un bahr avec écoulement.

C'est pourquoi je suis porté à considérer, sauf exceptions, les chria et les behour de l'Oued Rir' comme des sources, des événements naturels de la nappe artésienne.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 3. (Premier volume, pages 119 et 120.)

⁽²⁾ *Ibid.*, 2^e partie, chapitre I, § 2. (Premier volume, page 107.)

Les stations préhistoriques de l'Oued Rir'. — Ici se place, à propos des chria de l'Oued Rir', les découvertes intéressantes, faites par M. Jus, de stations préhistoriques, situées précisément sur certains de ces chria ou sur des buttes semblables (qui représentent peut-être d'anciens chria obstrués).

En avril 1883, dit M. Jus⁽¹⁾, lors de l'exécution du puits artésien du Coudiat Sidi-Yahia, M. le lieutenant Genvot, directeur de l'atelier de sondages, collectionna une série de flèches, admirablement taillées, que les vents du Nord-Ouest avaient mises à découvert. Ce mamelon ne diffère en rien des autres mamelons de l'Oued Rir'. Sa surface gypso-sableuse mesure environ 400 mètres carrés. En y exécutant de minutieuses recherches, j'y ai trouvé, épars sur plus de 50 mètres d'étendue : 1° de belles flèches taillées, de formes et de couleurs diverses; 2° une grande quantité de pointes de flèches et de javelots; 3° de petites haches, plus ou moins finies ou ébauchées; 4° des scies, avec des dents très apparentes, bien travaillées, dont la plus grande mesure 0 m. 07 de longueur; 5° des instruments taillés et recourbés, avec une entaille sur le côté par où on les saisissait, sans doute lorsqu'on s'en servait pour travailler le bois ou les os; 6° des grattoirs ou racloirs, en silex plus ou moins transparents; 7° des couteaux à lames droites et courbes, dont le plus grand mesure 7 centimètres et demi de longueur (0 m. 075); 8° des lames de couteau, à pointes fines ou arrondies; 9° des clous, des poinçons, etc.; 10° des débris de coquilles d'œufs d'autruche.

Si l'on en juge par le fini des objets et le choix des silex employés, on peut admettre que le Coudiat Sidi-Yahia était une des stations les plus importantes de l'Oued Rir'.

Plus tard, je découvris une deuxième station à Ourir, près de la Kouba de Sidi-Makfi. Sur le mamelon qui domine la propriété européenne de ce nom, les silex se trouvent épars sur le sol, sur une étendue d'environ 40 mètres. La collection que j'ai recueillie comprend la même série d'instruments que j'ai décrits pour Sidi-Yahia, et, par le fini des objets, le choix des silex, je suis arrivé à conclure que ces deux stations étaient aussi importantes l'une que l'autre.

En 1884, je découvris une nouvelle station entre Sidi-Rached et El-Harihira. Les silex taillés étaient épars sur le sable des dunes, sur plus de 40 mètres d'étendue; mais les vents du Sud ayant soufflé violemment la veille de mon passage, je n'ai recueilli que des débris de peu d'intérêt.

Poursuivant mes recherches, je parcourus, en 1885-1886, tous les chria tous les mamelons de la cuvette de l'Oued Rir'.

Dans les environs de Sidi-Yahia, je n'ai rencontré que quelques flèches égarées par-ci par-là, mais aucun indice de stations.

Sur les hauteurs de Sidi-Khelil, le sol est tapissé de silex, de calcédoine, d'agate, etc. Je m'attendais à rencontrer à ce point une station importante; mais, malgré des recherches de plusieurs jours, je n'y ai pas trouvé une seule pierre taillée de main d'homme.

Il n'en a pas été de même dans les environs de Sidi-Khelil et Mraïer. Sur le sommet des Chria el-Kolta, el-Hamed, Lavouïn-Boukrara, Lechelouche et Aïn-Dockara, situés à l'Ouest de la route de Biskra à Tougourt, j'ai recueilli des flèches, des grattoirs, des lames de couteau à pointes fines ou arrondies, des débris de coquilles d'œufs d'autruche, etc. Je considère donc tous ces points comme de vraies stations, cependant moins importantes que celles du Coudiat Sidi-Yahia et d'Ourir.

Au Chria Lechelouche, j'ai recueilli, pour la première fois, des petits ronds en coquilles d'œufs d'autruche, d'une régularité parfaite, mesurant 6 à 7 millimètres de diamètre, et

⁽¹⁾ H. Jus. — Les stations préhistoriques de l'Oued Rir' (F. Soldati, éditeur, Batna, 1888).

percés d'un trou de 2 à 2 millimètres et demi. Tout laisse supposer que ces petites couronnes servaient de grains de chapelet, ou de parure, ou même de monnaie courante (si la monnaie était connue, toutefois, à cette époque dans le Sahara).

Dans les environs d'Ourir et d'Ensira, sur le sommet des Chria Achey-ben-Zim, Ouled-Moussa, Mœris, Bir-Merouan, j'ai encore recueilli des flèches, des clous et une quantité considérable de silex taillés et de coquilles d'œufs d'autruche, qui attestent également l'existence de stations, mais un peu moins importantes que les précédentes.

En terminant, M. Jus fait observer avec raison qu'il n'y a rien d'extraordinaire à ce que ces chria aient été choisis par les anciens habitants de l'Oued Rir' pour l'établissement de semblables stations. « Là, en effet, les tailleurs de pierre trouvaient au moins de l'eau potable pour leur alimentation. »

M. Jus dit également comme conclusion : « Si la formation de ces mamelons, ordinairement sablo-gypseuse, était due à l'action des vents, ainsi qu'on en trouve plusieurs exemples dans le Sahara, il y a des siècles que ces sources auraient disparu et que l'action des sables les aurait comblées. De leur persistance, on doit conclure forcément que les vents ne possèdent pas l'action que certaines personnes leur attribuent, et que, pour la généralité, les chria et leurs sources sont naturels. »

Tel est tout à fait mon avis.

VI. OBSERVATIONS SUR L'ÉCOULEMENT NATUREL DES EAUX ARTÉSIENNES DE L'OUED RIR'.

Pour clore cette étude sur l'hydrologie de l'Oued Rir', j'indiquerai en quelques mots comment je comprends que les eaux souterraines de cette région s'écoulent et à quels mouvements d'ensemble elles me semblent obéir.

Et d'abord j'admettrai, par anticipation, ce fait — qui sera démontré péremptoirement plus loin (au paragraphe 9 du présent chapitre) — savoir que l'alimentation du bassin artésien du bas Sahara, en général, et de l'Oued Rir', en particulier, s'opère principalement par le Nord.

Il en résulte évidemment que, dans le bas Sahara et ses diverses régions artésiennes, le mouvement principal des eaux souterraines — entre leurs points d'entrée et de sortie, pour ainsi dire — a lieu du Nord au Sud. Pour ce qui est des eaux artésiennes de l'Oued Rir', non seulement elles participent à ce mouvement d'ensemble du Nord au Sud, mais, pour elles, on peut invoquer, en outre, à l'appui de cette manière de voir, des considérations spéciales, telles que l'apport qu'elles reçoivent souterrainement (ainsi que je l'exposerai également ci-après) de la région des sources du Zab occidental, au Nord-Ouest-Nord.

Il est vrai que cet apport du Zab arrive sans doute à l'Oued Rir', comme je dirai, partie par le Nord de sa région septentrionale (ou par le Sud-Ouest du Chott Melrir), partie par le milieu de sa région centrale (vis-à-vis d'Ourlana). Il est probable aussi, ajouterai-je, qu'indépendamment des modes ordinaires d'alimentation, il existe en profondeur, sous l'Oued Rir', des sources alimen-

taires d'un genre spécial, situées à l'aplomb même de l'artère principale et fournies par les terrains crétacés sous-jacents. Il ne serait donc pas exact, assurément, de prétendre que toutes les eaux artésiennes de l'Oued Rir' s'écoulent du Nord au Sud tout le long de l'artère principale, ni qu'elles soient refoulées sous la couverture d'Ourir à Ourlana et d'Ourlana à Tougourt. Mais il est bien positif qu'un écoulement semblable a lieu dans une certaine mesure et par sections de l'artère, et il a lieu, répéterai-je, en sens inverse de la soi-disant rivière souterraine des indigènes : seulement il ne comprend pas la totalité des eaux souterraines de l'Oued Rir'.

Ce que l'on peut dire d'une manière générale et comme conclusion à cet égard, c'est que l'écoulement naturel des eaux artésiennes que l'artère souterraine de l'Oued Rir' reçoit, d'une façon ou d'une autre, pour son alimentation et débite, comme contre-partie, à ses points d'émergence, a lieu, dans son ensemble, du Nord au Sud.

Quant aux points d'émergence de ces eaux artésiennes, les plus apparents sont les puits jaillissants et les sources naturelles; mais ceux-ci sont loin d'être les seuls et d'offrir un débit de sortie équivalant au débit d'entrée fourni par l'alimentation. Avant qu'il n'y eût des puits forés par l'homme, il y avait forcément déjà un écoulement naturel des eaux souterraines, qui n'étaient pas alors plus stagnantes qu'aujourd'hui : forcément aussi, les sources naturelles étaient encore plus insuffisantes que les puits actuels pour assurer cet écoulement.

Comment s'écoule le complément, complément représentant, à mon avis, la grande majorité des eaux qui circulent dans l'artère artésienne de l'Oued Rir'? Il ne saurait trouver issue autrement que par les déperditions innombrables dont j'ai déjà parlé, et qui ont lieu autour de l'artère, tant par infiltrations latérales que par fuites au travers des défauts de la couverture : déperditions qui, en détail, sont généralement insignifiantes, mais qui, au total, correspondent à un volume énorme.

L'artère souterraine — c'est un point sur lequel j'ai insisté plus haut — n'est nullement isolée comme un cours d'eau dans une vallée, mais se trouve ainsi comprise au sein d'un réseau complexe de veinules, de conduits et de nappes aquifères. Or il y a échange constant entre l'artère et le milieu ambiant, qui est lui-même, bien qu'à un degré beaucoup moindre, un milieu artésien.

C'est même en cet endroit de mon argumentation que le mot d'*artère* s'applique le mieux. Car, de même que les artères du corps humain portent le sang du cœur dans toutes les parties de notre être, de même la nappe artésienne de l'Oued Rir', sans cesse alimentée souterrainement, refoule sans cesse son trop-plein d'eau dans les parties perméables des terrains environnants, où ces eaux de déperdition, encore artésiennes, mais de moins en moins, se répandent, se dispersent, remontent vers la surface et finalement s'évaporent.

Tel est, pour ainsi dire, le mécanisme que mes études sur le régime des eaux artésiennes de l'Oued Rir' m'ont conduit à admettre et à mettre en lumière.

C'est lui surtout qui m'a suggéré l'expression d'*artère artésienne de l'Oued Rir'*, et c'est sur lui que je vais m'appuyer pour traiter la question, délicate et controversée, de la limite raisonnable des sondages artésiens dans cette contrée du bas Sahara.

§ 5. QUESTION DE LA LIMITE DES SONDAGES ARTÉSIENS DANS L'OUED RIR'.

On entend souvent exprimer la crainte de voir le bassin de l'Oued Rir' s'épuiser, par suite du grand nombre de sondages déjà effectués dans ce bassin. Cette crainte traduit une préoccupation juste; mais il est inexact et prématuré de dire, comme certaines personnes le répètent, que, dans l'Oued Rir', les nouveaux sondages ne font plus que nuire aux puits déjà existants.

La question est intéressante et mérite d'être examinée ici. Elle a fait l'objet d'une controverse courtoise entre M. E. Blanc et moi à la Société de géographie⁽¹⁾, et j'en rappellerai les arguments principaux.

Nous sommes tous d'accord que le bassin de l'Oued Rir' subit certaines règles communes à tous les bassins artésiens. Comme tout autre, évidemment, il est limité dans son alimentation annuelle et dans son débit possible; pas plus qu'un autre, il n'est capable de fournir un débit indéfiniment croissant.

L'accroissement de son débit aura une limite, c'est incontestable. Quand arrivera-t-on à cette limite? L'expérience seule l'enseignera; mais jusqu'ici elle n'est pas atteinte, pour l'ensemble du bassin du moins.

Un premier fait général à remarquer est que la plupart des puits français, tubés en fer, de l'Oued Rir' — ceux, du moins, qui se trouvent convenablement aménagés — ne semblent réellement pas avoir varié de débit depuis leur exécution. En tout état de cause, on peut affirmer que, jusqu'à ce jour, chaque nouvelle campagne de sondages dans l'Oued Rir' a marqué, annuellement, une augmentation graduelle dans le débit total des eaux disponibles.

Il est vrai que plusieurs fois on a vu des sondages nuire aux puits du voisinage, quand ils étaient exécutés trop près d'eux et dans des parties médiocrement dotées du bassin artésien. Mais ce sont là des cas exceptionnels, encore assez rares, et, même dans ces cas, le débit total résultant a toujours été augmenté.

Pareils contre-coups ne sont pas à craindre, d'ailleurs, quand on exécute les nouveaux sondages à une certaine distance des oasis existantes, dans des régions où l'artère artésienne n'a auparavant subi aucune saignée, ainsi que mes amis et moi avons procédé exclusivement dans nos créations agricoles de l'Oued Rir'. Et cela s'explique, d'après l'aperçu précédent sur l'écoulement naturel des eaux souterraines de cette région.

Les puits jaillissants (et les sources naturelles) de l'Oued Rir', sont loin, ai-je

⁽¹⁾ Comptes rendus des séances des 1^{er} et 15 mars, du 5 avril et du 7 juin 1889.

fait observer, d'être les seuls points d'émergence des eaux artésiennes qui s'écoulent souterrainement dans cette région du bas Sahara : bien au contraire, les déperditions qui ont lieu en maint endroit, autour de l'artère artésienne, représentent la majeure partie de son débit naturel de sortie. Qu'on perce un trou de sonde, c'est-à-dire qu'on ouvre aux eaux comprimées une issue libre de résistance, il est clair qu'elles préféreront suivre cette voie : elles changeront leur cours et afflueront, d'un certain rayon, vers ce point.

L'hypothèse d'une réserve d'eau accumulée précédemment, qui aurait servi à alimenter, soit en totalité, soit même partiellement, les sondages exécutés jusqu'à ce jour, doit être écartée. A mon sens, tout le volume d'eau que les puits de l'Oued Rir' débitent aujourd'hui à leurs orifices est autant de moins qui se perd par évaporation à la surface des chotts ou à côté. Mais comme ce qui se perd encore surpasse de beaucoup ce qui s'en va aux puits, et comme le rayon de chaque puits est assez restreint — 1 à 3 kilomètres, suivant les régions — on peut dire qu'en l'état actuel, si un nouveau sondage est exécuté à une distance suffisante des puits déjà existants, il a lieu, non pas à leurs dépens, mais bien aux dépens des eaux de déperdition, c'est-à-dire qu'il réalise un gain.

« Assurément, m'a répondu M. Blanc; seulement ce gain n'est pas et ne peut être, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel au nombre des puits forés. » — « Il doit y avoir forcément, ajoutait-il, diminution du rapport entre le volume total d'eau débité par tous les puits et le nombre des puits qui le fournissent, autrement dit diminution dans la moyenne du débit de chaque puits. »

A mon tour, j'ai répondu à mon très distingué contradicteur en citant des chiffres, contre lesquels tous les raisonnements du monde ne peuvent rien. Voici un tableau que je tiens de M. Jus, et qui indique, de 1880 à 1889, au 1^{er} juin de chaque année (après chaque campagne de sondages), le nombre des puits français de l'Oued Rir', leur débit total et la moyenne des débits par puits.

PUITS FRANÇAIS TUBÉS DE L'OUED RIR'.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL DES PUIITS.	DÉBIT TOTAL	DÉBIT MOYEN
		PAR MINUTE.	PAR PUIITS et par minute.
		litres.	litres.
1880.....	64	103,937	1,624
1881.....	70	110,937	1,589
1882.....	78	129,347	1,658
1883.....	88	136,621	1,552
1884.....	98	156,121	1,592
1885.....	104	161,451	1,552
1886.....	106	165,051	1,537
1887.....	115	172,291	1,541
1888.....	121	192,136	1,587
1889.....	127	204,136	1,607

On voit que la moyenne des débits par puits a peu varié de 1880 à 1889, pendant neuf campagnes de sondages consécutives. Le débit moyen accuse bien quelques variations dans un sens ou dans l'autre, d'une année à la suivante; mais les variations ainsi observées ont dépendu surtout des régions, plus ou moins bien dotées, du bassin artésien où avaient été exécutés les sondages. En fin de compte, on peut dire que, pendant la période considérée, et toutes choses égales d'ailleurs, *l'augmentation du débit total a été à peu près proportionnelle au nombre des nouveaux puits forés* — et cela bien que le nombre de ces puits ait doublé. — Ce sont là des faits devant lesquels il faut s'incliner.

Est-ce à dire qu'il en sera toujours ainsi? Évidemment non. Autant je crois que le bassin de l'Oued Rir', *pris dans son ensemble*, est encore loin d'être arrivé à la limite du débit maximum dont il est capable, *si l'on dirige de préférence les recherches vers les parties vierges du bassin*, autant je reconnais, d'accord en cela avec M. Jus, que la limite est atteinte aujourd'hui dans plusieurs parties du bassin, dans bon nombre d'oasis : par exemple, dans la plupart des oasis indigènes de la région centrale de l'Oued Rir'.

« Avant tout, écrivais-je en 1887 ⁽¹⁾, nous reconnaissons qu'il importe de ne pas compromettre ce qui est acquis. A cet égard, l'absence actuelle de tout contrôle, en ce qui concerne les sondages de l'Oued Rir', n'est pas sans danger, et les colons français doivent être les premiers à offrir et à demander des garanties. Il n'est pas admissible, en effet, que de nouveaux venus puissent, dans l'ignorance du régime des diverses parties de ce bassin, soutirer tout ou partie des eaux de telle ou telle oasis, ni que des mains inexpérimentées aient le droit, en exécutant et multipliant inutilement les forages, de venir gaspiller le gisement aquifère dont dépend l'existence même de ce pays.

« D'autre part, il serait déplorable d'entraver l'industrie privée, et il faut, au contraire, se féliciter de la voir intervenir dans cette œuvre de sondages de l'Oued Rir' et lui apporter son contingent d'initiative et d'efforts ⁽²⁾.

« Le mieux et le plus simple, pour sauvegarder les intérêts existants, tout en laissant à l'industrie privée tout son essor, ne serait-il pas d'instituer une sorte de syndicat des propriétaires de l'Oued Rir', dans lequel on ferait entrer les principaux cheiks des oasis indigènes, les délégués des sociétés françaises de colonisation et quelques personnalités compétentes, sans parler des représentants naturels de l'Administration? Cette Commission de surveillance serait

⁽¹⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887).

⁽²⁾ Jusqu'à ces dernières années, les ateliers militaires de sondages fonctionnaient seuls dans l'Oued Rir', sous la direction tutélaire de M. Jus. Actuellement il existe, en outre, une entreprise privée de forages, appartenant à l'une des deux sociétés de colonisation installées dans le pays, à la Compagnie dite *de l'Oued Rir'*. L'autre Société, dite *de Batna et du Sud algérien*, a préféré continuer à s'adresser aux ateliers militaires (avec l'autorisation de l'Administration) pour faire forer ses puits, à son compte, aux points désignés par elle. Mais demain il peut y avoir d'autres entreprises privées de forages, d'autant plus que l'opération à entreprendre est facile en elle-même et demande peu de capitaux.

chargée d'examiner chaque année le programme des sondages projetés, dont les emplacements devraient être approuvés par elle. »

Je n'ai rien à changer aujourd'hui à l'expression de ce desideratum ⁽¹⁾.

§ 6. ARTÈRES ARTÉSIENNES DE L'INTÉRIEUR DU BAS SAHARA.

LA RÉGION D'OUARGLA.

A une centaine de kilomètres au Sud-Ouest du terminus méridional de l'Oued Rir' et à une centaine de mètres en contre-haut, on rencontre, de Negoussa à Ouargla, une autre région artésienne, qui possède également des puits jaillissants : c'est la région d'Ouargla. Sous cette région, en effet, et le long du bas-fond du même nom, règne, du Nord au Sud, un réservoir souterrain d'eaux artésiennes, analogue à celui de l'Oued Rir' comme mode de gisement aquifère, mais moins profond, moins important comme volume et moins bien doté comme pression.

La zone artésienne en question offre, à en juger d'après les puits existants, son principal développement sous les oasis mêmes qui entourent la ville de Ouargla, laquelle se trouve, à vol d'oiseau, à 144 kilomètres au Sud-Ouest-Sud de Tougourt. Le large bas-fond où sont situées ces oasis représente, ai-je dit, une sorte d'estuaire continental, par lequel la grande vallée de l'Oued Mya débouche dans l'intérieur du bassin du bas Sahara. On se trouve là sensiblement à mi-distance entre les limites méridionales et septentrionales du bassin d'atterrissement et à une altitude moyenne entre son bord supérieur (un peu au delà d'El-Biodh), au Sud, et le Chott Melrir, fond du bassin hydrographique, au Nord (pl. IV et pl. X, fig. 2).

Jusqu'à ces derniers temps, la région d'Ouargla ne possédait que des puits creusés à la main par les indigènes et boisés. Les puits jaillissants y sont, d'après les derniers recensements, au nombre de 243 (dont 210 dans l'oasis d'Ouargla et ses annexes d'Adjaja, Chott et Rouissat, et 33 dans l'oasis de Negoussa); leur débit total serait de 27,128 litres par minute ⁽²⁾. En outre, on y compte un nombre environ triple de puits ordinaires à bascule.

Malgré tous ces puits, on ne peut dissimuler, disais-je il y a quelques années ⁽³⁾, que cette région d'Ouargla soit en pleine décadence, et il y a loin de la situation actuelle à l'ancienne splendeur dont la tradition retrace le tableau. Au XIII^e siècle, à en croire un manuscrit que nous avons vu, toute la plaine qui s'étend au Sud jusqu'aux ruines de la cité berbère de Sedrata et au Nord jusqu'à l'oasis isolée de Negoussa n'était qu'un vaste jardin, avec 125 villages et plus de 1,000 puits artésiens. Le fait est qu'au Sud comme au Nord, on rencontre à chaque pas des vestiges d'anciens jardins, les traces d'anciens canaux d'irrigation,

⁽¹⁾ Observations ajoutées en partie avant la publication.

⁽²⁾ Voir ci-dessus les notes 1 et 2 de la page 62.

⁽³⁾ G. Rolland. — *L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara* (Challamel, éditeur, 1887).

les orifices d'anciens puits, dont certains sont restés légendaires : témoins muets d'une végétation et d'une vie disparues, sur un sol où règnent aujourd'hui la solitude et la mort, sous un linceul de sables. Les sables, poussés par les vents du Nord et de l'Ouest, s'avancent maintenant à l'assaut des oasis actuelles, qu'ils entament graduellement et au travers desquelles ils font de larges trouées. Dans les oasis mêmes, les puits indigènes meurent peu à peu, et une grande partie des palmiers manquent d'eau.

« Le premier remède pour rendre à ces jardins la prospérité, c'est l'eau. La seule arme qui puisse lutter contre le fléau envahisseur des sables et reconquérir sur eux le terrain perdu, c'est la sonde artésienne. »

Aussi ai-je applaudi quand, en 1883, des sondages artésiens furent entrepris avec l'outillage européen dans la région d'Ouargla. On a vu plus haut que 28 puits tubés avaient été ainsi forés à Ouargla, Chott, Sidi-Khouilet, Adjaja et Rouissat, et qu'ils fournissent ensemble un débit de 6,145 litres⁽¹⁾.

Au total, le débit des puits jaillissants de la région d'Ouargla peut donc être estimé, en chiffre rond, à 33,000 litres par minute : soit plus de 0 mc. 500 par seconde.

Le gisement souterrain des eaux artésiennes se place dans la région de Ouargla, de même que dans l'Oued Rir', au sein de la masse perméable des sables quartzeux, qui constituent également ici notre étage de transport inférieur t^1 des atterrissements anciens du bas Sahara; mais la couverture imperméable qui maintient les eaux sous pression se trouve à une profondeur notablement moindre. Cette couverture est formée, à Ouargla et à Negoussa, par une couche marneuse ou argileuse l' de quelques mètres : celle-ci semble (d'après les renseignements malheureusement assez incomplets que j'ai pu recueillir à son sujet) s'interposer avec continuité entre les sables sous-jacents et fluides de l'étage inférieur t^1 et le massif superposé des grès argileux et gypso-calcaires, qui représentent l'étage supérieur de transport t^{2e} distingué par moi dans la région d'Ouargla (pl. XI, fig. 3, et pl. XVIII, fig. 3).

On peut estimer qu'à Ouargla même, la profondeur moyenne de la nappe artésienne est d'un peu plus de 35 mètres⁽²⁾. Il est vrai que les données fournies à cet égard par les puits indigènes et les sondages français des diverses oasis de la région ne sont pas toujours bien concordantes. Dans certains cas, ces différences peuvent tenir effectivement à des variations d'altitudes et d'imperméabi-

⁽¹⁾ Comme contre-partie du progrès réalisé par ces sondages, j'ai signalé aussi (3^e partie, chapitre I, § 1, IV) les difficultés croissantes que présente à Ouargla la question de l'écoulement des eaux d'irrigation, en raison de l'insuffisance de la pente naturelle du sol. La solution doit consister, comme je l'ai dit, à creuser une grande tranchée de drainage d'Ouargla vers Negoussa et la Sebkhâ Safioun.

⁽²⁾ J'ai indiqué (voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 1, II) le chiffre de 34 mètres pour la profondeur moyenne des puits jaillissants indigènes d'Ouargla sur lesquels ont porté mes observations; mais, en tenant compte de l'ensablement fréquent des chambres d'alimentation des puits indigènes, ainsi que de l'ensemble des renseignements recueillis, j'estime que le niveau moyen du cœur même de la nappe alimentaire est, en général, plus profond (d'au moins 1 mètre ou 2).

lité de la couverture, et aussi à des variations de perméabilité des sables aquifères, suivant les parties du bassin considéré. Mais il faut remarquer, d'autre part, que les observations faites sur les parois et sur les profondeurs des puits indigènes, longtemps après leur creusement, manquent généralement de précision; ainsi les chambres d'alimentation qui ont été pratiquées à la base des puits se trouvent plus ou moins comblées, selon l'époque depuis laquelle il n'y a pas eu de curage. De plus, il est probable que les indications de profondeur consignées dans les journaux de sondage se rapportent surtout à la profondeur correspondant au jaillissement de la nappe; or l'opération de son dégagement doit se faire, en général, d'une manière peu nette et assez irrégulière dans le bassin d'Ouargla, en raison du peu de pression hydrostatique du gisement artésien ⁽¹⁾.

La température moyenne de la nappe artésienne des oasis d'Ouargla est de 24° 2, d'après mes observations (qui concordent avec celles de Ville).

De même que le bassin artésien de l'Oued Rir', le bassin d'Ouargla ne comporte qu'une seule nappe artésienne principale, celle dont je viens de parler et qui alimente les puits jaillissants, indigènes ou français ⁽²⁾. Plus bas, il n'y a pas d'autre nappe jaillissante, ainsi que cela a été prouvé par trois sondages d'exploration qui ont été poussés à de plus grandes profondeurs ⁽³⁾.

Par contre, il existe, à peu de profondeur sous la surface, une première nappe renfermée dans les alluvions sableuses du bas-fond : c'est celle qui filtre dans les puits ordinaires à bascule. Cette nappe supérieure reçoit évidemment un appoint des eaux du cours de l'Oued Mya (surtout quand cet oued coule jusqu'au bas-fond d'Ouargla) ⁽⁴⁾; mais on peut considérer aussi qu'elle correspond à la nappe ascendante supérieure de l'Oued Rir' et de l'ensemble du bas Sahara. A mon sens, en effet, elle serait principalement alimentée par des infiltrations verticales, provenant de la nappe principale sous-jacente et s'élevant vers la surface tant en raison de la pression artésienne que par capillarité.

L'analogie avec l'Oued Rir' doit se poursuivre concernant l'allure horizontale de la nappe artésienne principale. Ici non plus, je considère qu'il ne s'agit pas simplement d'une nappe dépendant uniquement de l'allure stratigraphique de la formation : la nappe en question ne serait pas répartie aussi uniformément sous la couverture que l'indiquerait le profil schématique ⁽⁵⁾ par Ouargla donné par la figure 3 de la planche XVIII (sauf peut-être à la hauteur même d'Ouargla).

⁽¹⁾ De même que, par exemple, dans la région des anciennes oasis de Tougourt, au Sud de l'Oued Rir'.

⁽²⁾ L'expression d'une *nappe unique* semble même devoir s'appliquer plus rigoureusement ici, attendu que, sauf exception, je ne sache pas qu'à Ouargla on ait constaté de nappe secondaire, jaillissante ou nettement ascendante, au-dessus de la couverture.

⁽³⁾ Et qui semblent avoir atteint les terrains crétacés sous-jacents.

⁽⁴⁾ Ou jusqu'un peu en amont. Plus en amont, les infiltrations auxquelles donnent lieu les eaux normales ou les eaux de crue de l'Oued Mya contribuent plutôt à l'alimentation de la nappe artésienne principale du bassin d'Ouargla.

⁽⁵⁾ La couverture elle-même doit être, d'ailleurs, d'allure moins uniforme que sur le profil en question.

Ici également on aurait une zone souterraine d'eaux artésiennes, coïncidant plus ou moins avec une zone de bas-fonds (dont elle occuperait plutôt le côté oriental). Il y aurait, de même que sous l'Oued Rir', une sorte de localisation des eaux artésiennes en profondeur sous le bas-fond d'Ouargla, et cela s'expliquerait aussi⁽¹⁾ par la situation tout à fait semblable qu'occupe ce bas-fond au bas du versant occidental du bassin artésien du bas Sahara, c'est-à-dire près de son bord le plus incliné (pl. X, fig. 4).

Autrement dit, le gisement aquifère de la région d'Ouargla affecterait également la forme d'une sorte d'artère souterraine, allongée du Sud au Nord et limitée latéralement. De plus, le mécanisme du mouvement général des eaux artésiennes de ce bassin serait analogue, dans une certaine mesure du moins, à celui que j'ai décrit plus haut pour l'Oued Rir' et que résume l'expression *d'artère*.

Je ne saurais dire exactement où cette artère commence au Nord. Mais la multiplicité des puits ordinaires entre Negoussa et la Sebkha Safioun permet d'augurer qu'il existe des eaux abondantes de ce côté.

Cette artère artésienne doit régner avec continuité, et cela tout au moins depuis le Nord de l'oasis de Negoussa jusqu'au Sud des oasis d'Ouargla. Plus au Nord, je présume qu'elle se poursuit également avec une couverture convenable jusque vers la Sebkha Safioun⁽²⁾. Plus au Sud, elle continue de même certainement jusque vers l'ancienne oasis de Sedrata, où l'on voit encore l'emplacement d'un puits qui était sans doute jaillissant, à en juger par son nom, l'Aïn Sfa⁽³⁾. Soit un cours souterrain de près de 30 kilomètres du Nord au Sud.

Mais l'allure de l'artère semble fort capricieuse. Sa largeur serait très variable. On peut présumer qu'elle offre deux renflements principaux, l'un à la hauteur de Negoussa, l'autre, le plus important, à la hauteur d'Ouargla même : celui-ci aurait une dizaine de kilomètres de largeur. L'ensemble du gisement aquifère figurerait ainsi une espèce de 8 irrégulier.

Plus au Sud que Sedrata, si l'on s'écarte en suivant le lit de l'Oued Mya vers l'amont, mon opinion est qu'on sort bientôt du bassin artésien d'Ouargla et que la nappe artésienne proprement dite disparaît de ce côté, ne fût-ce que parce que la coupe des terrains change et que la couverture elle-même cesse d'exister. D'ailleurs, la seule considération de l'accroissement des altitudes vers le Sud amène à conclure rationnellement que (même toutes choses égales quant à la coupe des terrains) les sondages n'obtiendraient plus d'eau jaillissante à une certaine distance dans cette direction, la force ascensionnelle devenant insuffisante.

⁽¹⁾ Voir, de même, à cet égard les considérations développées ci-après 3^e partie, chapitre II, § 9.

⁽²⁾ La multiplicité des puits entre Negoussa et la Sebkha Safioun n'est pas, à vrai dire, une preuve à cet égard, mais elle constitue cependant un indice favorable.

⁽³⁾ D'après M. le capitaine Bernard, on trouve aussi, à peu de distance au Sud-Ouest de Sedrata, les ruines d'une autre ville mozabite, du nom de Melika, d'ailleurs moins importante. Celle-ci n'avait pas, semble-t-il, de puits artésien spécial, et elle prenait sans doute, comme Sedrata, son eau à l'Aïn Sfa, dont le débit était très considérable.

§ 7. LA NAPPE ASCENDANTE DU SOUF.

Les oasis de l'Oued Souf forment un petit groupe à part dans le Nord-Est du bas Sahara algérien, à mi-distance environ entre l'Oued Rir' et la frontière du Sud tunisien. El-Oued, capitale de la région, se trouve à vol d'oiseau à 80 kilomètres à l'Est-Nord-Est de Tougourt.

Cette intéressante région d'oasis se trouve au milieu même des grandes dunes de sable de l'Erg oriental. Ici, plus de sources, ni de puits jaillissants, ni de ruisseaux, et l'on pourrait presque dire des Souafa (habitants du Souf) qu'ils n'auraient point la notion de l'eau courante, s'ils ne sortaient pas de leur pays. Le sous-sol du Souf renferme cependant des quantités d'eau considérables; mais tirée des puits ordinaires où elle filtre et répandue à la surface, l'eau y est aussitôt absorbée par un sol essentiellement sableux. En revanche, le pays est à l'abri des inconvénients d'insalubrité contre lesquels on doit lutter dans d'autres régions d'oasis, irriguées à grande eau.

Telle quelle, la nappe du Souf est abondante : grâce à elle, les jardins et les villes et villages de la partie considérée du bas Sahara se trouvent assurés de toute l'eau nécessaire.

Dans les préliminaires du présent ouvrage, j'ai signalé le type curieux des oasis, dites *d'excavation*, de cette région du Souf. Pour les créer, les indigènes ont utilisé les emplacements libres de sables que les grandes dunes laissaient entre elles : mais ce sont des séries de jardins isolés, ne comportant chacun que 20 à 60 palmiers.

Lorsqu'on veut faire un nouveau jardin, on commence par creuser une grande excavation dans le sol. Ces excavations, qui portent le nom de *ghitan*, ont parfois de 8 à 10 mètres de profondeur. Au fond de la cavité déblayée, on creuse encore de petits trous jusqu'à la nappe aquifère, que l'on rencontre ordinairement au bout de 3 à 5 mètres, et l'on y plante autant de jeunes palmiers, dont les racines pourront ainsi plonger naturellement dans l'humidité du sous-sol.

Autour de chaque jardin, les déblais entassés et les sables accumulés forment un bourrelet saillant, comparable à un entonnoir de sable, d'où émergent les panaches verts des palmiers : sorte de four ardent, sous l'effet de la réverbération solaire. Les dattes y acquièrent une maturité parfaite. Là se trouvent réalisées, mieux que nulle part au Sahara, les conditions assignées par le proverbe arabe à la prospérité du palmier et à l'excellence de ses fruits : « Les pieds dans l'eau et la tête dans le feu du ciel. »

A l'ombre de leurs palmiers, les Souafa cultivent des arbres fruitiers, des légumes, du tabac, etc. Mais pour tous ces sous-produits, il faut naturellement de l'irrigation. A cette fin, on creuse des puits dans les jardins. « Ce sont, dit M. Jus⁽¹⁾,

⁽¹⁾ H. Jus. — Les oasis du Souf, département de Constantine (brochure autographiée, 1883). — La plupart des renseignements qui précèdent, au sujet du Souf, se trouvent également dans cette brochure.

des excavations, en forme de silos, de 0 m. 60 à 0 m. 80 de diamètre, creusés jusqu'à 0 m. 40 et 0 m. 60 au-dessous de la nappe, qui est renfermée dans du sable pur ou du sable gypseux, selon les localités. Ces excavations sont ensuite enduites d'une couche de plâtre, pour maintenir les terrains dans lesquels elles sont creusées; elles sont protégées de l'invasion des sables par une margelle de 0 m. 50 à 0 m. 70 de hauteur, à laquelle est joint un réservoir pour déverser le *k'otarat* ⁽¹⁾ qui sert à puiser l'eau. »

D'autres puits sont également pratiqués dans les villes et villages du Souf pour les besoins des populations. Ils s'adressent à la même nappe, mais sont plus profonds que les puits des jardins, puisque ceux-ci se trouvent déjà au fond des *ghitan* et que tous doivent atteindre la même nappe. La profondeur moyenne est de 9 mètres pour les puits des villes et villages, et de 4 m. 50 pour les puits des jardins ⁽²⁾.

On voit qu'au premier abord, tous ces puits du Souf ressemblent à des puits ordinaires, alimentés par des eaux de simple infiltration. Cependant, quand on les observe attentivement, on acquiert la conviction que leur nappe alimentaire est ascendante, bien que faiblement. Ainsi, dans les puits des jardins de l'oasis d'El-Oued, l'eau se rencontre à une profondeur moyenne de 3 m. 90, mais son niveau hydrostatique s'élève à 3 m. 30 des orifices, soit à 0 m. 60 en contre-haut. De même, dans les puits de l'oasis de Guemar, le gisement de la nappe et son

⁽¹⁾ Voir ci-dessus page 113, note 3.

⁽²⁾ Voici d'ailleurs, d'après des renseignements puisés dans la même brochure de M. Jus, un tableau synoptique qui donne, pour les diverses oasis du Souf, le nombre total des puits et leurs profondeurs respectives dans les villes et dans les jardins, ainsi que les températures observées par M. Jus :

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PUIITS DU SOUF.

DÉSIGNATION DES OASIS (DU SUD AU NORD APPROXIMATIVEMENT).	ALTI- TUDES.	NOMBRE DES PUIITS.	PROFONDEURS DES PUIITS		TEMPÉRATURES (d'après M. Jus).
			DANS LES VILLES ou villages.	DANS LES JARDINS.	
	mètres.		mètres.	mètres.	degrés.
El-Oued { El-Oued-Azizla..... Ferdjan..... Chehabta-Graffin... Achach-Ouled-Djam. Ouled-Ahmed.....}	+ 68	430	10 00 à 13 80	3 00 à 5 50	15°,00 à 17°,00
			10 00 11 00	4 00 5 00	
			11 00	4 80 5 40	
			9 60 à 10 00	4 30 4 50	
			6 80	4 30	
Kouinin.....	+ 55	700	8 60 à 10 90	4 20 à 5 40	15°,00 19°,30
Tarzout.....	+ 53	390	9 00 10 00	2 60 6 00	14°,00 15°,40
Guemar.....	+ 51	770	7 00 8 00	3 00 5 00	16°,00 17°,40
Zgoun.....	"	472	"	5 00 6 00	14°,80 17°,50
El-Bihima.....	+ 50	360	10 3	3 60 5 00	16°,50 20°,00
Debila.....	+ 47	132	7 00 à 7 50	5 00 6 00	17°,60 18°,40
Sidi-Aoun.....	+ 30	60	5 90	2 50	14°,07 15°,40

Les températures portées sur ce tableau ont été prises par M. Jus en hiver et sont certainement inférieures à la température moyenne du sol, ainsi que je le ferai observer ci-après (3^e partie, chapitre II, § 11).

niveau hydrostatique se trouvent respectivement à des profondeurs de 5 mètres et de 4 m. 50 : soit une hauteur ascensionnelle de 0 m. 50.

Il n'est donc pas douteux que la nappe du Souf soit de nature artésienne. Elle se relie évidemment au mécanisme artésien du bassin du bas Sahara; mais on n'a plus affaire ici, comme dans la région voisine de l'Oued Rir', à un gisement d'eaux concentrées comme volume et comme pression, et il est probable que des sondages de recherche ne trouveraient rien de semblable en profondeur, la situation du Souf par rapport à l'ensemble du bassin et la coupe géologique des terrains du sous-sol ne s'y prêtant pas. La nappe sur laquelle vit le Souf est simplement la nappe ascendante supérieure, dont j'ai signalé l'existence, d'une manière générale, à la surface de tout le bas Sahara.

Le fait est, toutefois, que cette nappe ascendante présente une importance et une abondance particulières dans la région considérée. Quelles en sont les causes? La plus apparente est le voisinage de grands massifs de dunes (pl. IV); car ceux-ci jouent au Sahara, comme je l'ai déjà dit, le rôle de véritables réservoirs d'alimentation⁽¹⁾. Mais, s'il est incontestable que les grandes dunes de l'Erg oriental contribuent efficacement à l'alimentation de la nappe du Souf, celle-ci doit correspondre, en outre, à des raisons hydrologiques d'un ordre plus local. Et en effet, il est bien certain que les oasis du Souf n'occupent pas un emplacement quelconque à la surface du vaste plateau d'atterrissement qui s'élève en pente douce de l'Oued Rir' vers les hamada crétaées du Sahara tripolitain (pl. X, fig. 3). Elles se trouvent sans doute situées, ainsi que je l'ai fait observer⁽²⁾, sur une zone de dépressions naturelles, entaillées jadis dans ce plateau par les érosions quaternaires et correspondant à un cours d'eau préhistorique, l'ancien Oued Souf, aujourd'hui enfoui sous les sables. Les eaux courantes ont disparu; mais maintenant encore les eaux météoriques qu'absorbent les dunes d'alentour, et les eaux souterraines que renferment les atterrissements sous-jacents des régions environnantes, se collecteraient de préférence le long de l'ancien thalweg et de ses affluents.

Explication à rapprocher de cette légende que relate M. Jus : « Les Souafa prétendent que, du temps des Chrétiens, l'Oued Isouf (la rivière qui murmure) coulait dans leur contrée, du Nord au Sud (?), et que ces mêmes Chrétiens, forcés de se retirer devant l'Islam victorieux, l'enfermèrent sous terre, ainsi que toutes les autres rivières sans eau que l'on rencontre dans cette contrée. »

§ 8. AUTRES RÉGIONS ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA.

DIFFUSION GÉNÉRALE DES EAUX ARTÉSIENNES DANS LE BAS SAHARA.

Indépendamment des régions privilégiées du bassin artésien du bas Sahara

⁽¹⁾ Observation sur laquelle je reviendrai ci-après avec plus de développement, à propos de l'alimentation du bassin artésien du bas Sahara (3^e partie, chapitre II, § 9).

⁽²⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

algérien et tunisien, que nous venons de décrire — en dehors des zones de sources de la lisière Nord (Zab algérien et Sud tunisien), des artères de l'intérieur (Oued Rir' et région d'Ouargla), de la nappe du Souf — on peut dire, d'une manière générale, qu'il existe une diffusion plus ou moins abondante d'eaux artésiennes au sein des terrains sableux et perméables de tout l'ensemble du bas Sahara. Il est même d'autres régions, dans ce vaste bassin, où la sonde artésienne a déjà découvert et découvrira sans doute encore des nappes ignorées, jaillissantes ou simplement ascendantes. En tout cas, une nappe ascendante supérieure règne partout près de la surface ou à peu de profondeur.

Les eaux souterraines qui se trouvent disséminées ainsi au sein des terrains d'atterrissement du bas Sahara représentent assurément un volume très considérable, étant donnée l'immensité du cube des terrains qu'elles imbibent. Elles sont surtout abondantes dans la moitié septentrionale du bassin d'atterrissement : c'est dans le Nord, en effet, que se trouvent les parties basses du bassin, vers lesquelles les eaux, quelle que soit leur provenance, tendent à se rassembler, et c'est par le Nord, d'ailleurs, que s'opère principalement leur alimentation, comme nous le verrons.

La présente étude ne serait donc pas complète si je ne disais quelques mots des régions artésiennes autres que les précédentes.

Je passerai d'abord en revue les régions situées au Nord du parallèle de Ouargla. Puis je jetterai un coup d'œil sur les régions plus méridionales.

I. AU NORD DU PARALLÈLE D'OUARGLA. — RÉGIONS INTERMÉDIAIRES ENTRE LE ZAB, L'OUED RIR', LE PAYS D'OUARGLA, LE SOUF, LE SUD TUNISIEN ET LE GRAND ERG ORIENTAL.

1° J'ai rendu compte plus haut des sondages exécutés entre le Zab et l'Oued Rir', dans le petit désert de Morran (Chegga, El-Mkham, Cedraïat)⁽¹⁾, puis entre le Zab et le Souf, sur la route directe de Biskra au Souf par les chotts (M'Guebra, Stah-el-Hameraïa, Sif-el-Menadi)⁽²⁾. A l'Ouest de l'artère artésienne proprement dite de l'Oued Rir', j'ai noté aussi le sondage de Mrara⁽³⁾, et au Sud, entre l'Oued Rir' et la région d'Ouargla, le sondage de Bardad⁽⁴⁾.

Aucun de ces sondages n'a trouvé, assurément, de nappe comparable, même de loin, aux nappes artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla, bien que certains aient été poussés à des profondeurs plus grandes. Mais tous ont rencontré des terrains plus ou moins aquifères et recoupé des nappes artésiennes. Dans la plupart des cas, il est vrai, ces nappes se sont montrées peu importantes et simplement ascendantes : il en est cependant aussi de jaillissantes, bien qu'avec des débits presque toujours faibles, voire même parfois insignifiants.

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 4.

⁽²⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 4 bis.

⁽³⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 3, I.

⁽⁴⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 2.

Les coupes géologiques des sondages en question diffèrent notablement suivant les régions. Elles sont généralement médiocres au point de vue hydrologique. Tantôt elles sont trop sableuses — comme, par exemple, dans le petit désert de Morran — pour se prêter, même dans un milieu artésien, à la formation de nappes à haute pression, en raison de l'absence de couverture caractérisée; tantôt, au contraire, elles sont trop marneuses — comme, par exemple, dans les chotts (sur la route de Biskra au Souf) — et les intercalations perméables y sont trop en sous-ordre pour donner lieu à des nappes importantes, même dans les parties les plus basses du bassin artésien. Néanmoins une conclusion commune se dégage de ces différents sondages, malgré leur diversité et leurs distances réciproques, c'est que les couches sableuses et perméables des terrains du bassin du bas Sahara sont toujours, même en dehors des régions artésiennes principales, plus ou moins imbibées d'eaux, elles-mêmes plus ou moins artésiennes.

Les eaux artésiennes se répartissent évidemment d'après la perméabilité des terrains qu'elles rencontrent dans leur mouvement ascensionnel. Quand ces terrains sont uniformément sableux et perméables, elles s'y répandent, s'y émiettent, pour ainsi dire, et arrivent à perdre presque entièrement leur pression. Par contre, elles peuvent former des nappes plus ou moins nettes, quand les couches présentent soit des alternances franchement perméables et imperméables, soit, tout au moins, des niveaux successifs de perméabilité variable. Le fait est, en définitive, que le sous-sol de maintes parties du bas Sahara renferme, en dehors des artères artésiennes, de nombreuses nappes d'importance secondaire.

Ces petites nappes artésiennes sont généralement concentriques aux couches géologiques et deviennent alors comparables aux nappes ordinaires des terrains stratifiés, sauf qu'elles ne se poursuivent pas régulièrement fort loin dans le sens latéral, en général du moins, par suite de l'allure lenticulaire des couches d'atterrissement. Lorsque celles-ci figurent des ondulations, les nappes aquifères occupent naturellement de préférence les cuvettes ainsi formées et donnent lieu à autant de petits bassins locaux.

Ville a beaucoup insisté sur cette disposition des nappes artésiennes du bas Sahara en cuvettes distinctes⁽¹⁾. Les divisions générales qu'il a proposé d'admettre sous ce rapport entre Biskra et Ouargla peuvent avoir, en effet, quelque utilité pour le groupement des faits observés, et j'ai moi-même indiqué, dans ma *Géologie du Sahara*, certaines grandes ondulations du bassin d'atterrissement, telles que, du Sud au Nord, celles d'Ouargla, de Bardad (pl. XI, fig. 3), de l'Oued Rir' méridional et central, de l'Oued Rir' septentrional (pl. XXII, fig. 1 et 2).

Mais il faut bien reconnaître que la considération des cuvettes de Ville, outre qu'elle ne saurait fournir, concernant l'allure des nappes souterraines en question, de conclusions aussi directes que s'il s'agissait de terrains régulièrement

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

stratifiés, se montre tout à fait insuffisante pour expliquer la distribution relative des eaux artésiennes dans les diverses parties du bassin du bas Sahara, et, par exemple, leur concentration dans les grandes artères de l'Oued Rir' et de Ouargla. Nous avons vu, de plus, que si l'on examine, en particulier, l'artère artésienne de l'Oued Rir', les variations d'altitude, cependant assez notables de l'une à l'autre de ses régions, ne semblaient avoir que fort peu d'influence sur la pression et le volume des eaux artésiennes, ou, du moins, ne faisaient qu'intervenir concurremment avec d'autres facteurs beaucoup plus importants, dont le principal correspond aux conditions d'alimentation souterraine.

Ces réserves faites, il y a lieu d'ajouter toutefois que la considération des variations d'altitudes et des ondulations des couches aquifères reprend son importance dans les régions qui ne correspondent plus à des zones artésiennes d'un caractère spécial, et dans le sous-sol desquelles les eaux souterraines sont réparties plus uniformément et possèdent moins de pression hydrostatique. Tel est le cas pour les régions intermédiaires dont nous nous occupons précisément ici. Les indices stratigraphiques, si insignifiants soient-ils, fournissent alors, effectivement, le meilleur guide dans les recherches artésiennes.

C'est ainsi que, dans le petit désert de Morran, les sondages offrent évidemment plus de chances de réussite dans les parties basses de la série des cuvettes locales que j'y ai signalées⁽¹⁾; mais les débits jaillissants à escompter seront, comme à Chegga, généralement faibles. Au Sud de Tougourt, d'autre part, l'emplacement du sondage de Bardad semblait fort bien choisi, au fond de la grande cuvette que figure la région intermédiaire entre les bassins de l'Oued Rir' et d'Ouargla : néanmoins il n'a obtenu, comme eau jaillissante, qu'un débit des plus médiocres.

Les reliefs de la surface et les ondulations des couches sableuses du sous-sol ne peuvent manquer d'influer aussi, dans une certaine mesure, sur l'abondance et l'allure de la nappe ascendante supérieure qui règne près de la surface dans tout le bas Sahara. Bien qu'artésiennes, les eaux de cette nappe doivent tendre à se rassembler, en vertu de la pesanteur, dans les parties basses des cuvettes du sous-sol, et cela d'autant plus qu'elles ont moins de pression et que les variations d'altitude sont plus rapides. Nous avons noté, de plus, que, sous le petit désert de Morran (région de cuvettes accusées), la profondeur de la nappe supérieure en question n'est que de 4 à 8 mètres dans le fond des ondulations, tandis que, sous les dos d'âne séparatifs, elle peut descendre jusqu'à 20 mètres.

En général cependant, la nappe ascendante supérieure du bas Sahara varie moins de profondeur. Elle épouse plus ou moins les inégalités du sol, quand celles-ci ne sont pas brusques, et elle les reproduit comme un écho affaibli, suivant une expression déjà employée.

⁽¹⁾ Ville y distinguait deux cuvettes artésiennes, celles de Chegga et de Cedraïat. Suivant moi, les petits bassins locaux sont beaucoup plus nombreux dans cette région, où les couches sont de plus en plus ondulées aux approches de l'Atlas. (Voir ma *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 4.)

Supposons un sous-sol de perméabilité uniforme sur une certaine épaisseur : on comprend que les eaux artésiennes tendent à y remonter, d'abord en raison de ce qui leur reste de pression hydrostatique, puis sous les effets de la capillarité, activée par l'appel de l'évaporation extérieure. Par contre, l'évaporation extérieure absorbera l'humidité des couches immédiatement voisines de la surface et son action desséchante s'exercera jusqu'à quelques mètres dans le sous-sol.

En conséquence, les quantités d'eau renfermées dans le sous-sol augmenteront de bas en haut en profondeur, puis diminueront aux approches de la surface : il y aura nappe ou apparence de nappe au niveau du maximum d'humidité. Le plus souvent, à vrai dire, les conditions sont plus complexes, attendu que les sous-sols, même exclusivement sableux, présentent presque toujours des couches successives de perméabilité différente : ces variations de perméabilité interviennent alors, en même temps que le mécanisme théorique ci-dessus indiqué, pour la fixation du niveau de la nappe ascendante supérieure.

2° Le niveau aquifère en question règne avec une grande constance sous le vaste plateau du Souf, et s'y tient à quelques mètres en contre-bas de la surface générale du sol, que recouvrent de distance en distance les grandes dunes de l'Erg oriental. Au Souf même, nous avons vu qu'il présente une abondance particulière et se place à une profondeur moyenne de 9 mètres. On le retrouve dans des conditions semblables quand on quitte le Souf, pour suivre une quelconque des routes qui de là rayonnent dans toutes les directions.

A l'Ouest, la route la plus suivie par les caravanes et les voyageurs qui se rendent du Souf à Tougourt passe par les puits de Mouïa-el-Kaïd et Mouïa-el-Ferdjan. Une autre route passe par Aïn-Taïbet⁽¹⁾. D'autres points d'eau se trouvent dans la région considérée. Généralement ils sont situés dans des sortes de cuvettes, entourées de dunes : des puits de 4 m. 50 à 7 mètres de profondeur ont été creusés au fond de ces sortes d'entonnoirs de sable, dans le terrain sous-jacent. C'est la même nappe ascendante supérieure qui les alimente.

De même, la plaine de *nebkha* (terrain de sable mi-meuble et légèrement vallonné), entremêlée de dunes, qui descend du Souf au Nord et au Nord-Est vers les Chotts Melrir, Gharsa et Djérid, possède partout de l'eau, à une profondeur plutôt moindre qu'au Souf même : soit 7 à 8 mètres, en général. Les puits ordinaires y sont nombreux, et l'on pourrait en creuser beaucoup d'autres. On peut citer Bir-el-Arab, Guettar-el-Guettaïa, Mouïa-Tounsi, etc.

De même sur les bords des Chotts Melrir et Gharsa, tant au Sud qu'au Nord, et entre leurs ramifications : par exemple, à Bir-Asloudje, Bir-Rabou, Bir-el-Baadj, etc. L'eau des puits n'est plus guère alors qu'à 4 ou 5 mètres de profondeur. Ajoutons que la même nappe affleure évidemment dans les chotts

⁽¹⁾ Eau réputée pour sa qualité. (Voir son analyse au n° 18 du tableau de l'Annexe I, à la fin du volume.)

voisins, parties les plus basses du bassin, où l'humidité varie d'ailleurs suivant les saisons et en raison inverse de l'évaporation⁽¹⁾.

Les routes qui du Souf se dirigent à l'Est vers le Nefzaoua sont également jalonnées de puits, entre les dunes; l'eau y est abondante : par exemple, à Bir-Sanoun. D'une manière générale, toute la plaine qui s'étend au Sud du Chott Djérid possède l'eau à 6 ou 7 mètres de profondeur (et même moins, au bord immédiat du chott).

Enfin, au Sud-Est et au Sud du Souf, les routes qui se dirigent vers Bir-Bereçof, vers Bir-Gardaya, vers Hassi-Mey, offrent encore des points d'eau de distance en distance. Les puits sont même, pour ainsi dire, innombrables dans toute cette partie de l'Erg oriental, où les chaînes de dunes se trouvent, comme les précédentes, séparées par des intervalles laissant apparaître le terrain ferme. La profondeur des puits, creusés comme toujours dans les dépressions du sol, varie, pour la plupart, entre 7 et 14 mètres⁽²⁾, suivant les emplacements; pour ce qui est de la profondeur moyenne de la nappe d'eau sous le niveau général du sol, on peut l'évaluer à moins de 10 mètres.

Au delà vers le Sud-Est et le Sud, c'est le grand Erg proprement dit, où les chaînes de dunes recouvrent presque entièrement le sol. Les puits font alors complètement défaut, ou à peu près. Les caravanes allant d'El-Oued à Ghadamès ont, à partir de Bir-Ghardaya, sept ou huit jours de marche sans eau dans le grand Erg. Afin de faciliter les communications sur cette route, trop délaissée aujourd'hui, M. Jus avait demandé avec raison qu'on y fit des recherches d'eau à El-Azerek et à Haouch-el-Medfa.

M. Jus a également proposé d'entreprendre des sondages sur les diverses routes indiquées plus haut tout autour du Souf. Malheureusement on peut douter des chances d'y obtenir des eaux jaillissantes, sauf cependant dans les régions situées suffisamment en contre-bas et approchant des chotts, au Nord-Ouest (direction où l'expérience a déjà été faite avec succès), au Nord, au Nord-Est et à l'Est. Il est même possible que la sonde arrive à découvrir de belles nappes dans certaines de ces régions.

3° Pour compléter cet aperçu circulaire sur les régions situées au Nord du parallèle d'Ouargla, il me resterait à parler ici de la partie inférieure du bas Igharghar et de la plaine avoisinante jusqu'à la ligne des bas-fonds d'Ouargla à Tougourt. Mais je serai plus naturellement amené à en dire quelques mots dans le sous-paragraphe suivant, à propos du bas Igharghar.

⁽¹⁾ A peu de distance au Nord des Chotts Melrir et Gharsa, les puits deviennent beaucoup plus rares; néanmoins le sous-sol de la plaine qui s'élève ensuite vers le pied méridional de l'Atlas renferme, ainsi que je l'ai dit, un niveau aquifère au contact des alluvions quaternaires et des terrains pliocènes sous-jacents.

⁽²⁾ Les puits de Bir-Ghardaya n'ont même, paraît-il, que 5 m. 50.

II. AU SUD DU PARALLÈLE D'OUARGLA. — LE BAS OUED MYA ET LE BAS IGHARGHAR
(AVEC APERÇU SUR LE HAUT OUED MYA ET LE HAUT IGHARGHAR). — TIMASSININ ET AMGUID.

1° Quand d'Ouargla on remonte la vallée de l'Oued Mya vers le Sud-Ouest-Sud, on y rencontre de distance en distance une série de puits ordinaires. Ceux-ci sont d'abord assez rapprochés dans la large plaine d'alluvion que présente la partie inférieure de la vallée du bas Oued Mya : Hassi-bou-Khenissa, Hassi-el-Aïcha, Hassi-Djemel (profondeurs, 7 à 11 mètres), etc. (pl. I)⁽¹⁾. Puis ils deviennent plus rares quand on approche des limites du bassin d'atterrissement (pl. IV), et, dans les régions crétacées d'amont, on n'en trouve plus le long du haut Oued Mya jusqu'à Hassi-Inifel⁽²⁾, au confluent de l'Oued Insokki.

Ces puits sont évidemment alimentés par les eaux pluviales que l'Oued Mya récolte dans son bassin hydrologique et qui s'écoulent au travers des graviers et alluvions sableuses de la vallée : autrement dit, il s'agit ici, en principe, d'une ligne d'eau superficielle⁽³⁾. Mais les eaux d'écoulement de l'Oued Mya doivent aussi s'infiltrer en partie et graduellement dans les couches perméables des terrains d'atterrissement, qui, à partir de Kechaba, constituent exclusivement le sous-sol de la vallée, et contribuer alors à la formation de nappes souterraines (sans doute légèrement artésiennes, en raison du plongement général des couches vers le Nord). Il y aurait donc transition entre les deux sortes de gisements aquifères (ligne d'eau superficielle et nappes souterraines), surtout dans la région du cours inférieur du bas Oued Mya.

C'est dans cette région, d'ailleurs, que les puits se trouvent, en toute saison, le mieux pourvus d'eau. Ainsi le puits déjà nommé d'Hassi-el-Aïcha (par lequel passe l'itinéraire de notre mission) semble capable, même en été, de fournir un débit de 4,000 litres en vingt-quatre heures⁽⁴⁾.

D'une manière générale, la vallée de l'Oued Mya offre une végétation qui prouve l'humidité de son sous-sol d'alluvions, et contraste avec l'aridité des hamada environnantes. Les caravanes y trouvent même des pâturages excellents pour les chameaux. Mais les cultures y font entièrement défaut.

Pourrait-on faire mieux et créer, le long de l'Oued Mya, grâce à l'irrigation, des oasis nouvelles, ainsi que l'idée en a été souvent émise? On a parlé d'y entreprendre une série de forages artésiens et de plantations; escomptant la réussite de ce programme, on a été jusqu'à prédire qu'un jour nous pourrions aller de Ouargla à In-Salah à l'ombre des palmiers. Malheureusement il serait illusoire, à mon avis du moins, et pour des raisons que j'ai déjà données plus haut (à

⁽¹⁾ Sans parler du puits d'Hassi-et-Hadjar, écarté dans un bas-fond latéral à l'Ouest. (Voir ci-dessus 1^{re} partie, § 1.)

⁽²⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum*.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie.

⁽⁴⁾ Voir le n° 6 de l'Annexe II ci-après.

propos de la région d'Ouargla)⁽¹⁾, d'espérer rencontrer des eaux jaillissantes dans l'Oued Mya, sauf exceptions locales. Même dans le bas Oued Mya, où les chances seraient évidemment les plus grandes, et où l'on se trouverait encore dans le bassin artésien du bas Sahara, je considère qu'on n'obtiendra, règle générale, que des eaux simplement ascendantes; il n'est même pas certain qu'elles soient beaucoup plus abondantes que dans les puits ordinaires actuels. En amont, dans le haut Oued Mya, je ne prévois pas qu'on puisse compter pratiquement sur autre chose que sur des puits ordinaires d'infiltration, alimentés par l'oued même; que si l'on voulait poursuivre les forages dans les terrains crétacés de la profondeur, les conditions deviendraient aussi ingrates qu'onéreuses, et les tentatives de ce genre ne se justifieraient qu'en certains points spéciaux, tels que Hassi-Inifel⁽²⁾, choisis pour la création de postes militaires.

Cela posé, il est néanmoins incontestable, m'empresserai-je d'ajouter, qu'une série de puits ordinaires ou ascendants, que l'on creuserait le long de l'Oued Mya à des distances rapprochées et que l'on aménagerait convenablement, rendraient de grands services et favoriseraient nos projets de pénétration et de relations commerciales dans la direction d'In-Salah, avec Ouargla comme base. Cela faciliterait singulièrement le mouvement des colonnes militaires et des caravanes d'échanges; cela permettrait peut-être même, bien que dans une mesure relativement restreinte, la création de quelques oasis indigènes avec puits à bascule : à cet effet, on pourrait installer dans l'Oued Mya des colonies de nègres affranchis, suivant l'intéressant projet que M. Dybowski préconisait récemment à propos de la région d'El-Goléa⁽³⁾.

Un tracé de chemin de fer transsaharien allant d'Ouargla à In-Salah par l'Oued Mya a été proposé par M. Foureau⁽⁴⁾. Ce tracé quitterait la vallée même de l'Oued Mya un peu au Sud d'Hassi-Djemel, et, se dirigeant sur Hassi-Ghourd-Oulad-Yaïch, suivrait dès lors la hamada d'atterrissement de la rive droite (pl. IV) vers le Sud-Ouest, puis le Sud-Ouest-Sud; il laisserait ainsi à l'Est les ramifications du massif de grandes dunes qui s'interpose entre l'Oued Mya et l'Igharghar, et atteindrait, par une voie libre de sables, l'extrémité Nord de la région du Mader. D'après ce qui précède et *a fortiori*, les sondages artésiens n'auraient aucune chance sur cette hamada; mais on pourrait y creuser des puits ordinaires d'une profondeur de 15 à 30 mètres, qui fourniraient des eaux en suffisance (d'autant plus que le voisinage des grandes dunes, à l'Est, doit être, dans une certaine mesure, favorable à l'alimentation des eaux souterraines de cette région).

Le tracé obliquerait ensuite au Sud-Est, vers Hassi-Messeguem, en se main-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 6. (Voir la fin dudit paragraphe 6.)

⁽²⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum*.

⁽³⁾ Comptes rendus des séances de la Commission centrale de la Société de géographie (6 juin 1890). (Observation ajoutée lors de la correction des dernières épreuves.)

⁽⁴⁾ F. Foureau. — Une mission au Tademaït, avec carte (Challamel, éditeur, 1890).

tenant autant que possible en amont de la série des petits oueds du Mader. La région même du Mader est certainement riche en eaux, dans les années pluvieuses tout au moins, et M. Foureau y signale beaucoup de puits peu profonds (*tilma*), creusés dans les lits de ses oueds, près de la lisière abrupte (*oudjh*) des grandes dunes, où ils se perdent. Je ne saurais dire cependant si, en amont, l'on trouverait facilement de l'eau le long de la section correspondante du chemin de fer, qui serait alors placé sur une hamada au sol (ou au sous-sol) crétacé.

A Hassi-Messeguem seulement, les sondages auraient des chances de réussite, bien qu'assez médiocres, ainsi que je dirai plus loin⁽¹⁾. Puis les conditions pour des recherches artésiennes redeviendraient défavorables dans la plaine d'amont de l'Oued Massin, aussi bien dans la direction d'In-Salah que dans celle d'Amguid⁽²⁾.

2° Revenant vers le Nord, nous voyons que les puits ordinaires sont fort nombreux dans la région dite *des Kantra*, située au Sud-Est d'Ouargla, entre la partie inférieure du bas Oued Mya et le bas Igharghar (pl. I)⁽³⁾; ils ont été creusés dans les dépressions et les oueds secondaires qui parsèment et sillonnent cette région; ils ont généralement 8 à 10 mètres de profondeur. Les puits sont fréquents aussi, plus au Nord, dans la vaste plaine qui descend vers Tougourt.

De même à l'Est, on en rencontre à des distances rapprochées le long de la partie inférieure du bas Igharghar, quand on remonte cet oued vers le Sud depuis Hassi-Matmat (un peu au Sud de Tougourt) jusqu'à Hassi-bel-Heïran (au Sud-Est de la région des Kantra). En résumé, on peut dire que tout le pays qui s'étend, du Nord au Sud longitudinalement, entre les parallèles de Tougourt et de Bel-Heïran, et, transversalement, entre l'Oued Mya et les bas-fonds d'Ouargla à l'Oued Rir', à l'Ouest, et les premières chaînes de dunes de l'Erg oriental, à l'Est, se trouve abondamment pourvu d'eaux souterraines et possède une nappe continue, sans doute légèrement ascendante, à une profondeur de quelques mètres sous les dépressions de la surface.

Cette nappe est-elle unique? et des sondages auraient-ils chance de rencontrer dans les régions considérées des eaux franchement artésiennes? Cela est possible en quelques endroits, tout en restant douteux: en se plaçant au milieu de certaines cuvettes bien accusées, on obtiendra peut-être des eaux faiblement jaillissantes (là surtout où la coupe des terrains sous-jacents comporterait des intercalations marneuses et imperméables, formant couverture à des nappes de la profondeur); mais y compter serait s'exposer à de graves désillusions.

⁽¹⁾ Voir le *Post-scriptum* du présent ouvrage hydrologique.

⁽²⁾ M. l'ingénieur en chef Pelletreau a proposé d'adopter le tracé transsaharien de M. Foureau jusqu'à Messeguem, puis de là de regagner Amguid et de s'y raccorder avec le tracé direct d'Ouargla au Tchad par Timassinin.

⁽³⁾ Voir aussi la carte au $\frac{1}{1,000,000}$ publiée en 1888 par M. F. Foureau sur *Une partie du Sahara septentrional* (Challamel, éditeur).

3° Au Sud de Bel-Heïran, on rencontre encore l'Hassi Mokhanza, puits de 5 mètres, au fond d'un entonnoir situé dans le lit de l'Igharghar ⁽¹⁾; on peut admettre que la nappe aquifère se trouve ici à une vingtaine de mètres en contre-bas de la surface générale du sol. Au delà, vers le Sud, les points d'eau font complètement défaut le long du lit proprement dit du bas Igharghar (et le long de la trouée principale de l'Erg ⁽²⁾, par laquelle passe ce lit). Il en était sans doute autrement jadis, alors que les routes d'Ouargla vers Timassinin, la Sebkhâ d'Amaghdor, et le Soudan central, étaient très fréquentées des caravanes; mais actuellement les itinéraires des rares caravanes allant d'Ouargla (ou du Souf) dans cette direction passent plus à l'Ouest.

Quelques puits se rencontrent encore de ce côté, en effet, entre l'Igharghar et l'Oued Mya; ils deviennent, d'ailleurs, de plus en plus rares vers le Sud: on n'en trouve plus, par exemple, dans la région des gassi obliques de Slassel-Sanoun. Puis on arrive au point d'eau isolé et important d'Aïn-Taïba, situé près de l'extrémité septentrionale du pâté triangulaire que le grand Erg forme entre la région dite des gassi de l'Igharghar et les hamada de la rive droite de l'Oued Mya: là se trouvent, au milieu des dunes, deux entonnoirs circulaires, dont un avec une nappe d'eau, celle-ci à 30 mètres en contre-bas de la surface naturelle du sol (pl. XVIII, fig. 1); l'eau de la mare est salée, mais on obtient de l'eau potable en creusant sur son bord des petits puisards de 1 à 2 mètres ⁽³⁾.

Au Sud du parallèle d'Aïn-Taïba, il n'y a plus de point d'eau dans les grands gassi qui accompagnent la trouée de l'Igharghar (ni dans ceux existant, plus à l'Ouest, dans le massif latéral susmentionné du grand Erg), jusque vers la hamada crétacée de Tinghert. Aux approches de celle-ci, on connaît de nouveau certains points, tels que Mouilah-Matallah et El-Biodh, situés au fond de cirques ou de cuvettes dans les dunes, où l'on trouve facilement de l'eau en creusant de 0 m. 50 à 0 m. 70 dans les sables: mais il s'agit alors de nappes aquifères d'un genre spécial, fournies directement par les dunes elles-mêmes. Notons aussi, à l'Est d'El-Biodh, les petits puits de Mouïlet, dans une sebkhâ encaissée au pied de falaises crétacées, puis, plus à l'Est, quelques points d'eau que l'on rencontre de distance en distance à la lisière méridionale du grand Erg, sur la route de Ghadamès.

Il serait inexact cependant, en ce qui concerne la région des grands gassi de l'Igharghar — région si importante pour le passage du tracé de Transsaharien d'Ouargla vers Timassinin et Amguid — de la croire aussi dépourvue d'eau que semblerait l'indiquer son manque actuel de puits et l'aridité de sa surface de *reg*. On peut affirmer, au contraire, que le sous-sol d'atterrissement de toute

⁽¹⁾ Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters, 1884. (Voir le rapport de Roche, p. 203.)

⁽²⁾ Dite trouée de Mokhanza (*Géologie du Sahara*), ou mieux trouée principale de l'Igharghar.

⁽³⁾ Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters, 1884. (Voir le rapport de Roche, p. 186.)

cette large zone des gassi est partout plus ou moins aquifère : il renferme, en tout cas, la nappe habituelle du bas Sahara, qu'on pourra toujours atteindre en creusant une série de puits ordinaires de profondeurs variables. La nappe en question doit même être assez abondante ici, bien qu'on soit en contre-haut du bas Sahara proprement dit (pl. X, fig. 2) ; car les massifs de sable du grand Erg, régissant tant à l'Ouest qu'à l'Est du bas Igharghar, et renfermant eux-mêmes des quantités considérables d'eaux en réserve, donnent certainement lieu, en maint endroit, à des infiltrations importantes dans les terrains perméables sous-jacents.

La profondeur moyenne de la nappe aquifère, dont j'admets ainsi l'existence continue sous le sous-sol des gassi, paraît augmenter du Nord au Sud, à en juger par l'abaissement du niveau de l'eau sous la surface, depuis la région des Kantra jusque vers Aïn-Taïba. Aïn-Taïba, toutefois, est un point d'eau trop isolé pour qu'on en tire des conclusions générales à cet égard. Ainsi on ne saurait en déduire, avec une approximation suffisante, le niveau de la nappe sous le gassi de l'Igharghar proprement dit, qui est déjà notablement écarté à l'Est : d'ailleurs, fallût-il aller à 20 ou 30 mètres pour trouver l'eau dans le gassi en question, cela n'aurait rien qui pût nous arrêter, du jour où nous voudrions jalonner de puits cette voie maîtresse et directe de pénétration de l'Algérie vers le Soudan central.

Quant à obtenir des eaux jaillissantes dans ces parages, il n'y faut pas songer.

4° Mais il en sera tout autrement quand, s'avancant jusqu'au bord méridional du plateau de Tinghert, on atteindra la plaine de Timassinin. En effet, la vaste plaine dont il s'agit alors — laquelle règne le long du pied de la falaise de la Craie moyenne (deuxième gradin limite du plateau de Tinghert) [pl. IV] et s'étend, d'autre part, le long de l'Igharghar vers l'amont — offre un sous-sol d'alluvions et d'atterrissements des plus riches en eaux. On y trouve même des eaux artésiennes : la petite oasis de Timassinin possède un puits indigène jaillissant, de 12 mètres de profondeur ; son débit n'est, il est vrai, que d'une cinquantaine de litres par minute.

Cela se comprend, car la plaine de Timassinin récolte les eaux non seulement d'une partie du haut Igharghar, mais encore de toute une série d'affluents qui s'y rendent et que j'ai passés en revue plus haut⁽¹⁾ ; les apports les plus importants semblent lui être fournis par la vallée des Icharharen, descendant du Tassili des Azdjer et jalonnée de points d'eau abondants, tels que les puits d'Aïn-Adjadj et de Tebalbalet⁽²⁾. La plaine se trouve, d'autre part, barrée en aval, au Sud, par la falaise crétacée de Tinghert, qui doit retenir les eaux du sous-sol ; en outre, la falaise figure une sorte de rentrant, qui tend encore davantage à

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

⁽²⁾ Le puits de Tebalbalet (profondeur, 6 mètres) semble même artésien ; il conserve son niveau à fleur du sol et déborde dans les années pluvieuses.

les emprisonner : ce sont là des dispositions évidemment favorables pour la constitution d'un bassin artésien local (voir ci-dessus la figure 1 dans le texte⁽¹⁾)⁽²⁾.

Des sondages artésiens, même très peu profonds, offriraient donc des chances de réussite dans la plaine de Timassinin. Mais l'intéressant serait surtout de les poursuivre en profondeur au travers des terrains crétacés moyens, qui règnent sous les atterrissements de ladite plaine et plongent vers le Nord (pl. X, fig. 2) : car on y rencontrerait sans doute, de même qu'à El-Goléa⁽³⁾, une nappe franchement jaillissante vers le bas du massif cénomanien.

Ces recherches pourraient même être poursuivies le long du lit de l'Igharghar vers le Nord, dans la région où cet oued pénètre au travers du plateau de Tingher et y entaille les terrains crétacés. Les conditions devraient, il est vrai, devenir rapidement moins bonnes vers le Nord, si l'on considère le plongement général des couches et l'approfondissement correspondant de la nappe artésienne du Cénomanien inférieur; mais il faut aussi observer que les terrains crétacés semblent offrir dans ces parages des plongements et des accidents (peut-être des failles) dont l'étude détaillée pourrait conduire au choix de quelques emplacements favorables.

Que si, d'autre part, on remonte plus au Sud le haut Igharghar, on rencontrera dans la région de la source d'Amguid un second bassin d'eaux souterraines, certainement abondantes et sans doute également artésiennes. (Voir ci-dessus la figure 1 dans le texte⁽¹⁾.) On a là de nouveau, en effet, une vaste plaine d'alluvions et d'atterrissements, qui reçoit beaucoup d'eaux descendant des massifs montagneux qui l'entourent, tant au Sud qu'à l'Est et à l'Ouest, et fournies par la série des oueds énumérés précédemment⁽⁴⁾; par contre, au Nord et en aval, elle se trouve presque complètement fermée par les reliefs dévoniens du Tassili, des monts Iraouen et du Mouydir. Les présomptions en faveur de recherches artésiennes y sont, à première vue, des plus encourageantes, et il y aura lieu de les poursuivre au travers des terrains dévoniens, qui forment le substratum des atterrissements de cette plaine.

Ainsi donc ces deux régions de Timassinin et d'Amguid peuvent être classées parmi les mieux dotées du Sahara central sous le rapport des eaux souterraines.

C'est une des raisons pour lesquelles le général Philebert et moi les avons signalées⁽⁵⁾ comme offrant une importance capitale sur la route directe de pénétration du Sud algérien au Soudan central. Car, avons nous dit, « la première question à résoudre, dans tous ces pays sahariens, est celle de l'eau. Notre premier souci, en arrivant dans le Sahara central, devra être d'y entreprendre méthodi-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

⁽²⁾ Ces dispositions sont analogues, comme on le voit, à celles que j'ai signalées plus haut (2^e partie du présent ouvrage, § 2, III) pour la plaine d'El-Goléa.

⁽³⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum*.

⁽⁴⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

⁽⁵⁾ Général Philebert et Georges Rolland. — *La France en Afrique et le Transsaharien* (Challamel, éditeur, 1890). — Observation ajoutée lors de la correction des dernières épreuves.

quement une série de sondages. Si nous réussissons, notre succès aura un double résultat : il assurera nos installations; il répandra au loin le renom d'habileté du chrétien, qui fait jaillir l'eau et transforme la surface du sol. L'événement aura chez les populations touareg un retentissement énorme; elles voudront venir voir, nous visiteront : ce sera un sûr moyen de les attirer, puis de les fixer autour de nos postes, où nous renouvellerons à leurs yeux l'œuvre de fertilisation inaugurée dans l'Oued Rir' et leur montrerons comment on crée de nouvelles oasis en plein désert.»

§ 9. ALIMENTATION DU BASSIN ARTÉSIEN DU BAS SAHARA.

Après avoir passé en revue les diverses parties du bassin artésien du bas Sahara, le moment est venu d'examiner comment s'opère l'alimentation de ses eaux souterraines.

Pour ce qui est des sources naturelles de la lisière Nord du bas Sahara algérien et tunisien, j'ai de suite traité, en les décrivant⁽¹⁾, la question de leur alimentation, attendu que les conclusions à cet égard ressortaient immédiatement de l'exposé des faits. C'est du Nord — savoir des massifs crétacés (et éocènes) de la grande zone méridionale de montagnes de l'Atlas constantinois et tunisien — que proviennent — plus ou moins directement, mais sans aucune contestation possible — toutes ou presque toutes les eaux artésiennes qui jaillissent au pied ou près du pied de ces montagnes (autrement dit le long de la lisière Nord du bas Sahara ou non loin de cette lisière), soit dans le Sud constantinois, soit dans le Sud tunisien. De même pour les nappes souterraines (susceptibles ou non de jaillir à la surface au moyen de sondages) qui sont renfermées, le long de cette zone limite entre l'Atlas et le Sahara, dans les terrains pliocènes fluvio-lacustres (ou d'atterrissement); de même, *a fortiori*, pour celles des terrains crétacés de la profondeur.

Mais, à l'intérieur du bassin artésien du bas Sahara, les faits résultant de l'observation directe des lieux conduisent à des conclusions beaucoup moins évidentes, quant au mode d'alimentation des eaux souterraines. Les phénomènes correspondants sont beaucoup plus complexes, et ils ont besoin, pour être discernés et classés suivant leur importance relative, d'une critique méthodique et attentive.

D'où viennent toutes ces eaux que renferme le sous-sol de régions immenses, où la pluie est, au demeurant, un phénomène accidentel, presque une anomalie? D'où viennent les énormes volumes d'eau qui, en plein désert et sous un climat essentiellement sec, jaillissent des artères artésiennes de l'Oued Rir', de Ouargla, et les quantités, encore bien plus considérables, dont se trouve imbibée la masse colossale des terrains sableux du bassin d'atterrissement du bas Sahara?

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre I, § 5, et chapitre II, § 1 et 3.

A cette question, qui n'avait pas laissé que de susciter des appréciations fort diverses, j'ai répondu, dès le retour de notre mission, en m'inscrivant contre l'opinion, encore la plus répandue ⁽¹⁾, d'après laquelle l'alimentation des eaux artésiennes du bas Sahara se ferait *par le Sud*. C'était là une opinion qui traduisait une fausse apparence et que suggérait assez naturellement l'inspection des cartes géographiques, où l'œil est surtout frappé par la vue des grandes artères hydrographiques de l'Oued Mya, de l'Igharghar et de l'Oued Rir', dont les eaux superficielles s'écoulent, en effet, du Sud au Nord : mais, loin de la partager, j'ai soutenu, au contraire, que les eaux artésiennes du bas Sahara algérien et tunisien viennent, pour la majeure partie tout au moins, *du Nord*, et qu'elles descendent, superficiellement ou souterrainement, des massifs montagneux de l'Atlas.

Et je précisais ensuite mes idées par les lignes suivantes ⁽²⁾ :

« Leur alimentation s'opère de deux manières principales : par les eaux météoriques qu'absorbent les terrains dits d'atterrissement du bas Sahara, et par les eaux déjà artésiennes qui proviennent des terrains crétacés de l'Atlas. Il y a d'abord les eaux de pluie et les eaux courantes des vallées, qui s'infiltrent en partie dans les sols perméables du bas Sahara, soit directement, soit par l'intermédiaire des grandes dunes de sable ; elles descendent souterrainement en vertu de la pesanteur, acquièrent ainsi de la pression et deviennent susceptibles de jaillir dans l'intérieur du bassin. Or, pour ce qui est de ce premier mode d'alimentation, l'appoint le plus important est fourni par les rivières qui descendent des montagnes du Nord, Oued Djeddi, Oued Biskra, Oued el-Arab, Oued Targaoui, lesquelles présentent des crues volumineuses et torrentielles après les pluies d'hiver et lors de la fonte des neiges, au printemps. En second lieu, les eaux fournies annuellement par les pluies et la fonte des neiges qui tombent sur les montagnes du Nord, dont les altitudes dépassent 2,300 mètres dans l'Aurès, s'infiltrent elles-mêmes en partie dans ces massifs montagneux et sont absorbées par les couches perméables qu'elles y rencontrent ; ainsi prennent naissance, dans l'Atlas, d'abondantes nappes, qui circulent souterrainement et s'écoulent, avec pression croissante, vers le Sud, pour aller reparaître dans le bas Sahara, à plus de 2,000 mètres en contre-bas des lieux d'origine, et pour y jaillir soit directement au jour, comme au Zab, soit sous une certaine épaisseur de terrains, où elles remontent ensuite, comme dans l'intérieur du bassin. Or ce second mode d'alimentation se fait exclusivement par le Nord. »

Je n'ai rien à retrancher de ce résumé, que je me propose de développer

⁽¹⁾ Ville avait déjà fourni contre cette manière de voir des arguments péremptoirs ; je tiens d'autant plus à le constater ici que, dans le présent ouvrage, à plusieurs reprises, j'ai été amené à contredire les idées de cet ingénieur éminent.

⁽²⁾ G. Rolland. — L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara (Challamel, éditeur, 1887). — De l'utilisation des eaux artésiennes du bas Sahara algérien (Rapport au *Congrès international de l'utilisation des eaux fluviales*, Exposition universelle de 1889).

ici et de compléter. Je dois faire observer cependant qu'il s'applique surtout à la moitié septentrionale du bas Sahara; mais c'est la plus intéressante, celle qui renferme l'immense majorité des eaux artésiennes du bassin en question. Assurément, dans les parties méridionales du bassin, et déjà même dans sa partie centrale, comme à Ouargla, les appoints fournis par les eaux météoriques qui tombent sur les versants hydrographiques de l'Oued Mya et du bas Igharghar, au Sud (ou même du Mzab, à l'Ouest), acquièrent relativement une beaucoup plus grande importance; mais je me refuse à voir de ce côté, au Sud, l'origine du courant principal d'alimentation soit de l'Oued Rir', soit de la grande masse des eaux artésiennes de la partie basse du bas Sahara, plus au Nord. Quant aux régions artésiennes situées beaucoup plus au Sud — telles que les bassins de Timassinin, d'Amguid, le long du haut Igharghar ⁽¹⁾ — il est bien évident qu'inversement leurs eaux viennent en majeure partie du Sud et descendent des massifs montagneux des Touareg (Ahaggar, Tassili des Azdjer, etc.); mais ces régions n'appartiennent plus, en réalité, à ce que j'ai appelé le bas Sahara, et il s'agit là de bassins distincts et locaux, dans le Sahara central.

Je vais maintenant passer en revue les divers modes d'alimentation qui se trouvent succinctement visés dans la citation précédente, et les étudier successivement.

Je traiterai d'abord de l'alimentation par les eaux météoriques (eaux de pluie et eaux courantes des vallées), puis de l'alimentation par les eaux souterraines (sources de la lisière Nord du bas Sahara et sources souterraines).

I. ALIMENTATION PAR LES EAUX MÉTÉORIQUES (EAUX DE PLUIE ET EAUX COURANTES DES VALLÉES).

Un premier appoint est fourni par les eaux de pluie qui tombent dans le le bas Sahara et sont absorbées directement à sa surface.

Un second appoint, plus important, provient des eaux courantes qui s'écoulent par les vallées du bas Sahara et s'infiltrent dans le sous-sol le long des oueds.

1° *Alimentation par les eaux de pluie.* — On peut évaluer, ainsi que je le dirai ci-après dans l'Appendice météorologique, que la hauteur moyenne de pluie qui tombe annuellement dans le Sahara algérien est de 120 à 135 millimètres. C'est plus qu'on ne le suppose peut-être généralement sous un semblable climat, mais c'est encore quatre ou cinq fois moins qu'en France.

A la lisière Nord du bas Sahara et au pied des montagnes de l'Aurès, la hauteur annuelle de pluie est supérieure; mais elle ne dépasse guère 200 millimètres à Biskra, ni même à El-Kantara. Puis elle diminue rapidement vers le Sud, à la surface des vastes plaines du bas Sahara, où telle ou telle région reste

⁽¹⁾ Voir au paragraphe précédent (3^e partie, chapitre II, § 8, II).

parfois des séries d'années sans pluie appréciable. Par contre, beaucoup plus au Sud et aux approches des montagnes du Ahaggar, les pluies redeviennent moins rares, bien qu'on y cite encore de longues périodes de sécheresse; mais il s'agit alors du Sahara central, et non plus du bas Sahara.

D'ailleurs les eaux météoriques qui tombent ainsi, en quantités variables, à la surface du bas Sahara, sont loin d'être entièrement absorbées par le sol. Ce n'est guère que de celles qui tombent sur les massifs de grandes dunes et sur les régions d'alluvions en sables meubles ou mi-meubles, que l'on peut dire qu'elles sont aussitôt bues par les terrains, alors très perméables, de la surface, et emmagasinées dans le sous-sol en proportion notable: encore faut-il tenir grand compte de l'évaporation qui s'exerce sur une certaine épaisseur des terrains imbibés. Par contre, les hamada recouvertes de croûtes calcaires ou gypso-calcaires, concrétionnées et compactes — telles qu'on en rencontre, par exemple, sur les flancs occidentaux du bas Sahara — présentent des sols imperméables, dont les eaux des pluies, même torrentielles, mouillent à peine la surface, bientôt redevenue sèche, soit qu'elles glissent sur les pentes en s'écoulant vers les thalwegs, soit qu'elles séjournent çà et là en formant des flaques d'eau, qui s'évaporent elles-mêmes peu à peu et généralement assez vite; dans certaines régions toutefois — comme dans le petit désert de Morran — la carapace est craquelée, et les fentes qui la sillonnent permettent au sous-sol de bénéficier, dans une mesure appréciable, des eaux tombées à sa surface.

Entre les deux types extrêmes — dunes de sable et carapace compacte — se place toute une série de sols d'atterrissement de perméabilité variable, dont les éléments sableux sont plus ou moins agglutinés ou cimentés par du gypse calcaire, plus ou moins mélangés d'argile ou, au contraire, de graviers (sans parler des sols marneux ou limoneux, etc.). — Dans quelle proportion les eaux de pluie sont-elles absorbées par ces terrains divers ou rendues à l'atmosphère par l'évaporation? Cela est impossible à évaluer; mais, somme toute, je considère, d'après les nombreuses observations qu'il m'a été donné de faire au désert, que les appoints directement fournis par les pluies accidentelles dont il s'agit aux eaux souterraines du bas Sahara sont bien loin de compenser les pertes qui ont lieu, d'une manière générale et constante, sous l'effet de l'évaporation, aux dépens de la nappe ascendante supérieure du sous-sol.

Je dirai plus: à mon sens, ces pertes par évaporation ne sont même pas compensées, tant s'en faut, par la totalité des apports dont les pluies du bas Sahara font bénéficier, d'une manière ou d'une autre, les eaux souterraines, et, en m'exprimant ainsi, je n'envisage plus seulement les quantités d'eau de pluie absorbées par le sol même où elles tombent — celles dont il vient d'être question — mais encore les infiltrations auxquelles ces pluies donnent lieu, en outre, le long des oueds — et dont je parlerai plus loin. — Je ferai observer tout de suite, en effet, qu'en cas de pluies abondantes, une fraction des eaux qui ruissellent sur les pentes va se rassembler dans les thalwegs et les oueds, où elle se

trouve graduellement absorbée par les sables et les graviers d'alluvion de leurs lits; le long de ces oueds ont lieu ensuite des infiltrations successives dans les sous-sols d'atterrissement : mais cela rentre alors, à proprement parler, dans le mode d'alimentation par les oueds, dont je ne m'occuperai que tout à l'heure.

Ainsi donc, règle générale, les terrains du bas Sahara bénéficient beaucoup moins des eaux météoriques qu'on ne pourrait le croire, à en juger par les quantités de pluie qui tombent sur eux; car si ces pluies représentent, au demeurant — étant données les immenses étendues dont il s'agit — un volume considérable, elles ne pénètrent généralement qu'en faible proportion dans le sous-sol. Il y a lieu cependant, d'après ce qui précède, d'excepter, dans cette conclusion, certains sols spéciaux et surtout les dunes de sable : celles-ci méritent même d'être signalées tout particulièrement par le rôle remarquable qu'elles jouent dans l'alimentation des eaux souterraines du bas Sahara.

Ces grands massifs de sable, ainsi que je l'ai dit déjà dans ma *Géologie du Sahara*, puis au commencement du présent ouvrage hydrologique, forment intérieurement de véritables, d'immenses *réservoirs d'eau*, suivant une expression heureuse et fort juste du général Philebert⁽¹⁾. En effet, toutes les eaux de pluie qui tombent sur les grandes dunes, toutes celles des oueds qui s'y rendent et s'y perdent, se trouvent aussitôt absorbées comme par une éponge; elles pénètrent facilement à l'intérieur de masses aussi perméables, et, au delà d'une certaine épaisseur, y échappent complètement aux effets de l'évaporation extérieure; elles y descendent en vertu de la pesanteur, sauf ce que la capillarité maintient disséminé dans la masse (ou même fait remonter vers la surface, sous l'appel de l'évaporation). Il se forme ainsi de larges nappes, d'allure confuse, qui règnent vers la base des accumulations de sable; ces nappes affleurent dans certaines dépressions entre les dunes, où les indigènes creusent des sortes de puits instantanés (tels que les puits de Mechgarden et de Mouraneb, n^{os} 5 et 13 de l'Annexe II ci-après); elles filtrent ordinairement vers la lisière des grandes chaînes de dunes, où elles constituent une catégorie spéciale de lignes d'eau superficielles, que j'ai distinguées plus haut⁽²⁾.

Il y a là, comme j'ai déjà dit, une singulière antithèse de la nature. Les dunes de sable ne sont-elles pas le résultat le plus caractéristique de la sécheresse du climat saharien? Or, parmi tous les terrains du Sahara, ce sont elles qui contribuent le plus à corriger, dans une certaine mesure, les effets de cette sécheresse, en protégeant et conservant précieusement l'eau que le ciel envoie au désert avec parcimonie.

En outre, les nappes intérieures des grandes dunes de sable donnent lieu forcément à des infiltrations dans les parties perméables des terrains sous-ja-

⁽¹⁾ Général Philebert. — La conquête pacifique de l'intérieur africain, pages 97 et suivantes (E. Leroux, éditeur, 1889).

⁽²⁾ Voir ci-dessus 1^{re} partie, Généralités sur les divers types de lignes d'eau superficielles du Sahara.

cents. Elles contribuent ainsi à l'alimentation des eaux souterraines du bassin du bas Sahara, et l'on peut admettre, comme une règle générale, que, dans le voisinage des grands massifs de sable, le sous-sol sera toujours, toutes choses égales, plus aquifère qu'ailleurs.

Une remarque à faire ici, c'est que ce mode d'alimentation par l'intermédiaire des grandes dunes se fait surtout par le Sud, contrairement aux autres modes d'alimentation que nous étudierons plus loin : cela résulte, en effet, de la répartition des grandes dunes à la surface du bas Sahara (pl. IV). Il est vrai toutefois que l'observation ne s'applique guère qu'à l'alimentation de la partie méridionale du bas Sahara, de beaucoup moins riche en eaux souterraines que la partie septentrionale : pour ce qui est, par exemple, de l'Oued Rir', je ne considère pas que les grandes dunes de l'Erg oriental interviennent, directement tout au moins, dans l'alimentation de son artère artésienne.

Sous ce rapport, je ne saurais suivre dans toutes ses conclusions le général Philebert, qui, avec raison, a beaucoup insisté sur l'importance hydrologique des dunes au Sahara, mais qui leur attribue, à mon sens, un rôle beaucoup trop exclusif dans l'alimentation des eaux souterraines du bas Sahara, d'Ouargla aux chotts tunisiens.

2° *Alimentation par les eaux courantes des vallées.* — Le bassin du bas Sahara — bassin d'atterrissement au point de vue géologique, bassin artésien au point de vue hydrologique — occupe, ainsi que nous avons vu, les parties centrales et basses d'un bassin hydrographique fermé, d'étendue encore bien plus considérable. Celui-ci a été décrit dans la première partie du présent ouvrage⁽¹⁾, sous le nom de *bassin hydrographique du Chott Melrir* (pl. IV).

J'ai passé alors en revue la série des oueds et vallées qui appartiennent à ce bassin hydrographique, et j'ai indiqué leur importance relative comme lignes d'eau dites *superficielles*; j'ai parlé de leurs crues accidentelles ou périodiques, locales ou générales, ainsi que de leurs écoulements permanents, plus ou moins abondants, au travers des alluvions et des graviers de leurs lits. Il me reste maintenant à apprécier, dans la mesure du possible, la proportion et la quantité de ces eaux courantes qui s'infiltrent dans le sous-sol d'atterrissement du bas Sahara et contribuent à l'alimentation de ses nappes souterraines.

D'une manière générale (et comme je l'ai déjà fait observer en plusieurs endroits de cet ouvrage), les eaux des oueds sahariens disparaissent en partie par infiltrations successives dans la série des couches géologiques qu'entaille la cuvette de leurs lits, par absorption du sous-sol aux affleurements perméables que les eaux rencontrent le long de leur parcours. Les phénomènes de cet ordre se produisent naturellement avec une facilité toute particulière dans les terrains sableux et perméables, tels qu'en présentent si fréquemment les atterris-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 1^{re} partie, § 1.

sements du bas Sahara. Alors prennent naissance une série de nappes aquifères qui, lorsque la coupe et le plongement de la formation s'y prêtent, deviennent artésiennes en profondeur et se rassemblent souterrainement vers l'intérieur du bassin du bas Sahara.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que les eaux courantes de la surface dont bénéficient ainsi, par infiltrations le long des oueds, les eaux souterraines du bas Sahara, ne proviennent pas seulement de l'excédent des pluies tombées dans l'intérieur même du bas Sahara (l'excédent arrivant aux oueds) : car elles reçoivent, en outre, des régions d'amont de ces mêmes oueds une série d'apports, parfois beaucoup plus importants, et cela du fait des eaux météoriques qui tombent en dehors et autour du bas Sahara, mais néanmoins encore dans son bassin hydrographique. Parmi les apports pour ainsi dire extérieurs que certains oueds amènent ainsi au bas Sahara, il y a lieu de signaler surtout les volumes d'eau considérables qui s'écoulent des montagnes du versant Nord de cet immense bassin hydrographique du Melrir.

En apparence, les deux grandes vallées que le bas Sahara reçoit du Sud, l'Oued Mya et l'Oued Igharghar (pl. IV), sembleraient devoir jouer un rôle prédominant dans ce mode d'alimentation du bassin artésien par les oueds de la surface. Mais, en réalité, je considère qu'elles apportent aux eaux souterraines du bas Sahara un contingent incomparablement moindre que les oueds du Nord.

L'Oued Mya, qui se développe tout entier à la surface de plateaux sahariens, récolte une quantité d'eaux pluviales bien inférieure à ce que pourrait faire supposer à première vue l'étendue de son bassin hydrographique. Celui-ci est trop vaste cependant pour que l'Oued Mya ne présente pas un écoulement d'un certain volume, attesté, en effet, par une série de nombreux puits⁽¹⁾. Or il est rationnel d'admettre qu'une partie des eaux qui se rassemblent ainsi dans le bas Oued Mya s'infiltré en amont de la dépression d'Ouargla et contribue, voire même largement, à l'alimentation du réservoir artésien qui règne sous cette dépression. Mais il est plus que douteux, selon moi, que cela suffise pour alimenter le réservoir en question et pour faire face au débit actuel de ses puits — soit à près de 20 millions de mètres cubes d'eau par an.

Ajoutons de suite, à propos des eaux souterraines d'Ouargla, qu'elles reçoivent aussi un certain appoint par le Nord-Ouest et le Nord, du fait de l'Oued Mzab et de l'Oued en-Nessa (pl. IV). Mais il s'agit là d'oueds beaucoup moins importants.

Quant à l'Igharghar, il est, du moins dans la partie supérieure de son cours, beaucoup plus riche en eaux que l'Oued Mya; car le haut Igharghar et ses affluents, bien qu'également sahariens, descendent, avons-nous vu, des montagnes du Sahara central, Tassili des Azdjer, monts Ahaggar, etc., et récoltèrent

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 8, II.

des quantités certainement notables d'eaux météoriques. Mais cela n'est vrai que du haut Igharghar, dont les eaux alimentent spécialement les bassins artésiens que j'ai signalés dans le Sahara central (bassin d'Amguid, bassin de Timassinin)⁽¹⁾. Je considère qu'une faible portion de ces eaux franchit, le long du thalweg même de l'Igharghar, le plateau de Tinghert, de manière à se rendre dans le bas Sahara : pour ce qui est du bas Igharghar même, il me semble relativement très pauvre en eaux, en tant qu'oued.

Assurément le sous-sol de toute la région des gassi est aquifère, comme j'ai dit, et sans doute même abondamment; mais cela paraît dû aux grandes dunes environnantes, bien plutôt qu'à l'Igharghar lui-même. Quoi qu'il en soit, il est évident que les eaux souterraines de la région du bas Igharghar contribuent à l'alimentation des régions artésiennes du bas Sahara qui se trouvent en contre-bas; elles doivent, en particulier, fournir quelque appoint, d'abord au réservoir artésien d'Ouargla, bien qu'il soit situé latéralement (pl. X, fig. 4), puis, et surtout, à celui de l'Oued Rir', situé sur le prolongement direct de l'Oued Igharghar (pl. IV). Pour Ouargla, on peut différer d'avis sur la proportion dans laquelle interviennent les eaux de cette provenance⁽²⁾; quant à l'Oued Rir, ce que l'Igharghar lui fournit ainsi est évidemment tout à fait en sous-ordre par rapport aux volumes d'eau qui circulent dans son réservoir souterrain — lequel débite, rien que par ses puits jaillissants, 130 millions de mètres cubes annuellement. — L'Oued Rir' souterrain reçoit forcément des eaux d'autres provenances, et en quantités bien plus considérables.

Continuant à examiner la question des apports fournis par les oueds aux eaux souterraines du bas Sahara, je passe, à l'Ouest de l'Oued Rir' et du Chott Melrir, sur les Oueds el-Athar, Retem et Itel, qui sont relativement peu importants et ne viennent que du haut Sahara, et j'arrive aux oueds que le Chott Melrir reçoit par le Nord et qui, descendant des massifs montagneux de l'Atlas, constituent des lignes d'eau incomparablement plus abondantes que les précédentes. Je rappelle les principales, de l'Ouest à l'Est : c'est d'abord l'Oued Djeddi, qui prend sa source au loin, à l'Ouest, dans le Djebel Amour; c'est ensuite la série des Oueds Biskra, el-Abiod, Guechtane, el-Arab, Ouazzern, bou-Doukhan, Djarreuch, etc., qui viennent droit des monts Aurès et Nememcha⁽³⁾; de même, plus à l'Est, il y a lieu de signaler de nouveau ici l'Oued Tarfaoui, qui descend des montagnes des Nememcha⁽⁴⁾ et des Frachich, et se jette dans le Chott Gharsa.

Chiffrer le volume total des eaux qui arrivent ainsi annuellement, par les oueds du Nord, au bassin du bas Sahara, est chose difficile, en l'état de nos

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 8, II.

⁽²⁾ Proportion faible, selon moi, et inférieure à celle pour laquelle interviennent les eaux de l'Oued Mya.

⁽³⁾ De la partie occidentale du massif des Nememcha.

⁽⁴⁾ De la partie orientale du massif des Nememcha.

connaissances actuelles. J'ai cherché plus haut⁽¹⁾, cependant, à me rendre compte approximativement de ce que pouvaient représenter les débits des principaux affluents du Melrir, de l'Oued Biskra à l'Oued Djarreuch; me basant sur ces évaluations, j'estime qu'au total, de l'Oued Djeddi à l'Oued Tarfaoui, les apports réunis de tous les oueds, grands ou petits, du versant Nord des bassins du Melrir et de Gharsa représentent, à leur entrée dans le bas Sahara, au moins 500 millions de mètres cubes d'eau par an.

Mais jusqu'à quel degré les eaux souterraines de la profondeur du bassin artésien du bas Sahara bénéficient-elles des eaux courantes qui circulent ainsi à la surface de ses régions septentrionales? Dans une mesure assurément notable, mais toutefois dans une proportion moindre, à mon avis, que ne sembleraient l'indiquer les infiltrations et déperditions considérables que j'ai signalées⁽¹⁾ le long des oueds de la plaine Nord du Melrir.

Et d'abord je ferai observer que la partie des eaux des grandes crues qui arrivent jusque dans les cuvettes mêmes des chotts se trouve dès lors presque entièrement perdue pour les nappes souterraines de la profondeur; car ces cuvettes ont leurs fonds généralement tapissés par des dépôts argilo-marneux et imperméables, qui tiennent l'eau. Les vastes lacs et marécages auxquels donnent lieu, dans les parties basses des chotts, les eaux amenées accidentellement par les grandes crues (concurrentement avec celles qui filtrent sur leurs bords par les affleurements des nappes supérieures), subsistent plus ou moins longtemps pendant l'hiver et le printemps, et si, en été, ils baissent de niveau et se dessèchent peu à peu par places, c'est sous l'effet de l'évaporation et non par infiltration dans le sous-sol.

Il est vrai qu'il ne s'agit là que d'une faible fraction du volume des crues, dont la majeure partie ne coule pas jusqu'aux chotts et se trouve absorbée par les alluvions sablo-limoneuses de la plaine d'amont⁽²⁾. De même, les eaux qui, en dehors des crues, filtrent d'une manière permanente au travers des graviers et des alluvions des oueds, s'infiltrent peu à peu et naturellement dans le sous-sol; quand on les ramène au jour afin d'irriguer les cultures, elles sont bues par les terres, d'où une faible partie retourne au sous-sol, l'autre se perdant par évaporation.

Mais la plupart des eaux dont s'imbibent ainsi les alluvions limoneuses de la plaine Nord du Melrir ne doivent pas descendre profondément dans les terrains sous-jacents. Car, au-dessous de ces alluvions, elles rencontrent des formations fluvio-lacustres l_1 ou lacustres l , qui constituent, en général du moins, un sous-sol imperméable. A leur contact se forme la nappe peu profonde dont j'ai parlé. Celle-ci doit présenter, en raison de la pente générale, un certain écou-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 2, II et III.

⁽²⁾ M. Roudaire faisait erreur en supposant que la presque totalité des crues arrivait aux chotts. Il faut reconnaître cependant qu'il en serait arrivé beaucoup plus dans sa *mer intérieure*, à cause de la plus grande extension de celle-ci; mais ses évaluations à cet égard étaient empreintes d'une exagération manifeste.

lement vers le Sud, et une partie de ses eaux vient filtrer en aval sur la bordure des chotts; le reste est gardé par les alluvions de la plaine et, en été, tend à remonter par capillarité vers la surface et à s'y évaporer peu à peu. Normalement, ces eaux n'iraient donc, ni d'une manière, ni de l'autre, aux nappes souterraines. Pour qu'elles y aillent, il faut que les formations sous-jacentes l_1 et l présentent des intercalations perméables, aptes à donner lieu à des infiltrations vers la profondeur. Cela se produit sans doute dans certaines régions, mais tel ne serait pas le cas ordinaire, à en juger par le sondage d'El-Fayd.

Toutefois il y a lieu de faire exception pour la lisière septentrionale de la plaine du Melrir. Au Nord de cette plaine, en effet, et le long du pied de la montagne, nous avons vu que le terrain pliocène est fortement redressé et qu'il est, de plus, profondément entaillé par les dénudations de l'époque quaternaire et par les oueds actuels. A leur débouché dans le Sahara, les oueds descendant de l'Aurès et des Nememcha recoupent ainsi transversalement une série assez puissante de couches qui se présentent par leurs tranches, et, bien que celles-ci soient en majeure partie marno-argileuses, elles ne laissent pas que de comprendre des intercalations de sables, de grès et de poudingues (étage fluvio-lacustre l_1). Ces niveaux intercalaires, étant perméables, absorbent au passage une certaine quantité d'eau, qui peut ensuite, grâce au plongement général de la formation, descendre en profondeur vers le Sud.

D'autre part, à l'Ouest du Chott Melrir, nous avons dit que l'étage lacustre l changeait latéralement de composition, en passant à un terrain de transport, et que, non loin de ce côté, sous le petit désert de Morran, les sables arrivaient à dominer dans l'ensemble du terrain saharien (pl. XX). Aussi est-il probable qu'à l'Ouest du méridien de Biskra, les eaux de l'Oued Djeddi trouvent, sur certains parcours tout au moins, plus de facilité à s'infiltrer dans le sous-sol que, par exemple, dans les environs du sondage de Tahir-Rashou : elles pénétreraient alors dans les formations sous-jacentes, dont le plongement a lieu, d'ailleurs, vers le Sud-Est, et fourniraient un certain appoint aux eaux souterraines de l'Oued Rir' et du Chott Melrir.

Néanmoins les considérations qui précèdent tendent à montrer que, somme toute, la part contributive des oueds du Nord eux-mêmes, dans l'alimentation des eaux souterraines du bas Sahara, doit être réduite à une proportion relativement restreinte.

A l'appui de cette manière de voir, une autre considération intéressante est celle des altitudes.

En vertu de leur pression hydrostatique, les eaux souterraines du bas Sahara ne sauraient remonter soit naturellement, soit par les sondages, plus haut que leurs points d'infiltration : avec leurs pertes de charge, elles doivent même remonter notablement moins haut. Il est vrai que la capillarité peut relever le niveau de la nappe ascendante supérieure; mais son action est nulle sur les

nappes profondes que nous avons en vue ici. Or les altitudes maxima de la surface dans les régions septentrionales du bas Sahara, où ont lieu les infiltrations principales des oueds du Nord au profit des eaux artésiennes de l'intérieur du bassin, sont comprises, en chiffre rond, entre 120 et 150 mètres. On ne saurait guère admettre, dès lors, que les eaux artésiennes de cette provenance remontent plus au Sud que l'extrémité méridionale de l'Oued Rir', où les altitudes approchent de 100 mètres.

Quant aux eaux artésiennes des régions qui s'étendent au Sud et en contre-haut de l'Oued Rir' et du Souf, elles ont forcément d'autres origines. En particulier, les eaux qui jaillissent dans la dépression d'Ouargla — dont les altitudes sont aux environs de 161 mètres — n'ont certainement rien de commun avec les eaux apportées par les oueds du Nord : en fait d'oueds, c'est par les oueds du Sud qu'elles sont alimentées. Que si l'on admet, d'ailleurs, avec moi, que les oueds du Sud ne suffiraient pas à alimenter le bassin artésien de Ouargla, on est forcé de conclure à l'existence d'autres sources d'alimentation — celles-ci souterraines, comme je le dirai plus loin.

Dans l'Oued Rir' même, les altitudes de la surface varient d'une centaine de mètres d'une extrémité à l'autre de la vallée. Ces altitudes sont trop différentes entre elles, eu égard au faible écart entre leur moyenne et la moyenne des altitudes à la lisière Nord du bassin du Melrir, pour que, si les eaux artésiennes de l'Oued Rir' provenaient en majeure partie d'infiltrations à cette lisière Nord du bassin, elles ne dussent présenter des variations notables de pression suivant les diverses parties de l'artère souterraine. Or nous avons vu, au contraire, que l'altitude avait peu d'influence sur la pression des eaux artésiennes dans les diverses régions de l'Oued Rir' : cela prouve que ces eaux sont alimentées concurremment par d'autres sources, possédant une pression supérieure et provenant d'infiltrations à des niveaux plus élevés.

Ainsi donc, le rôle des oueds du Nord dans l'alimentation des eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du bas Sahara, en général, n'est certainement pas unique et, même dans les parties septentrionales du bassin, il n'est pas prédominant.

II. ALIMENTATION PAR LES EAUX SOUTERRAINES (SOURCES VISIBLES ET SOURCES SOUTERRAINES).

Indépendamment des deux modes d'alimentation que nous venons d'étudier et qui sont dus aux eaux superficielles, les eaux souterraines de l'intérieur du bassin artésien du bas Sahara sont alimentées, en outre, par des eaux de nature déjà souterraine, provenant des nappes aquifères qui circulent dans les terrains crétacés ou éocènes des massifs montagneux du Nord ou dans ceux de la profondeur.

Un premier appoint de ce genre est fourni par les sources de la lisière Nord du bas Sahara.

Un second appoint du même ordre est fourni sans doute par d'autres sources

souterraines, dont on est conduit, comme nous verrons, à admettre l'existence en profondeur dans l'intérieur du bassin.

1° *Alimentation par les sources de la lisière Nord du bas Sahara.* — Le rôle joué par les sources de la lisière Nord du bas Sahara dans l'alimentation de l'intérieur de son bassin artésien est surtout établi avec netteté pour les sources naturelles du Zab occidental. M. Jus a démontré, en effet, que les eaux artésiennes de l'Oued Rir' proviennent, non en totalité assurément, mais en partie, des sources en question.

J'ai décrit plus haut en détail ces sources du Zab occidental, et j'ai insisté sur l'importance des phénomènes d'infiltration qui les accompagnent. J'ai parlé des petites rivières souterraines, d'abord très peu profondes, que l'on voit fréquemment se former à l'aval des sources de la surface, puis des rivières analogues que doivent engendrer, dans le sous-sol, les sources similaires, mais souterraines et plus ou moins profondes, dont l'existence tout le long de la zone, considérée n'est pas douteuse. J'ai exposé que les eaux de cette série de rivières souterraines s'écoulaient vers le Sud-Est-Sud, conformément au plongement général des terrains, et s'approfondissaient graduellement dans cette direction. J'ai montré ensuite comment elles devaient se rassembler en profondeur suivant certains thalwegs principaux et certaines zones de plus grande perméabilité, de manière à engendrer des cours d'eau collecteurs, capricieux et étagés, descendant d'ailleurs toujours vers le Sud-Est-Sud et devenant progressivement artésiens en s'approfondissant, bien qu'avec fortes pertes de charge. Or toutes ces eaux souterraines passent ainsi sous le petit désert de Morran et vont dans la direction du Chott Melrir et de l'Oued Rir'. Ce sont elles, d'après M. Jus, qui contribuent le plus à l'alimentation de l'artère artésienne de l'Oued Rir'.

M. Jus admet l'existence d'une rivière souterraine principale qui descendrait du Zab occidental vers le Sud-Est-Sud, passerait à peu près sous El-Badj (pl. XIX) et aboutirait dans les sables perméables d'un grand bassin, situé sous la région des Chotts ben-Challi, Oued-Khouf et Si-Radouan⁽¹⁾ (dépendances occidentales du Chott Melrir), au Sud-Ouest. Sous cette dernière région se trouverait, en effet, un vaste réservoir d'eaux souterraines sous pression, d'où se détacherait vers le Sud l'artère artésienne de l'Oued Rir'.

Une autre grande rivière souterraine, située plus à l'Ouest et descendant de même du Zab occidental vers le Sud-Est-Sud, aboutirait à la région centrale de l'Oued Rir' : là elle donnerait lieu à l'artère secondaire d'eaux artésiennes que j'ai signalées sous cette région, et dont nous avons placé le confluent avec l'artère principale vis-à-vis d'Ourlana (aux environs du Chria Tiyounin-S'rir et de Tala-em-Mouïdi).

Il n'y a rien que de rationnel et de vraisemblable dans ces hypothèses.

⁽¹⁾ Dénominations locales de diverses parties du Chott Mérouan, qui lui-même dépend du Chott Melrir.

Le fait est que les eaux des sources du Zab occidental disparaissent presque toutes dans le sous-sol, qu'on doit les retrouver quelque part et qu'elles ne peuvent apparemment aller que vers l'Oued Rir'. On peut discuter sur la manière dont elles s'y rendent; mais on comprend qu'elles trouvent passage, d'une manière ou de l'autre, vers la profondeur, au travers des atterrissements sableux qui règnent sous le désert de Morran, qu'elles y descendent en acquérant une pression croissante et qu'elles aboutissent ainsi, au Sud-Est, sous l'étage marnolacustre *l* qui existe alors avec netteté et puissance, de manière à donner lieu à une nappe artésienne profonde, renfermée dans les sables perméables inférieurs *l'* et maintenue sous pression par une couverture imperméable. Arrivées là, les eaux souterraines doivent se rassembler de préférence dans les parties basses du bassin artésien et, toutes choses égales d'ailleurs quant à la couverture, se distribuer suivant le degré de perméabilité des sables inférieurs.

La conception d'un grand réservoir souterrain, sous la région Sud-Ouest du Chott Melrir, semble juste en principe, bien que difficile à préciser. Avec un semblable réservoir au Nord de l'Oued Rir', il est naturel que — l'étage lacustre *l* se relevant de là vers le Sud — les eaux sous pression remontent sous la couverture dans cette direction et soient refoulées, le long de l'Oued Rir', suivant la zone de plus grande perméabilité des sables inférieurs, à l'aplomb de cette vallée. Il n'y a aucun inconvénient à admettre que l'alimentation de l'artère artésienne de l'Oued Rir' se fasse ainsi de bas en haut; on peut seulement se demander alors de nouveau comment la pression de ses eaux souterraines ne diminue pas nettement vers le Sud, à mesure que l'altitude augmente.

Les altitudes des sources de la surface du Zab occidental, en effet, sont de 120 mètres à 172 mètres. A leurs bouillons, les eaux artésiennes perdent évidemment toute pression hydrostatique, et il n'y a lieu de considérer, pour ce qui est de la pression des eaux souterraines qui en dérivent, que les différences de niveau en dessous des sources. Or les différences entre les altitudes de celles-ci et les altitudes de l'Oued Rir' ne sont pas considérables, et elles sont comparables aux différences de niveau d'une extrémité à l'autre de l'Oued Rir'. Dans ces conditions, si les sources apparentes du Zab occidental alimentaient seules l'artère souterraine de l'Oued Rir', la pression des eaux artésiennes devrait varier davantage le long de cette artère. C'est la même objection qui a déjà été faite tout à l'heure à l'hypothèse d'une alimentation exclusive par les infiltrations des oueds du Nord.

Il est vrai qu'en ce qui concerne l'alimentation par le Zab occidental, l'intervention d'une seconde artère artésienne, venant rejoindre l'artère principale au centre de l'Oued Rir', rend plus complexe la question des pressions hydrostatiques le long de celle-ci. Il est fort possible, du reste, que les pertes soient moindres suivant la seconde rivière d'alimentation qui descendrait ainsi du Zab occidental, ce qui permettrait d'expliquer les pressions maxima de la région centrale de l'Oued Rir'.

Mais l'objection tombe surtout ici quand on tient compte non seulement des sources de la surface du Zab occidental, mais encore de toutes ses sources souterraines, qui interviennent évidemment aussi, comme je viens de le dire, dans l'alimentation de l'Oued Rir'. Car les eaux artésiennes de ces dernières sources, en s'épanchant souterrainement dans les couches perméables d'atterrissement, conservent tout ou partie de leur pression originelle.

Somme toute, la thèse, mise en avant par M. Jus, de l'alimentation de l'Oued Rir' par le Zab occidental, doit être considérée comme traduisant une réalité, et je l'admets, pour ma part, à condition toutefois qu'elle n'ait pas la prétention d'être exclusive de tout autre mode d'alimentation.

D'ailleurs le débit total de toutes les sources visibles du Zab occidental représente moins de 65 millions de mètres cubes par an : or ce n'est pas la moitié des quantités d'eau débitées par l'ensemble des puits jaillissants de l'Oued Rir'. Assurément les sources souterraines que possède également le Zab occidental doivent augmenter notablement le tribut que cette région fournit à l'Oued Rir'. Par contre, toutes les eaux qui descendent ainsi du Zab occidental vers le Sud-Est-Sud sont loin d'arriver intégralement à l'artère artésienne de l'Oued Rir' : une bonne partie d'entre elles doit se perdre en route, par infiltrations latérales le long de leurs parcours souterrains, et contribuer à l'alimentation de l'ensemble des régions environnantes du bassin artésien du bas Sahara.

Enfin les sources du Zab occidental ne sont évidemment pas les seules, le long de la lisière Nord du bas Sahara, qui concourent à l'alimentation de l'intérieur du bassin artésien. Mais elles sont celles pour lesquelles le fait est le mieux démontré, et celles aussi, semble-t-il, dont le rôle soit le plus direct sous ce rapport.

A l'Est, les sources voisines du Zab central ne sauraient manquer de donner lieu à des phénomènes analogues d'infiltrations souterraines vers le Sud. J'estime toutefois qu'une proportion déjà moindre des eaux, visibles ou non, qui s'écoulent de cette région dans la direction du Melrir, réussit à se frayer passage jusque vers la profondeur.

Plus à l'Est, la lisière Nord du Zab oriental est presque dépourvue de sources, apparentes du moins, et il en est de même jusqu'aux approches de la frontière tunisienne. Au delà, les sources du Sahara tunisien semblent trop écartées à l'extrémité Nord-Est du bas Sahara (pl. IV) pour jouer un rôle de quelque importance dans l'alimentation artésienne de l'intérieur du bassin d'atterrissement; elles sont d'ailleurs situées en contre-bas, sauf par rapport à la zone proprement dite des chotts (et à une partie des régions adjacentes)⁽¹⁾. Il est vraisemblable cependant que les eaux artésiennes du Djérid contribuent, dans une

⁽¹⁾ Par exemple, au Sud du Melrir.

certaine mesure et jusqu'à une certaine distance, à l'alimentation des régions qui s'étendent à l'Ouest et au Sud-Ouest, le long de la plage méridionale du Chott Melrir et dans la direction du Souf.

2° *Alimentation par les sources souterraines à l'intérieur du bassin.* — Indépendamment des divers modes d'alimentation que je viens de passer en revue, y a-t-il lieu d'admettre, ainsi que j'en avais émis l'hypothèse à propos de l'Oued Rir' ⁽¹⁾, l'existence en profondeur d'autres sources alimentaires, situées sous les atterrissements du bas Sahara et sortant, suivant certaines lignes, des terrains crétacés sous-jacents? Cette hypothèse me semble toujours vraisemblable, tout au moins à l'aplomb des artères artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla. Mais quelques développements sont nécessaires pour faire apprécier la série des considérations qui m'y avaient conduit.

Dans ma *Géologie du Sahara*, j'ai montré ⁽²⁾ que les terrains crétacés forment une large ceinture tout autour du bassin d'atterrissement du bas Sahara (pl. IV) et plongent de toutes parts sur ces atterrissements, de manière à figurer une immense cuvette, que j'ai décrite sous le nom de *cuvette crétacée du Melrir* : cuvette dissymétrique, avec pentes très faibles à l'Est et au Sud, plus sensibles à l'Ouest et très fortes au Nord (pl. X, fig. 2 à 4). Ils règnent certainement avec continuité sous toute l'étendue des atterrissements du bassin considéré.

Ces terrains crétacés, qui appartiennent respectivement à la Craie moyenne et à la Craie supérieure, présentent, avons-nous vu, des alternances de couches et de massifs perméables, en calcaires et en grès, et imperméables, en marnes et argiles. Ils renferment à certains niveaux des nappes aquifères, dont l'abondance dépend de leurs conditions d'alimentation : ces nappes doivent naturellement se rencontrer vers la base des couches ou des massifs perméables, quand leurs eaux ne possèdent pas ou guère de pression hydrostatique, et, au contraire, vers leur partie supérieure, quand elles sont artésiennes. On comprend, d'ailleurs, que la disposition générale en cuvette amène les eaux souterraines à descendre vers l'intérieur du bassin et soit favorable à la formation de nappes artésiennes.

A vrai dire, la présence de nappes d'eau d'une certaine abondance au sein des terrains crétacés de l'intérieur du Sahara est assez difficile à prouver directement. En effet, dans les régions où leurs couches apparaissent à la surface, ce sont des *hamada* ou plateaux arides qui occupent les parties en relief de l'orographie générale, et le sous-sol doit alors, toutes choses égales, être plus pauvre en eaux souterraines. Par contre, dans les régions basses vers lesquelles les eaux souterraines tendent à descendre et à se rassembler, les couches crétacées sont masquées par les atterrissements.

⁽¹⁾ G. Rolland. — Exploration géologique et hydrologique au Sahara (*Association française pour l'avancement des sciences*, 1880).

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1.

Il n'est pas douteux cependant que les terrains crétacés du Sahara sont plus ou moins aquifères, même sous les *hamada*.

A l'Ouest du bas Sahara, j'ai parlé plus haut des eaux souterraines des terrains crétacés du haut Sahara algérien⁽¹⁾ (région de la chebka du Mزاب, de la chebka du Sud d'El-Hassi, etc.). Nous y avons noté deux groupes de niveaux aquifères, peu abondants, mais assez constants, savoir : l'un dans la Craie moyenne, vers le contact des marnes cénomaniennes et des calcaires turoniens, l'autre dans la Craie supérieure, vers le contact des marnes et des calcaires de cet étage. De plus, j'ai signalé l'existence, sans doute générale en profondeur, d'un niveau artésien sous les marnes cénomaniennes et à la partie supérieure des grès albiens sous-jacents (ou déjà dans la partie inférieure du massif cénomanien) : niveau auquel correspond la belle nappe jaillissante qu'ont révélée les récents sondages d'El-Goléa⁽²⁾.

A l'Est du bas Sahara, d'autre part, il n'est pas douteux que des nappes analogues à celles du haut Sahara algérien règnent sous le plateau sénonien de la Tripolitaine. Malgré la rareté des points d'eau que l'on rencontre, de distance, en distance, à la surface de ce plateau, les couches supérieures des terrains crétacés qui le constituent renferment certainement, en maintes régions tout au moins, des niveaux aquifères (généralement, il est vrai, assez médiocres) : témoin les puits de caravanes, creusés dans les couches crétacées en question. Mais du côté Sud-Ouest du plateau considéré, à Ghadamès, ce sont des eaux franchement artésiennes que l'on trouve; l'oasis de Ghadamès, en effet, possède une belle source jaillissante décrite par Vatonne⁽³⁾, source dont la température est de 29 degrés⁽⁴⁾ et dont la nappe alimentaire me semble avoir son gisement en profondeur vers le contact des marnes de la base du Sénonien et des calcaires du Turonien sous-jacent⁽⁵⁾. Il y a évidemment, dans cette partie du plateau tri-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, § 1, 1.

⁽²⁾ Voir ci-après le *Post-scriptum*.

⁽³⁾ F. Vatonne. — Mission de Ghadamès, 1863 (*Études sur les terrains et sur les eaux des pays traversés par la mission*). — Vatonne mentionne aussi, dans le voisinage de cette source, deux puits d'eau chaude (28°), qui ne sont pas jaillissants, mais dont les eaux « ont certainement la même origine artésienne ». En outre, Ghadamès possède de grands puits ordinaires, de 20 à 25 mètres de profondeur, « creusés dans des calcaires dolomitiques et des gypses ».

⁽⁴⁾ Vatonne fait observer, à ce propos, que, la température moyenne de Ghadamès pouvant être évaluée à 23 degrés, la surélévation de température des eaux de la source est de 6 degrés et qu'elle correspond, pour un accroissement de température de 1 degré par 20 mètres de profondeur (hypothèse admissible, à en juger d'après les indications fournies ci-après, au § 11 du présent chapitre, pour les bassins artésiens du bas Sahara algérien), à une profondeur de 120 mètres. Et il ajoute : « il est donc probable qu'un sondage de 120 mètres, fait dans l'oasis de Ghadamès, retrouverait la nappe jaillissante qui alimente la source; le débit et la hauteur d'ascension seraient sans doute bien supérieurs à ces mêmes éléments dans l'état actuel des choses. Il n'est pas douteux que des sondages dans tous les environs de Ghadamès, à Sidi-Maabed par exemple, donneraient les mêmes résultats. »

⁽⁵⁾ La teneur, relativement faible, en sels des eaux de la source de Ghadamès (2 gr. 485^a de sels anhydres par litre), confirme également sa nature crétacée. (Voir ci-après le § 10 du présent chapitre.)

politain, un bassin artésien spécial, sans doute assez étendu et essentiellement crétacé⁽¹⁾.

Que si l'on passe au Nord-Ouest du plateau tripolitain, et que l'on aborde le pays limitrophe de l'Aarad, dans le Sud tunisien, on arrive à une région vraiment riche en eaux souterraines. Ses sources et ses puits artésiens prouvent, ainsi que je l'ai dit⁽²⁾, que les terrains crétacés de cette partie du Sahara deviennent, aux approches de l'Atlas, de plus en plus aquifères, leurs nappes souterraines étant alors, en outre, nettement artésiennes.

C'est surtout, en effet, le long de la zone septentrionale du bas Sahara que des nappes artésiennes d'une réelle importance circulent souterrainement dans les terrains crétacés (et suessoniens). On peut en juger, comme je l'ai exposé plus haut⁽³⁾, quand les conditions stratigraphiques se prêtent, le long de cette zone, à ce que les nappes crétacées en question jaillissent soit directement au jour, soit au travers d'une certaine épaisseur d'atterrissement : témoins, en particulier, à l'Est, les sources du Sahara tunisien, de l'Aarad au Djérid, et à l'Ouest, les sources du Zab central et occidental. Mais, ai-je ajouté, on ne saurait admettre que toutes les eaux artésiennes qui s'écoulent souterrainement de l'Atlas vers le Sud trouvent ainsi leurs issues (superficielles ou peu profondes) en arrivant au bord du bas Sahara. Les terrains crétacés se prolongeant au Sud sous les atterrissements, une partie de leurs nappes artésiennes doivent s'y poursuivre avec eux ; ces nappes ne sont pas toutes, tant s'en faut, drainées vers les sources qui jaillissent au pied de l'Atlas ; tel niveau aquifère qui affleure sur une partie de la lisière Nord du bas Sahara ne sera pas interrompu sur une autre ; les failles et les fractures que j'ai signalées le long de cette lisière n'y règnent pas avec continuité ; leur importance varie ; même là où elles recoupent des couches aquifères, les conditions peuvent être telles que les eaux souterraines reprennent leur cours, en partie tout au moins (avec changement de niveau ou non), suivant l'aval-pendage de la formation vers le Sud, etc.

En résumé, des eaux souterraines règnent en quantité variable à plusieurs niveaux des terrains crétacés tout autour du bassin d'atterrissement du bas

⁽¹⁾ L'existence d'un bassin semblable, avec nappe artésienne, s'explique si l'on considère que les couches crétacées des plateaux sahariens présentent souvent de larges ondulations ; la disposition en cuvette, dont le bassin crétacé du Melrir fournit un exemple en grand, peut s'y retrouver en petit, ou en moins grand, dans certaines régions. Tel doit être le cas dans la région de Ghadamès, vers laquelle, à en juger par les altitudes, les terrains crétacés plongent, dans leur ensemble, du Sud et de l'Est, ainsi que du Nord, d'après Vatonne.

Il convient aussi de tenir compte ici, comme je dirai ci-après, des infiltrations, sans doute abondantes, qui ont lieu à la base des grandes dunes de l'Erg oriental. Celles-ci s'avancent, au Sud-Est, presque jusqu'à Ghadamès, sur le plateau raviné en grès et calcaires de la Craie supérieure, et leurs eaux doivent contribuer à l'alimentation non de la nappe artésienne profonde qui jaillit en cet endroit, mais d'une partie des niveaux aquifères que renferment les couches supérieures des terrains environnants (puits ordinaires).

⁽²⁾ *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 3, III.

⁽³⁾ *Ibid.*, 3^e partie, chapitre II, § 1 et 3.

Sahara. Particulièrement abondantes et nettement artésiennes au pied des montagnes qui se dressent immédiatement au Nord du bas Sahara, elles sont loin de faire défaut dans le Sahara même sous les plateaux crétacés, dont certaines régions, bien plus, possèdent en profondeur des nappes artésiennes. Les couches plongeant de toutes parts vers l'intérieur du bassin, leurs nappes souterraines tendent à s'y rendre également; ce qui descend directement du Nord, mais ne jaillit pas au bord du bas Sahara et poursuit vers le Sud, ce qui s'écoule plus lentement des flancs latéraux, tant à l'Est qu'à l'Ouest (et même, dans une faible mesure, au Sud), converge vers les parties basses de la cuvette crétacée et s'y rassemble, sans doute, en profondeur suivant certaines zones déterminées; en même temps, les nappes ordinaires doivent se mettre progressivement sous pression, et la pression des nappes déjà artésiennes doit augmenter graduellement. On arrive donc à conclure à la probabilité de nappes profondes d'eaux à haute pression, renfermées dans la série des couches crétacées qui se déroulent sous les atterrissements du bas Sahara.

En grand, je suppose qu'il existe ainsi en profondeur, à l'intérieur du bas Sahara, deux niveaux principaux d'eaux artésiennes : l'un se placerait vers le haut des calcaires turoniens, sous la couverture des marnes sénoniennes, l'autre, plus bas, vers le haut des grès albiens, sous la couverture des marnes cénomaniennes. Un troisième, supérieur aux précédents, se trouverait sans doute au Nord-Est, du côté du Sud tunisien, vers le haut des calcaires ou grès sénoniens, sous la couverture des marnes suessoniennes. Mais ce ne serait pas là des divisions rigoureuses; les massifs marneux en question renferment fréquemment des intercalations de calcaires ou de grès perméables, les massifs calcaires des alternances de couches compactes et de couches fissurées, etc. : d'où une série d'autres niveaux artésiens, pouvant exister, en sous-ordre tout au moins, dans cette grande série de couches diverses.

D'une manière générale, on peut dire encore ici que l'alimentation principale de ces nappes profondes des terrains crétacés du bas Sahara se fait par le Nord, par l'Atlas algérien et tunisien.

Assurément elles reçoivent un certain appoint des pluies qui tombent directement à la surface du désert, soit sur les plateaux crétacés du haut Sahara algérien (dont les calcaires, bien que généralement fort compacts, ne laissent pas que de présenter des fentes et des parties fissurées), soit sur les grès et calcaires sénoniens des plateaux de la Tripolitaine, etc. De plus, les eaux des oueds s'infiltrent en partie, sous les graviers, aux affleurements des couches perméables qu'elles rencontrent sur leur parcours au travers des plateaux crétacés : par exemple (pl. IV), le long des oueds des chebka du Sahara algérien, le long du haut Oued Mya (en amont de Kechaba) et de ses affluents, le long du bas Igharghar (dans son trajet, en aval de Timassinin, sur le plateau de Tinghert) et de ses affluents, le long des oueds qui descendent vers Ghadamès, vers Sin-

doun, vers le bord de l'Erg oriental, etc.; bien qu'exclusivement sahariens, tous ces oueds ne laissent pas sans doute que de fournir, au total, un appoint appréciable. En outre, il faut tenir compte de l'important réservoir d'eau représenté par le massif des grandes dunes de l'Erg oriental et des filtrations qui ont lieu à sa base, au contact des grès et calcaires crétacés des plateaux tripolitains. Les nappes souterraines qui doivent se former ainsi, du seul fait des eaux météoriques du Sahara, dans les couches des terrains crétacés qui entourent le bassin d'atterrissement du Melrir, ne peuvent manquer de converger, dans une certaine mesure, vers l'intérieur du bassin. Mais les contingents qu'elles fournissent aux nappes crétacées des profondeurs du bas Sahara me semblent incomparablement moindres que les apports dus aux sources d'alimentation du Nord.

Au Nord, la série des couches stratifiées qui forment l'ossature de la cuvette crétacée du Melrir — série variable suivant les régions, mais allant, dans son ensemble, depuis les grès albiens jusqu'aux calcaires suessoniens — se relève et se relie tantôt aux unes, tantôt aux autres des mêmes formations dans l'Atlas algérien et tunisien. Ces couches se poursuivent ainsi soit au Nord-Ouest, jusqu'au Djebel Amour et aux montagnes du Sud oranais, soit au Nord, jusqu'à l'Aurès et ses dépendances, soit au Nord-Est, jusqu'aux Nemencha et aux massifs tunisiens. Elles présentent alors, dans les montagnes du Sud de l'Atlas, de nombreuses séries d'affleurements complexes. Or il me semble rationnel de généraliser, dans une certaine mesure tout au moins, ce qui a été démontré plus haut concernant l'alimentation directe des sources du Zab et du Sahara tunisien par les montagnes du Nord : à mon sens, les infiltrations qui ont lieu le long de la zone méridionale de l'Atlas, située à des altitudes beaucoup plus élevées et recevant des pluies et même des neiges en quantités beaucoup plus considérables, ne peuvent manquer de donner lieu à des nappes crétacées qui, inversement, descendent vers le Sud, et dont une partie doit se retrouver dans les profondeurs du bas Sahara.

Si l'on imaginait théoriquement une nappe artésienne qui, prenant ainsi son origine dans l'Atlas, au Nord, descendrait souterrainement, comme en vase clos, le long des couches crétacées jusque sous les atterrissements du bas Sahara, on comprend combien sa pression hydrostatique serait élevée dans le Sud, à en juger d'après les différences d'altitude entre ses points les plus hauts et les plus bas : les altitudes des sommets de l'Aurès n'atteignent-elles pas (en chiffres ronds) 2,300 mètres, celles des Nemencha 1,600 mètres, celles du Djebel Amour 1,900 mètres, etc. ? et, par contre, les terrains crétacés ne descendent-ils pas, sous les atterrissements de l'Oued Rir' et du Chott Melrir, à des profondeurs de 200, 300 mètres et sans doute davantage en contre-bas du niveau de la mer (pl. X, fig. 2) ? En réalité, une évaluation de ce genre serait entachée d'exagération évidente, et deviendrait même impossible, d'abord en raison des énormes pertes de charge que les eaux artésiennes subissent sur un aussi long parcours,

et, de plus, eu égard à l'intervention des autres modes d'alimentation du bassin artésien du bas Sahara. Néanmoins l'existence de nappes crétacées à haute pression sous le bas Sahara reste très vraisemblable.

Pour ce qui est de la répartition des eaux souterraines au sein des terrains crétacés sous le bas Sahara, il serait inexact, selon moi, de se représenter des nappes uniformes épousant, sur de grandes étendues en direction, des couches de perméabilité régulière (ce qui, du reste, ne correspondrait pas à l'allure ordinaire des nappes aquifères). Je crois plutôt que les niveaux artésiens dont il s'agit ici sont assez capricieux, que leurs parties aquifères se trouvent souvent séparées entre elles par des parties relativement sèches, qu'ils passent parfois eux-mêmes d'un niveau stratigraphique à un autre, etc.

Les zones de calcaires fissurées doivent donner lieu à des zones aquifères, et leurs fentes à des veines liquides; celles-ci peuvent même, sur les pentes, former des cours d'eau souterrains, comme au Mzab.

Enfin je considère que ces eaux artésiennes des couches crétacées de la profondeur sont amenées à jaillir en certains points ou suivant certaines lignes sous les atterrissements, en vertu de dispositions et de mécanismes analogues à ceux qui, par exemple, en font émerger d'autres près de la surface en telle ou telle partie de la lisière Nord du Sahara.

Les dénudations énormes dont les diverses formations du Sahara portent les traces et qui ont prélué au dépôt des atterrissements anciens (pl. IV)⁽¹⁾ permettent d'apprécier les érosions comparables qui ont dû se produire, aux dépens des mêmes formations, sur les étendues aujourd'hui recouvertes par ces atterrissements. Aussi n'est-il pas douteux que la série des couches crétacées offre souterrainement de nombreux affleurements, à l'intérieur même du bassin du bas Sahara. En particulier, je présume — à juger approximativement des érosions pliocènes d'après le cours des eaux qui ont opéré postérieurement les érosions quaternaires⁽²⁾ — qu'une grande zone de dénudations souterraines règne, du Sud au Nord, d'Ouargla vers le Chott Melrir, le long du pied du versant occidental de la cuvette crétacée (versant sinon raide, du moins beaucoup plus accusé que le versant oriental) [pl. X, fig. 3 et 4].

D'autre part, j'ai parlé des actions mécaniques auxquelles les formations crétacées du Sahara avaient été soumises à diverses époques⁽³⁾. Les ploiements à grandes courbures qu'elles présentent (pl. X, fig. 2) sont accompagnés de réseaux de cassures et de fractures, plus ou moins importantes; j'ai même admis l'existence de quelques failles dans certaines régions. Sous la partie septentrio-

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre II, § 1, I.

⁽²⁾ *Ibid.*, 2^e partie, chapitre II, § 1, VII, et § 3, I.

⁽³⁾ *Ibid.*, 1^{re} partie, chapitre II, § 4, II; 2^e partie, chapitre I, § 5, I, et chapitre II, § 3, II, etc.

nale du bas Sahara, en particulier, les couches crétacées seraient affectées par deux systèmes de cassures, corollaires du soulèvement principal de l'Atlas (fin du Miocène moyen) : l'un sensiblement parallèle aux grands plissements de ce massif montagneux et dirigé de l'Est-Nord-Est à l'Ouest-Sud-Ouest, l'autre transversal et à peu près Nord-Sud. Puis les mouvements relatifs de l'Atlas et du Sahara pendant le Pliocène et le Quaternaire auraient donné lieu à une série de failles, non seulement le long de la zone de contact entre le versant plissé de l'Aurès et la cuvette crétacée du Melrir, mais encore plus au Sud (de distance en distance et avec des importances décroissantes) : par exemple, suivant la ligne du Kef el-Dohr, suivant celle de Nza-ben-Rzig, peut-être aussi suivant une ligne passant par Ourlana, etc. Transversalement, en outre, aux mouvements d'affaissement progressif du bas Sahara par rapport au haut Sahara correspondrait une zone, sinon de failles, du moins de cassures : il y aurait là une sorte de charnière souterraine, sinueuse, longeant du Nord au Sud le versant occidental de la cuvette crétacée, et passant à l'aplomb des bas-fonds de l'Oued Rir' et d'Ouargla.

Ainsi les couches crétacées qui forment en profondeur le substratum des atterrissements du bas Sahara doivent présenter des séries de lignes d'affleurements et des séries de lignes de fractures. Par suite, les nappes artésiennes, ou plutôt les zones artésiennes, qu'elles renferment à plusieurs niveaux, ne peuvent manquer, quand elles sont amenées à déboucher suivant certains de ces affleurements ou à trouver issue par certaines de ces fractures, de jaillir en tel ou tel point ou suivant telle ou telle ligne sous les atterrissements. Ces phénomènes de sources souterraines semblent surtout probables, d'après ce qui précède, dans la partie septentrionale du bassin et du côté occidental : or c'est là précisément que se trouvent les artères artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla.

D'où cette conclusion, formulée par moi⁽¹⁾ d'une manière d'abord peut-être trop absolue, mais rationnelle, et renfermant certainement tout au moins une part de vérité, savoir : que les artères artésiennes du bas Sahara — celle de l'Oued Rir' surtout — sont en relation avec des lignes de sources souterraines jaillissant des terrains crétacés sous-jacents⁽²⁾.

⁽¹⁾ G. Rolland. — Exploration géologique et hydrologique au Sahara (*Association française pour l'avancement des sciences*, 1880).

⁽²⁾ J. Tissot faisait, à propos des eaux souterraines de l'Oued Rir', l'hypothèse suivante : « Les couches calcaires des terrains secondaires forment là une espèce de récif souterrain, dans lequel les eaux artésiennes peuvent être atteintes par la sonde; mais ce récif n'existe que sur une zone très étroite, laquelle n'a que 2 ou 3 kilomètres de largeur normalement, 4 ou 5 kilomètres au plus. La nappe qui existe sous l'Oued Rir' n'est pas concentrique au sol; elle ne se trouve pas dans les couches de sable des terrains quaternaires; elle est dans un récif souterrain de la formation secondaire. » (*Commission supérieure pour l'étude du projet de création d'une mer intérieure au Sud de l'Algérie et de la Tunisie*, 1882.)

Tel quel, cet exposé est évidemment en contradiction, dans ses diverses parties, avec ce que j'ai cherché à établir au cours du présent travail.

On ne saurait dire que la nappe qui existe sous l'Oued Rir' ne se trouve pas dans les couches de sable des atterrissements sahariens; concentrique au sol ou non, suivant qu'on raisonne sur une ré-

Y aurait-il coïncidence rigoureuse, dans le sens vertical, entre ces artères artésiennes et les sources supposées de la profondeur? Cela ne serait pas nécessaire, car les eaux sous pression, qui jailliraient ainsi des terrains crétacés, devraient se distribuer dans les atterrissements superposés non pas tant suivant la manière dont elles y arrivent qu'en raison de la perméabilité des sables où elles pénètrent.

L'artère artésienne de l'Oued Rir' suppose avant tout, comme on a vu, une zone de sables perméables et, en même temps, une couverture imperméable. Ces conditions remplies, on peut expliquer l'alimentation de l'artère par des eaux infiltrées et refoulées latéralement; mais ce n'est pas à dire, au point de vue spécial qui nous occupe ici, que la zone en question de sables perméables (étage de transport inférieur t^1) ne puisse coïncider avec une zone de sources souterraines — située comme elle, bien que pour des raisons différentes, au bas du versant occidental de la cuvette crétacée — de même qu'elle coïncide, à la surface, avec une zone de bas-fonds et d'eaux superficielles. Toutes ces coïncidences ne seraient d'ailleurs pas fortuites, et l'on pourrait s'en rendre compte par l'enchaînement des phénomènes naturels dont cette partie du bas Sahara a été le théâtre ⁽¹⁾.

Quoi qu'il en soit exactement, on voit que, outre les divers modes d'alimentation latérale et *per descensum* qui prédominent assurément pour l'ensemble du bassin artésien du bas Sahara, il est rationnel d'admettre — pour ce qui est, en particulier, des artères artésiennes, telles que celles de l'Oued Rir' et d'Ouargla — un mode d'alimentation verticale et *per ascensum*.

gion restreinte ou étendue, elle forme dans son ensemble une artère principale Nord-Sud, qui règne au sein des sables de l'étage de transport inférieur t^1 , sous la couverture de l'étage marno-lacustre l . C'est toujours là que la sonde, dans les forages de l'Oued Rir', a rencontré la nappe.

Je ne voudrais pas, assurément, affirmer que jamais la sonde n'ait atteint les terrains crétacés sous-jacents. Peut-être les grès et sables grossiers que j'ai dit avoir été rencontrés par quelques forages plus profonds que les autres appartiennent-ils à la formation crétacée et représentent-ils le prolongement du niveau des grès à *Inocérames* de la Tripolitaine. Mais, qu'ils soient ou non crétacés, les grès et sables grossiers en question se sont toujours montrés secs et non aquifères : on ne saurait donc dire que les eaux artésiennes y aient été atteintes.

Enfin, pour ce qui est de l'hypothèse d'un récif crétacé, elle ne me semble nullement démontrée. Je viens d'émettre ci-dessus une hypothèse précisément inverse, celle d'une large gouttière entaillée par les érosions pliocènes dans les terrains crétacés, gouttière qui régnerait sous l'Oued Rir' et, d'une manière générale, le long de la lisière occidentale du bassin d'atterrissement (près du versant correspondant de la cuvette crétacée). J'admettrais volontiers que cette gouttière fût dissymétrique (elle pourrait, par exemple, être flanquée, d'un côté, par une sorte de falaise souterraine); mais l'idée d'un récif dû à un plissement énergique des couches crétacées, en plein Sahara, paraît peu vraisemblable.

Néanmoins, et malgré toutes ces divergences entre la manière de voir de Tissot et la mienne, il reste entre nous ce point commun, que nous plaçons tous deux dans les terrains crétacés de la profondeur, à l'aplomb de l'Oued Rir', l'origine de tout ou partie de ses eaux artésiennes. Seulement, pour moi, cette explication n'est pas exclusive d'autres modes d'alimentation.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 5^e partie, § 2.

§ 10. COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DU BAS SAHARA ALGÉRIEN.

Ville a publié de nombreuses analyses d'eaux, tant du bas Sahara que du haut Sahara algérien⁽¹⁾. On trouvera également ci-après, à l'Annexe I du présent ouvrage, les analyses des eaux recueillies par moi le long de l'itinéraire de la mission, entre Laghouat, El-Goléa, Ouargla et Biskra⁽²⁾. On en doit aussi un certain nombre à des pharmaciens militaires des postes du Sud, en particulier à MM. Lahache⁽³⁾, Dandrieu⁽⁴⁾, etc.

J'ai cherché, d'après ces quelques séries d'analyses⁽⁵⁾, à résumer dans un tableau synoptique les compositions moyennes des principaux groupes de ces diverses eaux du bas Sahara algérien⁽⁶⁾. Les eaux s'y trouvent classées dans la série suivante de divisions successives : d'abord les eaux des versants d'alimentation du bas Sahara et celles de l'intérieur du bassin artésien; puis les eaux fluviales et les eaux souterraines; puis les groupes distingués par provenance et par région, avec indication de la nature des eaux et, pour les eaux souterraines, des terrains aquifères. (Voir tableau page 260.)

Les *eaux fluviales*, dont ce tableau ne résume que quelques analyses (groupes nos 1, 6, 7 et 10), offrent forcément des teneurs en sels essentiellement variables, selon les parcours qu'elles ont effectués sur des terrains de nature diverse, et suivant qu'il s'agit d'eaux s'écoulant à ciel ouvert ou par infiltration, d'eaux courantes ou stagnantes et concentrées par l'évaporation.

Seules les *eaux souterraines* offrent quelque intérêt sous le rapport de leur composition chimique.

Elles peuvent se diviser en deux grandes catégories : les eaux des terrains crétacés et suessoniens, et les eaux des terrains pliocènes ou d'atterrissement.

Eaux des terrains crétacés et suessoniens. — A la première catégorie appartiennent les eaux dont les compositions chimiques sont résumées par les groupes d'analyses nos 3 et 9. La moyenne générale de leur composition peut être présentée ainsi :

⁽¹⁾ L. Ville. — Exploration des bassins du Hodna et du Sahara, 1865. — Exploration du Mزاب, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, 1867.

⁽²⁾ Plus une eau du Souf.

⁽³⁾ Lahache. — Classification des eaux du terrain quaternaire du département de Constantine (*Archives de médecine et de pharmacie militaires*, juillet 1889).

⁽⁴⁾ P. Dandrieu. — Étude sur les eaux du Sahara constantinois (*Archives de médecine et de pharmacie militaires*, juillet 1892).

⁽⁵⁾ Les analyses de M. Dandrieu m'ont été communiquées trop tardivement pour avoir pu être utilisées dans ce travail. (Observation ajoutée lors de la correction des dernières épreuves.)

⁽⁶⁾ Malheureusement ces analyses, de différents auteurs, ne sont pas toujours concordantes entre elles, en ce qui concerne les modes de groupement des éléments acides et basiques.

	POIDS par kilogramme d'eau.	PROPORTION p. 100.
Sulfates.....	1 ⁸⁷ 0914	67.61
Chlorures.....	0 3143	19.47
Carbonates.....	0 1492	9.25
Azotates (et matières organiques).....	0 0460	2.85
Silicates, silice, etc.....	0 0134	0.82
TOTAL.....	<u>1 6143</u>	<u>100.00</u>

On voit que ce sont généralement les sulfates qui dominent; viennent ensuite, assez loin après, les chlorures; mais il y a des exceptions, et parfois les chlorures l'emportent. Les carbonates ne sont qu'en sous-ordre. Les autres sels se trouvent en proportion minime; parmi eux, les azotates seraient intéressants, mais ont souvent été négligés. Quant aux bases, les principales sont habituellement la chaux, puis la soude (ou parfois inversement); viennent ensuite la magnésie, puis, en sous-ordre, la potasse, l'oxyde de fer, etc.

Ces observations s'appliquent aussi bien à chacun des deux groupes d'eaux précitées, c'est-à-dire tant à celles des sources du Zab ou de la lisière Nord du bas Sahara (groupe n° 3) qu'à celles des puits des chebka du Mزاب et du Sud d'El-Hassi, sur le versant occidental du bas Sahara et au centre du haut Sahara (groupe n° 9). Il faut remarquer toutefois que les premières sont beaucoup plus chargées de sels que les secondes; leur teneur est presque double. Le fait est à noter, car elles jouent un rôle incomparablement plus important dans l'alimentation de l'intérieur du bassin artésien du bas Sahara.

Mais les eaux des sources du Zab sont plutôt intéressantes à comparer à celles qui sortent, de même, directement des terrains crétacés et suessoniens dans le Tell constantinois (groupe d'analyses n° 2): or la teneur en sels des eaux du Zab est, en moyenne, plus que quadruple. Elles sont surtout beaucoup plus chargées en sulfates et aussi en chlorures, ce qui doit tenir soit à une composition différente des terrains aquifères, soit à un parcours plus long des eaux souterraines au sein de couches renfermant ces éléments salins. Par contre, les carbonates diminuent dans les eaux en question, quand on passe du Tell au Sahara.

A ces eaux crétacées et suessoniennes du Zab se rattachent, dans la même région, les eaux du groupe n° 4, qui ont même origine, mais qui ont effectué un certain parcours (relativement assez faible, il est vrai) dans les terrains pliocènes. De ce fait, leur teneur en sulfates et en chlorures a été rapidement augmentée.

L'eau n° 5 est du même ordre, et si sa teneur est beaucoup plus faible, ce doit être une exception.

Eaux des terrains d'atterrissement. — Passons maintenant à la seconde catégorie

TABLEAU SYNOPTIQUE INDIQUANT LES COMPOSITIONS MOYENNES DES EAUX

DIVISIONS PRINCIPALES.		PROVENANCES ET NATURES DES EAUX.	
Versant Nord d'alimentation principale.	Eaux fluviales.	Affluents Nord du Chott Melrir. — Exemple : Oued Biskra. — Eau d'une crue.....	
	Eaux souterraines (artésiennes ou non).	Versant méridional de l'Aurès (et Tell constantinois). — Eaux des terrains crétacés et suessoniens..	
		Lisière Nord du bas Sahara. — Sources des terrains crétacés ou suessoniens du Zab (des 1 ^{er} et 2 ^e types).	
Versant Ouest d'alimentation secondaire.	Eaux souterraines non artésiennes.	Lisière Nord du bas Sahara. — Sources semblables, mais dont les eaux ont effectué un certain parcours dans les terrains pliocènes.....	
		Sources du Zab (du 3 ^e type)..... Nappe ascendante supérieure d'El-Amri.	
Versant Sud d'alimentation secondaire.	Eaux fluviales.	Affluents Ouest du Chott Melrir. — Exemple : Oued Djeddi. { A Laghouat (Oued M'zi)..... Dans la plaine de Saada (ghedir).....	
	Versant oriental de la région des daya. — Eaux des terrains d'atterrissement. — Puits ordinaires..		
Intérieur du bassin artésien du bas Sahara.	Eaux souterraines (artésiennes).	Chebka du Mزاب et du Sud d'El-Hassi. — Eaux crétacées. — Puits ordinaires.....	
		Affluents Sud du bassin du Melrir. — Exemple : Oued Mya. — Eaux d'infiltration. — Puits ordinaires.	
		Région intermédiaire entre le Zab et l'Oued Rir'.....	
		Région de l'Oued Rir'.....	
		Région du Souf.....	
		Région intermédiaire entre l'Oued Rir' et Ouargla.....	
Région d'Ouargla.....		{ Puits ordinaires..... { Puits jaillissants..... Artère artésienne. — Puits jaillissants.. Nappe ascendante. — Puits ordinaires. { Puits ordinaires..... { Puits jaillissants..... { Artère artésienne. { { Puits jaillissants.....	

(1) Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865, n° 8 à 21 et 31. — (2) Ibid., n° 48, 51, 53 et 55 à 58. — (3) Ibid., n° 52, 54, 59 et du Sahara, 1865, n° 61, 100 et 103. — (4) Ibid., n° 63 à 69. — (5) Ibid., n° 70 à 89 et 91 à 93. — (6) Ibid., n° 103 à 109. — (7) Ibid., n° 94. — (8) Ibid.,

DU BAS SAHARA ALGÉRIEN (VERSANTS D'ALIMENTATION ET INTÉRIEUR DU BASSIN).

NUMÉROS D'ORDRE.	POIDS DES SELS ANHYDRES PAR KILOGRAMME D'EAU.						OBSERVATIONS.
	SULFATES.	CHLORURES.	CARBONATES.	AZOTATES et matières organiques en dissolution.	SILICATES, silice libre, matières minérales et organiques en suspension.	TOTAL.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1	0 0439	0 0890	0 2428	0 0070	0 0180	0 4007	D'après l'analyse 4 de l'Annexe I ci-après.
2	0 1697	0 1806	0 2235	0 0091	0 0186	0 6015	D'après quinze analyses données par Ville ⁽¹⁾ .
3	1 4746	0 3922	0 1542	"	0 0128	2 0338	D'après sept analyses données par Ville ⁽²⁾ .
4	1 5501	0 9302	0 1746	"	0 0285	2 6834	D'après quatre analyses données par Ville ⁽³⁾ .
5	1 4480	0 2600	0 1200	0 0850	0 0120	1 9250	D'après une analyse de M. Lahache.
6	0 4530	0 1872	0 1143	0 0050	0 0290	0 7885	D'après l'analyse 1 de l'Annexe I et une analyse de Ville.
7	3 1060	0 2882	0 0964	0 0305	0 0360	4 5571	D'après une analyse donnée par Ville, une analyse de M. Lahache et l'analyse 3 de l'Annexe I.
8	1 7761	0 2013	0 1646	0 0215	0 0557	2 2192	D'après une analyse de Ville et les analyses 8 et 9 de l'Annexe I.
9	0 7562	0 2461	0 1448	0 0460	0 0140	1 2071	D'après six analyses de Ville ⁽⁴⁾ et les analyses 6 et 7 de l'Annexe I ci-après.
10	1 4352	0 6221	0 1376	"	0 0880	2 2829	D'après l'analyse 2 de l'Annexe I ci-après.
11	3 5859	2 1385	0 1241	0 1280	0 0638	6 0403	D'après trois analyses de Ville ⁽⁵⁾ et les analyses 20 et 21 de l'Annexe I ci-après.
12	4 2245	0 9749	0 1983	0 0308	0 0063	5 4348	D'après sept analyses de Ville ⁽⁶⁾ .
13	2 5436	2 1279	0 1257	0 0411	0 0310	4 8693	D'après vingt-trois analyses de Ville ⁽⁷⁾ et les analyses 16, 17 et 19 de l'Annexe I ci-après.
14	1 9993	0 7769	0 2999	0 0690	0 0335	3 1786	D'après une analyse de M. Lahache et l'analyse 18 de l'Annexe I ci-après.
15	2 6845	1 5385	0 1084	0 0792	0 0598	4 4704	D'après sept analyses de Ville ⁽⁸⁾ et l'analyse 15 de l'Annexe I ci-après.
16	5 0857	7 2740	0 1200	"	0 0100	12 4897	D'après une analyse de Ville ⁽⁹⁾ .
17	1 2916	1 2610	0 0672	0 0865	0 0190	2 7253	D'après une analyse de Ville ⁽¹⁰⁾ et une analyse de M. Lahache.
18	1 1184	1 3292	0 1240	0 0344	0 0165	2 6225	D'après cinq analyses de Ville ⁽¹¹⁾ et l'analyse 14 de l'Annexe I ci-après.

61. — (4) *Exploration du Mzab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, 1867, n° 3 à 8.* — (5) *Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et n° 110.* — (11) *Ibid., n° 95 à 99.*

des eaux souterraines du bas Sahara. Dans cette catégorie, qui est la principale pour le bassin considéré, se placent toutes les autres eaux qui sont mentionnées au tableau précédent; leurs compositions chimiques sont résumées par les groupes d'analyses n^{os} 8 et 11 à 18. La teneur totale en sels anhydres de ces eaux des terrains d'atterrissement est, d'une manière générale, bien plus élevée que celle des eaux crétacées ou suessoniennes, mais elle varie beaucoup suivant les régions.

Les eaux d'Ouargla (groupes n^{os} 17 et 18) se font remarquer par une teneur notablement moindre en matières salines que celles des autres eaux du bassin; j'ai même signalé à Ouargla l'eau d'un puits jaillissant qui ne renferme que 1 gr. 49 de sels par litre. La teneur moyenne en sels des eaux de l'Oued Rir' (groupe n^o 13) est presque double de celle des eaux d'Ouargla; ces eaux de l'Oued Rir' sont celles qui ont été l'objet des analyses les plus nombreuses; j'ai indiqué précédemment⁽¹⁾ leurs teneurs moyennes par groupe de puits, ainsi que les teneurs minima et maxima, qui sont 3 gr. 5142 et 8 gr. 4207 par litre. La teneur maxima de tout le bas Sahara a été signalée entre l'Oued Rir' et Ouargla (n^o 16 du tableau ci-contre) et atteint 12 gr. 4897 par litre; mais c'est là un cas isolé et exceptionnel.

En définitive, la composition moyenne de toutes les eaux artésiennes, jaillissantes ou non, du bas Sahara algérien, peut se résumer ainsi :

	POIDS par kilogramme d'eau.	PROPORTION p. 100.
Sulfates.....	2 ⁶ 6926	56.69
Chlorures.....	1 8330	38.60
Carbonates.....	0 1359	2.88
Azotates (et matières organiques).....	0 0549	1.15
Silicates, silice, etc.....	0 0326	0.68
TOTAL.....	<u>4 7490</u>	<u>100.00</u>

Ici encore on voit que ce sont les sulfates qui dominent (généralement surtout le sulfate de chaux, puis les sulfates de magnésie et de soude). Peu après viennent ensuite les chlorures (surtout le chlorure de sodium, avec le chlorure de potassium en sous-ordre). Il en est, d'ailleurs, de même (sauf des variantes dans les proportions et dans l'ordre des bases secondaires) pour la plupart des eaux du bas Sahara considérées isolément; les eaux de la région d'Ouargla cependant font exception (groupes 17 et 18), et la teneur en chlorures y atteint et même y dépasse la teneur en sulfates⁽²⁾.

La composition de toutes ces eaux de l'intérieur du bas Sahara résulte évidemment de celle des terrains d'atterrissement où elles circulent et séjournent. Leurs fortes teneurs en sulfates s'expliquent suffisamment par l'abondance fréquente du gypse dans les terrains en question, malgré la médiocre solubilité de

⁽¹⁾ Page 69.

⁽²⁾ De même au puits de Bardad, entre l'Oued Rir' et Ouargla (n^o 16 du tableau ci-contre).

ce sel; de même, leurs teneurs en chlorures, par la présence habituelle du sel marin dans les mêmes terrains, à en juger par les quelques analyses de terres que l'on possède⁽¹⁾ et par les dépôts salins des sebkha et des chotts.

Quant aux carbonates (carbonates de chaux, de magnésie, d'oxyde de fer), ils ne sont qu'en sous-ordre. Les autres sels (azotates, silicates, etc.) sont en proportions encore plus faibles.

Que si l'on compare la composition des eaux artésiennes du bas Sahara à celle des eaux crétacées dont elles proviennent en partie, on voit que, pour les raisons déjà indiquées, leurs teneurs en sulfates et en chlorures ont augmenté. Par contre, leur teneur en carbonates a diminué : ce qui peut tenir parfois à des phénomènes de dédoublement des bicarbonates de chaux solubles (l'acide carbonique se dégageant et le carbonate se déposant), mais ce qui s'explique aussi plus simplement par les mélanges avec des eaux moins carbonatées d'autres provenances, eaux météoriques et eaux fluviales.

Ici encore on constate que la plupart des analyses passent sous silence les azotates ou les englobent avec les matières organiques⁽²⁾. On ne possède donc pas d'indications précises relativement à ces sels; mais on peut dire que le plus souvent les eaux du bas Sahara en renferment des traces ou de faibles quantités (ordinairement à l'état d'azotate de soude).

M. Lahache a insisté sur l'intérêt de cette présence des azotates dans les eaux du Sahara⁽³⁾. Ils proviennent évidemment de la fixation de l'azote atmosphérique dans les couches du sol voisines de la surface, d'où les eaux d'infiltration les entraînent par dissolution dans le sous-sol. D'après ce qu'on sait des phénomènes du même genre, la chose est plus difficile à expliquer à la surface des terrains siliceux et argilo-sableux, généralement sans calcaire, du Sahara, qu'à la surface des formations souvent calcaires et marneuses de l'Aurès, d'autant plus que les sols sahariens sont presque toujours dépourvus de matières organiques et parfois même de toute végétation. M. Lahache admet alors, d'après M. Berthelot, que « certains organismes microscopiques servent d'intermédiaires dans cette fixation de l'azote ».

En terminant, je dirai qu'étant donnée la composition des eaux du bas Sahara que nous venons de passer en revue, la plupart, sauf les eaux fluviales, seraient considérées dans nos pays comme imposables et impropres aux usages domestiques. Au Sahara cependant, on les boit et on s'en sert, faute de mieux, bien qu'elles soient (surtout les eaux des terrains d'atterrissement) presque

⁽¹⁾ Voir le tableau d'analyses annexé à la fin de ma *Géologie du Sahara*.

⁽²⁾ Les eaux non jaillissantes des puits ordinaires du Sahara renferment généralement des matières organiques, quand on n'a pas pris soin de les renouveler. Ces matières organiques peuvent donner lieu à la formation d'azotates, indépendamment de ceux que les eaux renferment déjà par elles-mêmes.

⁽³⁾ Lahache. — Sur la présence des azotates dans les eaux du Sahara (*Annales de médecine et de pharmacie militaires*, juillet 1889).

toujours peu agréables au goût, souvent même indigestes et purgatives, à la longue parfois débilitantes. Il y a cependant des choix à faire et des distinctions à établir; les indigènes savent parfaitement quels sont les sources et les puits dont ils doivent préférer les eaux; dans l'Oued Rir' même, dont les eaux sont assurément médiocres, il est tels puits (par exemple ceux d'Ourir, d'Ayata, etc.), à l'usage desquels les Européens eux-mêmes arrivent à s'habituer, sans inconvénient pour leur santé.

À plusieurs reprises, des recherches ont été faites en vue d'améliorer, dans une certaine mesure, ces eaux potables du Sahara. Des essais intéressants ont été présentés à cet égard par M. Dandrieu, pharmacien militaire⁽¹⁾.

Pour ce qui est des emplois industriels de ces eaux sahariennes, par exemple dans les locomotives, je renverrai à ce qui a été dit plus haut, à propos de l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Biskra à Ouargla⁽²⁾ (et aussi à propos de celle d'un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa⁽³⁾).

§ 11. TEMPÉRATURES DES EAUX ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA ALGÉRIEN ET LOI D'ACCROISSEMENT DES TEMPÉRATURES AVEC LA PROFONDEUR.

En Europe, il résulte d'observations multiples faites dans les mines, sur les puits artésiens, etc.⁽⁴⁾, que la température des couches terrestres croît à peu près régulièrement avec la profondeur, et que, sauf variations locales, cet accroissement de température, compté à partir de la couche de température constante, est, en moyenne, de 1 degré pour une trentaine de mètres d'augmentation de profondeur (jusqu'à une certaine profondeur tout au moins).

Dans le bas Sahara algérien, l'accroissement de température avec la profondeur est notablement plus rapide, en raison des eaux artésiennes qui imprègnent les terrains de ce bassin.

Les sondages de l'Oued Rir' ont permis de faire de nombreuses observations sur les températures des nappes artésiennes qui règnent sous cette région. Malheureusement leurs indications sont assez peu concordantes entre elles. Même à ne considérer que la température de la nappe jaillissante principale, on y trouve des chiffres variant de 23 degrés à 26°,8. Que si l'on se reporte aux températures moyennes par groupes de puits, tels que ces groupes sont distingués plus haut dans le *Tableau synoptique pour l'étude des sondages de l'Oued Rir'*⁽⁵⁾, on voit qu'elles varient encore de 24°,6 à 26°,1.

⁽¹⁾ P. Dandrien. — (Mémoire déjà cité.) Résultats obtenus par leur filtration à l'aide du filtre Chamberland et du filtre Maignen (*Annales de médecine et de pharmacie militaires*, juillet, 1892).

⁽²⁾ Appendice V du chapitre I de la 3^e partie.

⁽³⁾ Appendice de la 2^e partie.

⁽⁴⁾ Oscar Peschels et Gustav Leipoldt. — *Physische Erdkunde* (Leipzig, 1884).

⁽⁵⁾ Page 69.

Le tableau suivant résume, pour les principaux groupes de sondages, les profondeurs moyennes auxquelles les débits maxima de la grande nappe ont été atteints, et les températures moyennes qui leur correspondent, d'après les observations que l'on possède.

GROUPES PRINCIPAUX DES PUIITS JAILLISSANTS TURÉS DE L'OUED RIR' (DU NORD AU SUD).		PROFONDEUR MOYENNE du MAXIMUM DE DÉBIT de LA NAPPE JAILLISSANTE principale.	TEMPÉRATURE MOYENNE de LA NAPPE JAILLISSANTE principale.
		mètres.	degrés.
1° Artère artésienne principale.	Groupe d'Ouirir (Mraïer).....	75	25,2
	Groupe de Tinedla.....	80	26,1
	Groupe d'Ourlana.....	70	25,5
	Groupe de Moggar.....	70	25,8
	Groupe de Tebsbest (Tougourt).	81	25,5
2° Groupes latéraux (à l'Ouest).	Groupe des Tamerna.....	60	24,8
	Groupe de Sidi-Rached.....	55	24,8

On voit que, le long de l'artère principale de l'Oued Rir', la profondeur moyenne du maximum de débit de la nappe, c'est-à-dire du cœur même du gisement artésien, se trouve comprise, suivant les groupes, entre 70 mètres et 81 mètres, et la température moyenne correspondante entre 25°,2 et 26°,1. On constate, de plus, que latéralement, à l'Ouest de l'artère principale, alors que la profondeur moyenne n'est plus que de 55 mètres à 60 mètres, la température correspondante diminue en conséquence et n'est plus que de 24°,8, en moyenne.

Ce premier aperçu montre donc que, latéralement, la température diminue avec la profondeur; mais si l'on cherche à serrer de plus près la question, si, par exemple, l'on compare entre elles les profondeurs et les températures moyennes le long de l'artère principale, pour se rendre compte de leurs corrélations, on n'arrive à rien de précis, on ne voit apparaître clairement aucune loi de variation de température des eaux artésiennes, ni avec la profondeur, ni avec la latitude. Le résultat des recherches est naturellement encore plus négatif si, ne se contentant plus des moyennes par groupe, on veut poursuivre la comparaison de ces deux éléments — profondeur et température de la nappe principale — entre les divers sondages pris isolément, soit dans un même groupe, soit d'un groupe à l'autre. Enfin la confusion devient complète quand on ne considère plus seulement la nappe principale, mais aussi les nappes secondaires qui sont consignées dans les journaux de sondages, et quand on s'efforce de coordonner les différences de température et de profondeur de ces nappes successives, pour en déduire une loi générale.

Ville avait déjà entrepris un travail de ce genre, tant pour les sondages du Hodna que pour ceux de l'Oued Rir'. Mais, ainsi qu'il le dit lui-même dans son

ouvrage⁽¹⁾, il n'avait pu aboutir qu'à de grossières approximations, surtout pour le Sahara. Ses conclusions étaient que la loi de progression de la température avec la profondeur n'est pas constante dans les divers points du Hodna, ni du Sahara; que, dans le Hodna, la température augmente souvent de 1 degré pour un accroissement de profondeur de 20 mètres, et que, dans l'Oued Rir', elle augmente sans doute plus rapidement encore en profondeur⁽²⁾. Il croyait même pouvoir ajouter, d'après les observations faites entre Biskra et Tougourt, qu'au Sahara «l'accroissement de profondeur pour 1 degré d'accroissement de température diminue, en général, à mesure qu'on marche vers le Sud».

A mon tour, j'ai repris maintes fois la question, interrogeant, sous toutes les formes possibles, les journaux des sondages tant anciens que récents de l'Oued Rir'. Mais je me suis toujours heurté à une série d'anomalies, soit entre les divers sondages, soit entre leurs divers groupes.

Il est souvent impossible d'expliquer ces anomalies autrement que par des erreurs provenant ou d'observations mal faites, ou d'instruments mal gradués et inexacts. Une grande partie des indications consignées dans les journaux de sondages sont loin d'offrir des garanties sous ce rapport. Ajoutons que les erreurs en question peuvent être du même ordre que les différences de température qu'il s'agit d'apprécier, et sur lesquelles roulerait une discussion dès lors oiseuse.

Une autre cause d'incertitude est que parfois il y a mélange dans le trou de sonde entre les eaux des nappes de niveaux différents, soit par suite de dispositions défectueuses dans les tubages, soit qu'on ait intentionnellement capté deux nappes successives, en vue d'augmenter le débit des puits. La température de la gerbe qui jaillit à l'orifice est alors intermédiaire entre celles des nappes qui s'y mêlent, et l'on ne saurait plus la prendre comme correspondant à la nappe principale⁽³⁾.

Je me suis proposé néanmoins, de concert avec M. Jus, d'éliminer toutes les observations de température qui, pour les raisons précédentes ou pour d'autres, pouvaient sembler douteuses ou non probantes, et de ne retenir que celles faites avec des garanties suffisantes d'exactitude, sur des puits bien conditionnés, où seule la nappe principale se trouve captée, sans mélange avec les eaux d'autres niveaux. Nous avons jugé qu'une trentaine de puits seulement (répartis dans les diverses parties de l'Oued Rir') répondaient à ces desiderata. Or, même dans ces conditions, on ne constate pas davantage une température uniforme

⁽¹⁾ L. Ville. — Exploration des bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

⁽²⁾ Ville citait, à ce propos, huit sondages de l'Oued Rir'; l'accroissement de profondeur pour 1 degré d'augmentation de température y variait de 5 m. 40 à 22 m. 08; la moyenne était de 12 m. 59. Dans le groupe d'Ouirir, au Nord de l'Oued Rir', il trouvait 17 m. 55 pour 1 degré de température de plus.

⁽³⁾ Je ne parle pas du refroidissement dû à l'action des parois du trou de sonde sur la colonne ascensionnelle d'eau jaillissante, attendu qu'il peut être considéré comme négligeable sur les eaux des nappes d'un certain débit, les seules que l'on ait coutume d'envisager.

pour une profondeur déterminée; on reconnaît parfois, au contraire, des différences fort nettes entre les températures de puits assez voisins et de profondeurs tout à fait semblables.

Il semble, dès lors, bien certain que la grande nappe des eaux artésiennes de l'Oued Rir' n'a pas partout une température constante, même le long de l'artère principale : sa température peut varier de 1 degré même à des distances très rapprochées. Ces variations rapides ne sauraient s'expliquer, à mon sens, que par des conditions différentes d'alimentation souterraine; et l'on s'en rend compte, en particulier, si l'on admet avec moi⁽¹⁾ que, parmi les divers modes d'alimentation, il existe, de distance en distance, à l'aplomb de l'artère artésienne de l'Oued Rir', des cheminées spéciales d'ascension correspondant à des sources crétacées de la profondeur. Mais toute observation directe était évidemment impossible dans cet ordre d'idées.

Somme toute, le mieux, pour aboutir à une conclusion ferme et générale relativement à la température de la grande nappe de l'Oued Rir', était de prendre la moyenne des températures ainsi retenues comme les plus dignes de confiance, de manière à compenser les effets des variations locales, en même temps que les erreurs d'observation qui auraient pu échapper.

J'ai pris d'abord cette moyenne le long de l'artère principale, d'Ourir à Tebesbest par Ourlana, et trouvé ainsi *une température moyenne de 25°,6 pour une profondeur moyenne de 75 mètres*⁽²⁾. Résultat qui peut être présenté comme indiscutable.

Que si l'on fait intervenir, en plus, les deux groupes latéraux des Tamerna et de Sidi-Rached, on trouve une température de 25°,4 pour une profondeur moyenne de 71 mètres⁽³⁾. Soit une différence de température de 0°,2 pour une différence de profondeur de 4 mètres : cela équivaut à un accroissement de température de 1 degré pour une augmentation de profondeur de 20 mètres. L'indication est intéressante à noter, d'autant plus qu'elle concorde avec la loi à laquelle j'aboutirai tout à l'heure; mais un raisonnement semblable, basé sur une aussi faible différence de profondeur, ne saurait être considéré que comme très approximatif.

Connaissant la température moyenne de l'artère principale de l'Oued Rir' — 25°,6 pour une profondeur de 75 mètres — j'ai considéré que la méthode la plus sûre pour déterminer l'accroissement de température avec la profondeur sous cette région était de prendre comme base le résultat ainsi établi et de le

⁽¹⁾ 3^e partie, chapitre II, § 9.

⁽²⁾ Une remarque assez curieuse est que l'on trouve absolument le même chiffre de 25°,6, en prenant la moyenne de toutes les observations de température des puits jaillissants qui atteignent la grande nappe le long de l'artère principale, sans en écarter aucune. Cela prouve que les erreurs d'observation se compensent dans cette moyenne générale, mais cela n'était pas évident *a priori*.

⁽³⁾ Même remarque, en prenant la moyenne générale, y compris les puits de ces deux groupes latéraux.

comparer à la température du sol près de la surface, ou, plus exactement, à celle de la couche dite *invariable* (c'est-à-dire à la température du niveau du sous-sol où les variations extérieures d'une saison à l'autre ne se font plus sentir). Malheureusement, pour avoir la profondeur et la température de cette couche invariable au Sahara, on ne possède que des observations bien incomplètes, faites çà et là sur les puits ordinaires.

J'ai consulté cependant deux hommes dont la compétence en matière de météorologie saharienne est reconnue, M. E. Renou et M. L. Teisserenc de Bort, et, grâce à leur obligeant concours, je peux présenter à cet égard les indications suivantes.

La température moyenne de l'air à Biskra, d'après les observations de M. Colombo, est de 21 degrés à 21°,5; elle doit être un peu plus élevée à Tougourt, mais de bien peu. « Les puits de 20 mètres, ajoute M. Renou, ont des températures d'environ 22 degrés, bien en rapport avec cette température de l'air : c'est à peu près la température de la couche invariable. » M. L. Teisserenc de Bort estime également, d'après les renseignements recueillis sur les puits du Souf, qu'il faut bien aller à 20 mètres pour trouver une température constante⁽¹⁾, et il considère que celle-ci est de 22 degrés à 23 degrés⁽²⁾.

Ainsi donc la différence de profondeur entre la couche invariable et le cœur de la grande nappe de l'Oued Rir' serait d'environ 55 mètres, et la différence des températures correspondantes serait, en moyenne, d'environ 3 degrés : soit, pour un accroissement de température de 1 degré, une augmentation de profondeur de 18 m. 30, ou, en chiffre rond, de près de 20 mètres.

Dans tout ce qui précède, je n'ai envisagé, en fait de nappes profondes, que les températures des eaux artésiennes de l'Oued Rir'. Il serait intéressant, d'autre part, de poursuivre la même étude, plus au Sud, sur la seconde artère artésienne de l'intérieur du bas Sahara, savoir celle de la région d'Ouargla, et de voir si la considération des températures artésiennes y conduit à des conclusions semblables.

A Ouargla, j'ai dit que mes propres observations sur les températures des puits jaillissants donnaient une moyenne de 24°,2. J'évalue la profondeur correspondante de la nappe jaillissante à un peu plus de 35 mètres.

Mais il faut remarquer qu'on se trouve ici au fond d'une dépression beaucoup plus caractérisée que celle de l'Oued Rir'; en contre-haut, on a, surtout à

⁽¹⁾ On sait que, règle générale, la profondeur de la couche invariable dépend de la conductibilité du sol et de l'importance des différences de température entre les saisons les plus chaudes et les plus froides.

Au Sahara, l'amplitude diurne est beaucoup plus grande que dans nos climats (à peu près le double). Mais l'amplitude annuelle est à peu près la même.

⁽²⁾ Au Sahara, l'augmentation de température du sol, par rapport à celle de l'air, doit être plus grande que dans nos climats, à cause de l'importance de l'absorption de chaleur sous l'effet des rayons solaires.

l'Ouest, une grande masse de terrains (pl. XVIII, fig. 3). Il doit résulter de cette situation un accroissement plus rapide des températures des eaux souterraines à partir de la surface sous le bas-fond. La couche de température constante doit être déjà moins profonde, mais il serait difficile de préciser de combien.

Contentons-nous donc ; à Ouargla, de prendre la différence entre les températures de l'air et de la nappe artésienne, et de la comparer à la différence correspondante dans l'Oued Rir'. La température de l'air doit être sensiblement la même de part et d'autre ; car si Ouargla est situé plus au Sud, son altitude, par contre, est supérieure : admettons $21^{\circ},5$. La différence entre la température de l'air et celle des eaux artésiennes de la profondeur serait alors de $2^{\circ},7$ à Ouargla et de $4^{\circ},1$ dans l'Oued Rir' : d'où, à Ouargla, une différence moyenne de 1 degré pour 12 mètres à 15 mètres d'accroissement de profondeur et, dans l'Oued Rir', pour 18 mètres environ.

On voit, d'après ce simple aperçu, que la progression de température avec la profondeur est beaucoup plus rapide à Ouargla que dans l'Oued Rir'. Mais, je le répète, cela tient surtout à la situation particulière et anormale du bas-fond encaissé d'Ouargla, beaucoup plus qu'à la diminution de latitude, de l'Oued Rir' à Ouargla.

Il importe d'ajouter, enfin, que les considérations précédentes ne s'appliquent, à proprement parler, qu'à l'accroissement de température des eaux artésiennes elles-mêmes de l'Oued Rir' et d'Ouargla vers la profondeur. Dans quelle mesure peut-on admettre les mêmes conclusions pour les températures des couches terrestres en profondeur ?

La question est délicate ; car on sait que les eaux souterraines sont loin d'avoir toujours les mêmes températures que le sol qui les renferme. Tantôt plus froides — par exemple quand elles proviennent de pluies d'hiver — tantôt plus chaudes — par exemple quand elles proviennent de sources profondes — elles ont besoin d'un temps ou d'un parcours suffisants pour se mettre en équilibre de température avec le milieu ambiant.

L'objection ne semble pas cependant devoir porter sur celui des deux termes de comparaison que nous avons envisagé plus haut pour l'Oued Rir', savoir sur la couche invariable. A 20 mètres de profondeur, en effet, et surtout dans le bassin artésien du bas Sahara, tout imprégné d'eaux ascendantes, je ne crois pas que les eaux souterraines puissent être refroidies par les eaux superficielles et météoriques.

Mais pour ce qui est des nappes artésiennes profondes, leurs températures doivent être plus élevées que ne le seraient naturellement celles des terrains aquifères, supposés secs, aux mêmes profondeurs. Nous avons vu, en particulier, que les eaux artésiennes de l'Oued Rir' proviennent en partie de nappes crétacées qui s'écoulent souterrainement des massifs montagneux de l'Aurès, et qui, par suite, circulent souvent à des profondeurs beaucoup plus grandes sous

la surface; on comprend donc que la température originelle des eaux de cette provenance soit supérieure à celle qui ne correspondrait qu'à la profondeur à laquelle on les retrouve dans le bas Sahara, et qu'elle influe notablement sur la température de l'ensemble du gisement artésien. Il faut remarquer, en outre, que ces eaux semi-thermales de l'artère souterraine de l'Oued Rir' doivent d'autant mieux garder leur température qu'elles se renouvellent davantage par la profondeur, comme contre-partie aux débits abondants des puits jaillissants et aussi à l'évaporation par la nappe artésienne supérieure.

Il s'agit là toutefois d'un renouvellement très lent, et le réservoir comprend un volume d'eau relativement très considérable. De plus, son allure stratigraphique, le long de l'artère principale tout au moins, est régulière, et le gisement artésien règne, du Nord au Sud, à des profondeurs peu variables, sous le manteau uniforme de la couverture. Dans des conditions semblables, en Europe, on confond pratiquement la température des nappes artésiennes avec celle des couches correspondantes du sous-sol; et le fait est que les observations faites chez nous sur les puits artésiens donnent, relativement à l'accroissement des températures en profondeur, des résultats assez concordants, plus concordants même que les observations faites dans les mines de divers pays. Somme toute, je ne vois pas de raison pour ne pas attacher le même crédit aux résultats fournis par les puits artésiens au Sahara qu'en Europe.

Ma conclusion est donc que, *dans maintes parties du bas Sahara algérien, entre les 35° et 30° degrés de latitude, la température des couches terrestres croît réellement en profondeur d'au moins 1 degré pour 20 mètres, et souvent plus rapidement encore, c'est-à-dire beaucoup plus vite qu'en Europe. Mais, je le répète, cela résulte surtout des eaux artésiennes de ce bassin : autrement dit, la loi de progression des températures souterraines avec la profondeur dans le bas Sahara algérien doit être plus rapide qu'à latitude égale, dans le reste de la zone saharienne.*

Il serait inexact d'en conclure, d'une manière générale, à une variation aussi considérable de cette loi en raison inverse de la latitude, de l'Europe au Sahara.

CHAPITRE III.

ANIMAUX VIVANT DANS LES EAUX ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA ALGÉRIEN.

Les eaux douces ou saumâtres qui s'écoulent ou séjournent à la surface du bas Sahara algérien — et qui ont, en majeure partie, ainsi que je l'ai démontré dans les deux chapitres précédents, des provenances souterraines et artésiennes — sont généralement habitées par des animaux vivants, parfois fort nombreux. On en trouve dans les bassins de réception des sources naturelles et des puits artésiens, dans les lacs, grands ou petits, formés par les *behour* et les

chria, dans les canaux d'irrigation qui rayonnent au travers des oasis, dans les fossés d'évacuation qui s'écoulent vers les sebkha et les chotts, etc.

Ces animaux sont peu variés, tant comme familles que comme genres ou espèces, mais ils pullulent par places. Les plus abondants et les plus répandus sont les *mollusques*; on remarque surtout ensuite des *poissons*; en plusieurs localités, les mêmes eaux nourrissent des *crustacés*. On peut y citer aussi des *batraciens*, des *reptiles*, des *sangsues*, des *insectes aquatiques*, etc. A noter enfin de nombreuses *diatomées*.

Le présent ouvrage sur les eaux artésiennes du bas Sahara ne serait pas complet si je ne parlais, en terminant, des animaux vivants que l'on y rencontre ainsi. Cela m'a paru d'autant plus nécessaire que l'on a soulevé à leur propos quelques discussions intéressantes, dont l'examen me permettra d'éclairer et de préciser davantage certains côtés du régime des eaux souterraines elles-mêmes dans le bassin considéré.

Je ne me propose pas toutefois d'entreprendre ici, avec détail, l'étude zoologique des animaux en question : ce serait sortir du cadre d'un travail spécialement hydrologique, tel que celui-ci. Je me bornerai, sous ce rapport, à indiquer, par région, les mollusques, poissons et crustacés qui vivent dans les eaux du bas Sahara, en y joignant les descriptions des espèces nouvelles que j'ai rapportées; en même temps, je dirai aussi quelques mots des autres animaux aquatiques qu'on y trouve. Ce sera l'objet d'un premier paragraphe.

Dans un second paragraphe, je traiterai du phénomène, particulièrement curieux, des animaux rejetés — vivants — par certains puits de l'Oued Rir'.

Les nombreux échantillons de mollusques, de poissons et de crustacés que j'ai recueillis au cours de notre mission et de plusieurs voyages ultérieurs, ou qui m'ont été communiqués par M. Jus, ont été déterminés — pour les mollusques, par MM. P. Fischer et L. Mortet — pour les poissons, par MM. Em. Sauvage et L. Vaillant — et pour les crustacés, par M. A. Milne-Edwards — auxquels j'adresse ici tous mes remerciements. La plupart se trouvent représentés sur les planches XXVIII et XXIX.

Je dois, en outre, à MM. F. Lataste et R. Blanchard une série de renseignements sur les autres animaux aquatiques du bas Sahara.

§ 1. ANIMAUX VIVANT À LA SURFACE DANS LES EAUX ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA.

Je parlerai successivement des mollusques, des poissons, des crustacés et des autres animaux aquatiques.

I. MOLLUSQUES.

Les mollusques vivants sont très communs dans toutes les eaux superficielles du bas Sahara (sauf dans les eaux trop salées des chotts). M. Jus et moi en

avons recueilli de grandes quantités, tant à la lisière Nord qu'à l'intérieur du bassin, dans le Zab, dans l'Oued Rir', à Ouargla, etc.

Les plus abondants de beaucoup, et les plus uniformément répandus, sont les Mélanies et les Mélanopsides ⁽¹⁾.

Dans les eaux du Zab occidental, on connaît 4 espèces; M. Jus a indiqué leur répartition par source ⁽²⁾, au moyen d'un tableau ⁽³⁾ qui peut se résumer ainsi :

<i>Bythinia tentaculata</i> , Linné (pl. XXVIII, fig. 13).....	8 sources sur 34 ⁽⁴⁾ .
<i>Hydrobia Peraudieri</i> , Bourguignat (pl. XVIII, fig. 14).....	5 —
<i>Melania tuberculata</i> , Müller (pl. XXVIII, fig. 17).....	24 —
<i>Melanopsis maroccana</i> , Morelet (pl. XXVIII, fig. 18).....	31 —

Dans l'Oued Rir', les espèces sont plus variées; on en connaît 12. M. Jus a également indiqué leur répartition par oasis et par puits, au moyen d'un autre tableau ⁽⁵⁾ que je résumerai comme suit :

<i>Hydrobia Brondelli</i> , Bourguignat.....	8 oasis sur 39 ⁽⁶⁾ .
<i>Paludestrina Jusi</i> , Bourguignat.....	7 —
<i>Paludestrina arenaria</i> , Bourguignat.....	4 —
<i>Paludestrina Peraudieri</i> , Bourguignat.....	4 —
<i>Paludestrina subacerosa</i> , Bourguignat.....	6 —
<i>Amnicola pycnocheilia</i> , Bourguignat (pl. XXVIII, fig. 16).....	34 —
<i>Amnicola Jusi</i> , Bourguignat.....	16 —
<i>Amnicola Miloni</i> , Bourguignat.....	8 —
<i>Amnicola saharica</i> , Bourguignat.....	9 —
<i>Amnicola Cossoni</i> , Bourguignat.....	9 —
<i>Melania tuberculata</i> , Müller (pl. XXVIII, fig. 17).....	37 —
<i>Melanopsis maroccana</i> , Morelet (pl. XXVIII, fig. 18).....	20 —

Dans les eaux d'Ouargla, je n'ai, pour ma part, recueilli que des Mélanies

⁽¹⁾ Les mêmes Mélanies (*Melania tuberculata*, Müller, pl. XXVIII, fig. 17) et Mélanopsides (*Melanopsis maroccana*, Morelet, pl. XXVIII, fig. 18) vivent dans la plupart des eaux superficielles des autres régions du Sahara.

Entre autres, on peut citer, sur l'itinéraire de notre mission, la région d'El-Goléa; j'y ai recueilli beaucoup de mollusques dans les puits indigènes et les foggara encore en activité. (Voir ci-après l'Annexe III.)

⁽²⁾ H. Jus. — Étude sur le régime des eaux du Sahara de la province de Constantine (Extrait du *Bulletin n° 21 de l'Académie d'Hyppone*, 1886).

⁽³⁾ Voir le tableau n° 1 annexé à l'ouvrage précité de M. Jus.

⁽⁴⁾ Le nombre de sources du Zab occidental qui est indiqué sur ce tableau de M. Jus ne correspond pas exactement à celui qui est donné plus haut (3^e partie, chapitre I, § 5, I). En effet, le tableau en question ne comprend pas, comme le mien, les sources de Doucen, à l'Ouest du Zab occidental; en outre, il ne distingue pas, comme le mien, les trois sources d'El-Amri les unes des autres; il n'indique pas non plus les sources n° 9 de mon tableau, à Bou-Chagroun.

⁽⁵⁾ Voir le tableau n° 3 annexé à l'ouvrage précité de M. Jus.

⁽⁶⁾ Ce tableau de M. Jus n'indique pas les oasis de Bledet-Ahmar et d'El-Goug, au Sud de l'Oued Rir', ni celle d'Ayata, au centre, ni celle d'Oum-el-Thiour, au Nord; de plus, il ne distingue pas les annexes de Melah et de Tala. Le nombre des oasis de l'Oued Rir' qu'il indique se trouve ainsi inférieur à celui qui est porté ci-après à l'Appendice statistique.

et des Mélanopsides; mais des recherches plus complètes y feront sans doute constater la présence d'autres mollusques vivants.

II. POISSONS.

Les poissons vivants que M. Jus a recueillis dans le Zab occidental, à l'Est de Doucen, sont au nombre de trois seulement, dont une espèce nouvelle. Ce sont, avec l'indication sommaire de leur répartition par source ⁽¹⁾:

<i>Chromis Desfontainei</i> , Lacépède (pl. XXIX, fig. 1).....	18 sources sur 34 ⁽²⁾ .
<i>Hemichromis Rollandi</i> , n. sp. ⁽³⁾ , Sauvage (pl. XXIX, fig. 4)..	5 —
<i>Cyprinodon calaritanus</i> , Bonelli (pl. XXIX, fig. 5, mâle, et fig. 6, femelle).....	18 —

En outre, M. Jus a signalé récemment, dans les sources et behour de Doucen (à l'extrémité Ouest du Zab occidental) ⁽⁴⁾, des barbeaux de la grosseur de ceux de nos rivières (*Barbus vulgaris*, Fleming), et, fait intéressant, des petits poissons, dits *ablettes d'Orient*, déterminés par M. L. Vaillant comme appartenant à une espèce de *Lensiscus*, voisine du *L. (Phonixellus) Zegeri*, Heckel.

Dans l'Oued Rir', j'ai recueilli cinq espèces de poissons, dont trois également représentées dans le Zab occidental et dont deux nouvelles. Ce sont, avec l'indication sommaire de leur répartition par oasis, d'après M. Jus ⁽⁵⁾:

<i>Chromis Desfontainei</i> , Lacépède (pl. XXIX, fig. 1).....	5 oasis sur 39 ⁽²⁾ .
<i>Chromis Zilli</i> , Gervais (pl. XXIX, fig. 2).....	12 —
<i>Hemichromis Saharae</i> , n. sp. ⁽³⁾ , Sauvage (pl. XXIX, fig. 3)....	9 —
<i>Hemichromis Rollandi</i> , n. sp. ⁽³⁾ , Sauvage (pl. XXIX, fig. 4)....	5 —
<i>Cyprinodon calaritanus</i> , Bonelli (pl. XXIX, fig. 5, mâle, et fig. 6, femelle).....	38 —

Voici la description, par M. Sauvage, des deux espèces nouvelles que j'ai découvertes dans l'Oued Rir' :

Hemichromis Saharae, n. sp. — Dents médianes de la mâchoire supérieure de même longueur que les autres. Écailles de la joue disposées sur quatre rangées. Museau aussi long que le diamètre de l'orbite. Hauteur du corps contenue trois fois un tiers, longueur de la tête trois fois trois quarts dans la longueur totale. Une large tache ocellée sur l'opercule; quelques larges taches noires sur la partie postérieure du corps; des taches de même couleur aux dorsales et à la caudale; quelques petites taches à la partie externe des ventrales. Longueur, 0 m. 065.

Hemichromis Rollandi, n. sp. — Les quatre dents médianes de la mâchoire supérieure plus grandes que les autres. Écailles de la joue disposées suivant trois rangées. Museau un peu

⁽¹⁾ Ouvrage déjà cité. — Tableau annexe n° 1.
⁽²⁾ Même observation que ci-dessus (note 4 de la page 272).
⁽³⁾ Voir ci-après la description de cette espèce nouvelle.
⁽⁴⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, Appendice III.
⁽⁵⁾ Ouvrage déjà cité. — Tableau annexe n° 3.
⁽⁶⁾ Même observation que ci-dessus (note 6 de la page 272).

plus court que l'œil. Hauteur du corps égale à la hauteur de la tête, contenue trois fois un tiers dans la longueur du corps. Dorsale commençant au niveau de la partie postérieure de la tête. Olivâtre, rembruni sur le dos; des rangées longitudinales de petites taches bleues sur les flancs; des petites taches de même couleur sur les joues; une tache noire ocellée à l'opercule; une tache sur la ligne latérale, au niveau de la terminaison de la dorsale épineuse; une bande noire à la base de la caudale; une petite tache à la base de la dorsale épineuse; extrémité de l'anale lisérée de noir chez certains individus. Longueur, 0 m. 045.

Dans les eaux d'Ouargla, je n'ai pas constaté la présence de poissons vivants. A ma connaissance, on n'en a pas encore signalé dans ces parages.

III. CRUSTACÉS.

On trouve fréquemment des crabes dans les sources du Zab occidental. M. Jus⁽¹⁾ a constaté leur présence dans 21 sources sur 34⁽²⁾.

Au Sud, dans l'Oued Rir', les crabes sont beaucoup moins répandus. M. Jus⁽³⁾ n'en signale que dans 5 oasis sur 39⁽⁴⁾.

Plus au Sud, à Ouargla, les crabes manquent.

Les divers individus que M. Jus et moi avons recueillis, tant dans le Zab que dans l'Oued Rir', et que j'ai soumis à M. Milne-Edwards, appartiennent tous à la même espèce, la *Telphusa fluviatilis*, Rondelet (pl. XXIX, fig. 7)⁽⁵⁾. C'est un crabe terrestre, mais vivant au bord des eaux douces. Il est amphibie, et l'expérience suivante démontre même qu'il peut vivre assez longtemps sous l'eau.

Un crabe a été enfermé dans une cage en fil de fer, que l'on a fixée à 1 m. 50 sous l'eau; il était libre de ses mouvements, et, tous les quatre ou cinq jours, on lui introduisait de la nourriture par le grillage. Le trente-cinquième jour, il a été retiré de l'eau, et il semblait aussi vigoureux qu'avant son immersion.

Au Zab, en particulier, on remarque de très beaux crabes, de couleur jaunâtre et verdâtre, que nourrissent les eaux du ruisseau formé par la réunion des sources d'El-Amri.

IV. AUTRES ANIMAUX AQUATIQUES (BATRACIENS, REPTILES, SANGSUES, INSECTES, DIATOMÉES, ETC.)⁽⁶⁾.

Parmi les batraciens vivant dans les eaux du bas Sahara (marais, étangs, seguia, etc.), il faut citer la variété algérienne de notre grenouille d'Europe :

⁽¹⁾ Ouvrage déjà cité. — Tableau annexe n° 1.

⁽²⁾ Même observation que ci-dessus (note 4 de la page 272).

⁽³⁾ Ouvrage déjà cité. — Tableau annexe n° 3.

⁽⁴⁾ Même observation que ci-dessus (note 6 de la page 272).

⁽⁵⁾ Ce crustacé n'est cependant pas le seul qui vive dans les eaux du Sahara. Ainsi on peut citer un Phillopode, *Apus numidicus*, Grube, que M. F. Lataste a recueilli en abondance dans les *ghedir* de Tilremt (haut Sahara de la province d'Alger, route de Laghouat au Mزاب). — Voir à ce sujet les publications de M. E. Simon.

⁽⁶⁾ La plupart des renseignements consignés dans ce sous-paragraphe IV sont dus, ainsi que je l'ai

Rana esculenta, Linné, variété *Latastei*, Camerano. Cette variété se trouve, d'ailleurs, dans toute la Barbarie; mais Ouargla est le point le plus méridional où elle ait été recueillie : elle y a été signalée par M. Lataste. On peut noter aussi les crapauds, bien qu'ils ne vivent dans l'eau qu'à l'état de têtards et n'y reviennent que pour le frai⁽¹⁾.

Parmi les reptiles, M. Lataste en mentionne un qui est constamment dans l'eau ou dans son voisinage, et se nourrit de batraciens et de poissons : c'est le *Tropidonotus viperinus*, Latreille — couleuvre inoffensive, malgré son nom. — Ce reptile est commun dans l'Oued Rir' et dans la Tunisie méridionale (il existe aussi en Europe et en France). Nous l'avons vu, en particulier, à Bledet-Ahmar (Sud de l'Oued Rir').

Je signalerai aussi des sangsues vivantes dans les eaux de l'Oued Rir'. M. Jus et moi en avons recueilli un certain nombre dans la cuve du puits jaillissant n° 2 d'Ourir. M. R. Blanchard⁽²⁾ en a également trouvé dans les ruisseaux d'irrigation alimentés par ce puits, ainsi que dans ceux du puits n° 1 d'Ensira, et enfin dans les ruisseaux à eau courante qui traversent le jardin de la Zaouïa de Tamelath, où elles sont extrêmement abondantes⁽³⁾. Ces sangsues appartiennent à l'espèce *Hirudo mysomelas* (décrite très imparfaitement en 1829 par Henry, Serullas et Virey⁽⁴⁾).

Il y a lieu de noter ensuite les insectes aquatiques, qui sont parfois si abondants dans les eaux superficielles du bas Sahara. Entre autres, M. Lataste signale un *Dytiscus* ou *Hydrophilus*, que l'on trouve, en particulier, à Ouargla.

Enfin je mentionnerai les nombreuses diatomées qui vivent dans les eaux du bas Sahara. M. R. Blanchard en a recueilli beaucoup dans l'Oued Rir', et, parmi elles, il a découvert plusieurs espèces nouvelles. En voici la liste inédite, qu'il a bien voulu me communiquer⁽⁵⁾:

dit plus haut, à d'obligeantes communications qu'ont bien voulu me faire MM. F. Lataste et R. Blanchard, à la suite de leurs recherches zoologiques dans le Sahara algérien.

En 1880, M. F. Lataste a exploré la région située sur l'itinéraire de Biskra à Ouargla, puis sur celui d'Ouargla à Laghouat par le Mzab. A l'aller, il s'est rencontré, à Bledet-Ahmar, avec notre mission, qui était sur son retour.

En 1888, M. R. Blanchard a exploré l'Oued Rir' (ainsi que la région intermédiaire entre Biskra et l'Oued Rir'), au cours d'une excursion à laquelle j'avais convié l'Association française pour l'avancement des sciences. (Ajouté avant la publication.)

⁽¹⁾ M. Lataste distingue deux espèces algériennes et sahariennes de crapauds, observées par lui dans le Mzab, à Ghardaya et à Berrian : l'une petite, *Bufo viridis*, Lamenti (espèce également européenne, mais ne se trouvant pas en France), l'autre très grosse, *Bufo mauritanicus*, Schlegel (espèce exclusivement barbaresque).

⁽²⁾ *Mémoires de la Société zoologique de France*, IV, 1891.

⁽³⁾ La présence de sangsues a également été signalée en d'autres points de l'Oued Rir', par exemple dans les eaux de certains puits de Mraïer.

⁽⁴⁾ A Ghadamès, Vatonne a également constaté que de nombreuses sangsues vivent dans le bassin de la source dont j'ai parlé plus haut (2^e partie, chapitre II, § 9, II, 2^o). Par contre, il est singulier que cet ingénieur n'y ait trouvé aucune coquille d'eau douce vivante.

⁽⁵⁾ Renseignements ajoutés avant la publication.

Crustacés cladocères.

<i>Daphnella Brandtiana</i> , Fischer.....	Chria Tiyounin-Kébir.
<i>Daphnia magna</i> , Straus.....	Oasis de Biskra.
<i>Moina macrocopus</i> , Robin.....	<i>Idem.</i>
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> , Norman et Brady.....	<i>Idem.</i>
<i>Alona tenuicaudis</i> , Sars.....	Chria Tiyounin-Kébir.
<i>Alona elegans</i> , Kurz.....	Oasis de Biskra.
<i>Chydorus Letourneuxi</i> , Richard.....	<i>Idem.</i>

Crustacés copépodes.

<i>Cyclops bicuspidatus</i> , Claus.....	Oasis de Biskra.
<i>C. macrurus</i> , Sars.....	<i>Idem.</i>
<i>C. pentagonus</i> , Vosseler.....	Chria Tiyounin-Kébir.
<i>C. diaphanus</i> , Fischer.....	Oasis de Biskra.
<i>C. aequoreus</i> , Fischer.....	Nza-ben-Rzig.
<i>Canthocamptus Yahiï</i> , n. sp., R. Blanchard et J. Richard..	C. Sidi-Yahia.
<i>Mesochra Blanchardi</i> , n. sp., J. Richard.....	Ourlana, Ayata, Sidi-Rached, Temacin.
<i>Mesochra lybica</i> , n. sp., R. Blanchard et J. Richard.....	Chria Tiyounin-Kébir.
<i>Laophonte Mohammed</i> , n. sp., R. Blanchard et J. Richard..	<i>Idem.</i>
<i>Dactylopus Jugurtha</i> , n. sp., R. Blanchard et J. Richard..	<i>Idem.</i>
<i>Diaptomus salinus</i> , von Daday.....	Chria Tiyounin-Kébir, Tougourt, Temacin.

Crustacés ostracodes.

<i>Cypris virens</i> , Jurine.....	Chegga.
<i>C. incongruens</i> , Ramdohr.....	Biskra, Chegga, Sidi-Rached.
<i>C. Blanchardi</i> , n. sp., Moniez.....	Chegga.
<i>C. Fischeri</i> , Lilljeborg.....	Ouir.
<i>C. mareotica</i> , Fischer.....	Temacin.
<i>Cypridopsis villosa</i> , Jurine.....	Chegga.
<i>Erpetocypris reptans</i> , Baird.....	Ouir.

Annélide oligochète.

<i>Tubifex Blanchardi</i> , n. sp., Vejdovsky.....	Biskra.
--	---------

§ 2. POISSONS, CRABES ET MOLLUSQUES**REJETÉS VIVANTS PAR LES PUIITS JAILLISSANTS DE L'OUED RIR.**

Certains puits jaillissants de l'Oued Rir' — parmi ceux, en particulier, de la région centrale, dite d'Ourlana — ont rejeté ou rejettent parfois de la profondeur, par leurs orifices, des animaux vivants, poissons, crabes et mollusques.

La chose, si bizarre semble-t-elle au premier abord, n'est pas contestable, ainsi que je vais le démontrer. Le phénomène, d'ailleurs, bien qu'exceptionnel, n'est pas sans exemples sur d'autres parties du globe⁽¹⁾.

Ces animaux rejetés de la profondeur ne diffèrent pas de ceux qui vivent dans les eaux de la surface du bas Sahara. Ils ne sont pas aveugles, ni décolorés. Ils ne constituent *nullement*, comme on pourrait le croire, une faune spéciale, une *faune souterraine*, qui aurait été révélée par les puits artésiens.

J'établirai d'abord nettement les faits observés. Puis je chercherai à les expliquer rationnellement.

I. FAITS OBSERVÉS.

Les premiers animaux qui soient sortis d'un puits jaillissant furent rejetés par le n° 1 de Tamerna-Djedida — qui est lui-même, comme j'ai dit, le premier puits français de l'Oued Rir', foré en 1856. — En 1858, c'est-à-dire deux ans après son achèvement, il projetait à la surface de petits poissons (des Cyprinodontes). Puis on y recueillait successivement, de 1868 à 1872, des poissons (des Chromis), des mollusques et enfin, en 1878, des crabes.

D'autre part, le premier crabe rejeté par un puits a été signalé au n° 3 de Mazer, en 1876. Quelques jours après l'achèvement et l'aménagement du puits, le directeur de l'atelier de sondage voyait très nettement un petit crabe vivant, de la grosseur du pouce, sortir du tube d'ascension.

Tout d'abord, cependant, le bien fondé de ces observations fut contesté. On prétendit — et l'on entend prétendre encore parfois — que les animaux en question n'ont pas été réellement rejetés de la profondeur par les puits artésiens, mais qu'au contraire, ils avaient pénétré auparavant de la surface dans les puits, par la voie que les forages eux-mêmes avaient ouverte vers la profondeur : — autrement dit, ils ne proviendraient pas de la base des puits, mais y seraient entrés par l'orifice. — On ajoutait que les poissons et les crabes qui vivent dans les canaux et les fossés environnants pouvaient être conduits par leur instinct, ou accidentellement, auprès de l'orifice des puits, et qu'ensuite quelques-uns pouvaient (soit en cherchant un abri, soit pour toute autre cause) pénétrer entre les parois du forage et celles de la colonne d'ascension, glisser extérieurement le long de cette colonne, trouver accès dans l'intérieur (soit par l'intervalle entre deux jeux de tubes successifs, soit par la base même de la

⁽¹⁾ « Nous trouvons dans une lettre adressée par M. Charles Laurent à M. le général Desvaux, commandant la subdivision de Batna, la mention d'un passage d'Olympiodore (vi^e siècle), qui rapporte que, dans son pays, il existe des puits de 200 et même de 500 coudées, d'où s'échappe une rivière que les habitants utilisent pour irriguer leurs champs. Ces eaux souterraines, ajoute-t-il, amènent à la surface des poissons et des restes de poissons. — Le chimiste français Ayme, gouverneur des deux oasis de Thèbes et de Garbé, écrivait, en 1849, qu'en nettoyant des puits de 325 pieds de profondeur, il avait également trouvé des poissons qui lui servaient pour sa table. Il est vrai que là nous sommes près du Nil, et le phénomène peut paraître moins extraordinaire. » (H. Jus. — Étude sur le régime des eaux du Sahara de la province de Constantine. — Extrait du *Bulletin* n° 21 de l'*Académie d'Hippone*, 1886).

colonne), et finalement se trouver entraînés par la force ascensionnelle des eaux jaillissantes.

Mais de semblables interprétations — même en admettant qu'elles soient soutenables, d'une manière plus ou moins plausible, pour tel ou tel puits — ne sauraient s'appliquer à certains cas précis, par exemple, à celui du puits n° 3 de Mazer. Il s'agissait là, en effet, d'un sondage entrepris à 3 kilomètres des oasis voisines, au milieu d'un terrain nu et inculte, sans rigole ni fossé, sans source ni étang; l'orifice du tube ascensionnel se trouvait à 1 mètre au-dessus du sol naturel; le vide existant entre la paroi du forage et les tubes avait été bétonné. Dès lors, aucun doute n'était possible : le crabe rejeté à l'orifice ne pouvait provenir que de l'intérieur du tube et du fond du puits (profond de 80 m. 35).

De nouvelles observations, encore plus concluantes, furent faites ensuite au même puits par M. Jus, en présence de M. le général Carteret. Coiffant l'orifice du tube et la gerbe jaillissante avec un large filet à mailles serrées, on réussit à opérer, en cinq ou six semaines, une pêche, pour ainsi dire miraculeuse, de crabes de petite et moyenne grosseur, de poissons (*Hemichromis Saharae* et *Hemichromis Rollandi*) et de mollusques divers, tous bien vivants et même d'une vigueur exceptionnelle.

Un autre exemple, également péremptoire, a été fourni en 1879 par le sondage n° 2 de Sidi-Amran (profondeur de 81 m. 09). Son emplacement était situé à une extrémité de l'oasis, et il n'offrait pas trace d'eau. Dès que la colonne de 0 m. 12 fut parvenue à 61 m. 73, sur le poudingue calcaire qui recouvre la nappe dans cette région, le jaillissement eut lieu avec force; puis, comme je l'ai déjà exposé ⁽¹⁾, tandis qu'on s'enfonçait dans les sables aquifères, l'eau charria au jour une grande quantité de ces sables, avec des cailloux et noyaux calcaires pesant jusqu'à 1,200 grammes : soit, en tout, non moins de 400 mètres cubes de matières solides. Or M. Jus apercevait presque aussitôt de petits poissons, se débattant au milieu des sables qui venaient d'être rejetés et encombraient les abords du tube; il recueillit beaucoup de ces poissons (des Cyprinodontes et des Chromis), ainsi que des mollusques vivants.

Des faits analogues ont été, depuis lors, observés à plusieurs puits. Il ne faudrait pas croire cependant qu'ils soient courants, ni que les animaux ainsi rejetés pullulent. Généralement le phénomène se produit soit au moment même ou à la suite du jaillissement — en raison de l'appel particulièrement énergique auquel peut donner lieu le brusque dégagement de la nappe — soit, au contraire, un temps assez long après l'achèvement du puits — alors que l'entraînement graduel des sables aquifères a provoqué, à la base, la formation d'un réseau de canaux souterrains autour de la chambre d'alimentation.

Le plus souvent ce sont des poissons et des mollusques qui apparaissent ainsi

⁽¹⁾ 3^e partie, chapitre I, § 3, I.

à l'orifice du puits. Pour les crabes, le phénomène est plus rare, et il n'a été constaté, à ma connaissance, qu'aux six puits suivants : les n^{os} 3 et 5 de Mazer, le n^o 2 de Tala-em-Mouïdi, le n^o 1 de Djama, le n^o 1 de Sidi-Amran et le n^o 2 de Tamerna-Djedida.

À ce propos, on remarquera que tous les puits qui viennent d'être spécifiés, comme ayant été incontestablement le théâtre du phénomène du rejet d'animaux vivants par les eaux jaillissantes, se trouvent situés dans la région centrale de l'Oued Rir'.

II. EXPLICATION DES FAITS OBSERVÉS.

Cela posé, comment expliquer la présence en profondeur de ces animaux vivants et leur apparition à l'orifice de certains puits jaillissants de l'Oued Rir' ?

Une première explication, donnée par M. Jus, est basée sur l'alimentation souterraine de l'Oued Rir' par le Zab, et ensuite sur ce fait que des animaux identiques vivent à la surface, d'une part, dans les eaux des sources du Zab et, d'autre part, dans celles des puits artésiens de l'Oued Rir'. De part et d'autre, en effet, on trouve (sans parler des mollusques dont les espèces habituelles sont répandues dans tout le bas Sahara) trois espèces communes de poissons et absolument le même crabe. M. Jus a surtout été frappé de l'identité des crabes du Zab occidental et de l'Oued Rir', alors que ce crustacé n'a été signalé nulle part ailleurs dans le bas Sahara algérien. Considérant que le crabe en question était connu dans le Zab occidental bien avant d'avoir été signalé dans l'Oued Rir', et que, dans l'Oued Rir', il aurait fait son apparition seulement lors du sondage n^o 3 de Mazer, en 1876, M. Jus en conclut que les crabes de l'Oued Rir' viennent du Zab. Admettant une communication souterraine entre le Zab occidental et l'Oued Rir', il suppose que les crabes de l'Oued Rir' y sont arrivés et y arrivent encore avec les eaux souterraines : ils auraient ensuite été apportés à la surface de cette région par les puits jaillissants qui les ont rejetés de la profondeur.

Pour ce qui est du mode d'alimentation susvisé de l'Oued Rir' par le Zab occidental et central, je ne le conteste nullement, autant toutefois qu'on ne le présente pas à titre exclusif. Je l'ai moi-même admis plus haut pour la provenance d'une fraction, notable sans doute, des eaux souterraines de l'Oued Rir' ⁽¹⁾, et j'ai indiqué l'existence probable de rivières souterraines, étagées et dirigées du Nord-Ouest-Nord au Sud-Est-Sud, entre le Zab occidental et les régions septentrionale et centrale de l'Oued Rir' ⁽²⁾. Mais là où je me sépare de M. Jus, c'est quand, prenant au pied de la lettre l'expression de *rivière souterraine*, il imagine qu'il existe sous ces régions un ou plusieurs cours d'eau véritables, qui couleraient en profondeur, comme dans un chenal creux, du Zab occi-

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 9, II, 1^o.

⁽²⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre I, § 5, I, et chapitre II, § 1.

dental vers l'Oued Rir', puis sous l'Oued Rir' lui-même. Ces cours d'eau, d'après lui, seraient habités par des êtres vivants, lesquels pourraient s'y mouvoir aussi librement que dans les lacs de la surface. D'où son explication de l'entraînement ou des pérégrinations des crabes et des poissons, dans les eaux souterraines, entre le Zab occidental et l'Oued Rir'.

Assurément on a, en maintes parties du globe, des exemples de rivières souterraines proprement dites, et les données nous manquent, à la vérité, pour nier formellement leur existence entre le Zab occidental et l'Oued Rir'. Leur formation pourrait s'expliquer ici non par le courant des eaux, dont la vitesse d'écoulement est tout à fait insuffisante, mais par la dissolution du gypse, qui entre parfois pour une forte proportion dans la composition des terrains traversés par elles. J'ai appelé l'attention sur ces phénomènes de dissolution au sein des atterrissements sahariens ⁽¹⁾, et, sous la région considérée, en particulier, j'admets volontiers l'existence de nombreuses cavités souterraines; mais je doute que leur série soit continue, et qu'il puisse y avoir rivière proprement dite.

Quant à l'Oued Rir', j'ai dit, d'après les résultats d'observation des sondages, que son artère souterraine d'eaux artésiennes n'était pas libre de sable, en général du moins. Il s'agit là, répéterai-je, non d'une rivière, mais d'une zone de sables perméables et aquifères; les eaux peuvent facilement circuler au sein de cette masse sableuse, mais comme au travers d'un filtre; par suite, je ne vois pas comment, d'une manière normale, des animaux adultes, à moins d'être microscopiques, pourraient s'y mouvoir. Ce n'est pas à dire que certaines cavités ou poches d'eau ne puissent également exister çà et là dans l'artère souterraine, soit naturellement (bien qu'on puisse moins facilement expliquer alors leur formation naturelle par la dissolution du gypse, attendu que celui-ci est beaucoup moins abondant dans les sables de l'étage de transport inférieur *t'*), soit aux alentours des forages jaillissants, à la base desquels l'appel des eaux donne lieu à des chambres accompagnées de réseaux convergents de petits canaux. Toutefois ce ne saurait être là que des faits locaux et isolés les uns des autres.

En somme, il me semble tout à fait invraisemblable d'admettre une communication par voie souterraine entre les animaux qui vivent à la surface des Zibans et à la surface de l'Oued Rir' — du moment que ce ne sont pas des animaux microscopiques ou très petits.

On peut discuter aussi sur la possibilité du transport souterrain des œufs de poissons ou de crabes, etc.; mais je n'entrerai pas dans une dissertation de ce genre. La présence simultanée des mêmes espèces animales dans des régions aussi voisines que celles dont il s'agit n'a rien, au demeurant, que de fort naturel. On doit arriver à s'en rendre compte en ne considérant que les phénomènes de migration à la surface du sol, sinon peut-être en se plaçant dans les

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 2 et 3, I.

conditions physiques de l'époque actuelle au Sahara, du moins en se reportant à celles de l'époque plus humide qui a précédé la nôtre. Il n'y a rien là enfin que de conforme à ce que l'on observe sans cesse dans la distribution des espèces.

Une seconde explication, encore moins plausible que la précédente, serait que les animaux vivants rejetés par certains puits jaillissants de l'Oued Rir' ont leur station *normale* en profondeur, dans la nappe souterraine elle-même, où ils vivraient, se reproduiraient et se développeraient.

Contre une semblable manière de voir, les objections — dans le cas de l'Oued Rir' tout au moins — se presseraient en foule. Je ne reviendrai pas sur celles que les lignes précédentes font déjà valoir suffisamment. J'ajouterai seulement les deux suivantes. Comment ces poissons, ces crabes trouveraient-ils de quoi se nourrir, se développer dans des eaux souterraines, dont l'origine superficielle est, pour la majeure partie, si éloignée, qui, dans leurs filtrations successives au travers de terrains sableux, ont déposé toute trace de matière organique en suspension, qui ne renferment en dissolution, pour ainsi dire, que des sels minéraux⁽¹⁾, et qui ne sont pas aérées? Pourquoi ces animaux, s'ils passaient leur vie en profondeur et dans l'obscurité, ne seraient-ils pas aveugles, ni décolorés, comme ceux que l'on rencontre ailleurs dans certaines grottes souterraines⁽²⁾?

On peut chercher à tout expliquer, et l'on réussirait peut-être à atténuer la force de ces objections, en recourant aux subtilités de certaines théories d'ordre zoologique, en invoquant la nutrition possible par les infiniment petits, en discutant la durée de l'évolution de tel ou tel sens animal suivant les conditions de l'habitat, etc. Mais j'aurai garde de me lancer dans des considérations aussi délicates, que le défaut de toute autre explication plausible justifierait seul — et qui, de plus, sortirait du cadre de la présente étude. — En cette matière, comme en bien d'autres, l'explication la plus simple est souvent la meilleure, et celle qu'il me reste à exposer est tellement rationnelle qu'à mon sens elle doit suffire.

Ces animaux vivants qui ont été rejetés par des puits jaillissants de l'Oued Rir' sont, je le répète, absolument les mêmes comme espèces, comme tailles, comme organes, comme sens optique ou autres, que ceux qui peuplent, dans le même pays, dans les mêmes oasis, à proximité immédiate, les eaux superficielles de l'Oued Rir' et, en particulier, celles des *behour* et des *chria*. Or que les *behour* et les *chria* communiquent ou puissent communiquer avec les puits artésiens par la profondeur, cela n'est pas douteux.

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 10.

⁽²⁾ Puis, ajouterai-je, même en admettant qu'ils proviennent d'animaux ayant vécu à la lumière, ou qu'ils aient été transportés eux-mêmes, accidentellement ou pour une cause quelconque, d'un régime superficiel à un régime souterrain, comment leur nerf optique ne se serait-il pas atrophié à la longue? comment ne pourrait-il être différencié chez eux et chez leurs congénères de la surface?

Pour s'en convaincre, il suffit de se reporter à tout ce que j'ai exposé précédemment. La même nappe souterraine, avons-nous vu, qui jaillit par les forages dès que la sonde a percé sa couverture, s'est elle-même frayé passage en maint endroit vers la surface : elle a donné lieu alors à des sources naturelles, qui alimentent par le fond les réservoirs des *behour* et des *chria*. Certains *behour*, il est vrai, et aussi quelques *chria* se sont formés, comme on l'a fait observer avec raison, à l'emplacement d'anciens puits indigènes (soit par suite d'éboulement des terrains ou d'effondrement du sol, soit par accumulation des sables autour de l'orifice) : mais, pour ceux-là, leur communication avec la nappe souterraine n'en est que mieux établie.

Ainsi la nappe souterraine a des événements à la surface, non seulement par la voie directe des puits, mais encore par le réseau plus ou moins complexe des conduits, naturels ou non, qui aboutissent aux *behour* et aux *chria*.

A la base des forages, en outre, il se produit, ai-je dit, des excavations plus ou moins importantes par suite de l'appel énergique de la colonne ascensionnelle, de l'entraînement mécanique des matières lors du dégagement de la nappe, des éboulements de terrains peu résistants, etc. Ce sont les chambres d'alimentation, avec leur réseau corollaire de canaux affluents, lesquels peuvent s'étendre assez loin latéralement.

Enfin il peut exister accidentellement des cavités naturelles au sein des couches aquifères.

On comprend donc, pour ces diverses raisons, qu'il y ait ou puisse y avoir communication des puits artésiens avec les *behour* et les *chria* par l'intermédiaire de canaux souterrains.

Dès lors, l'explication du phénomène des animaux rejetés par les gerbes jaillissantes de tel ou tel puits n'apparaît-elle pas immédiatement et avec évidence ? Puisque ces mêmes animaux vivent normalement dans les *behour* et *chria* du voisinage et que ceux-ci communiquent avec les puits, le plus naturel n'est-il pas d'admettre qu'ils en proviennent ? C'est ce que MM. Letourneux et Playfair avaient parfaitement pressenti quand ils disaient, en parlant plus spécialement des poissons : « C'est là (dans les eaux superficielles) qu'ils vivent à l'état libre et se reproduisent dans des conditions normales. Leur vie souterraine n'est qu'un épisode et, pour ainsi dire, qu'un accident des voyages qu'ils entreprennent d'un *bahr* à l'autre ; lorsqu'ils circulent au voisinage des puits, ils obéissent à la force ascensionnelle de l'eau ou à l'instinct qui les porte à remonter vers la surface, et se trouvent ainsi brusquement ramenés au jour ⁽¹⁾. »

Une explication analogue doit s'appliquer sans aucun doute aux crabes et aux mollusques.

Pour ce qui est des crabes cependant, M. Jus fait une objection qui, au premier abord, semble embarrassante, savoir que le crabe était un animal inconnu

⁽¹⁾ Letourneux et Playfair. — Ichtyologie algérienne, 1871.

des indigènes de l'Oued Rir' avant son apparition au sondage n° 3 de Mazer, en 1876, et qu'aujourd'hui encore, sauf les rares points cités plus haut, il n'est connu nulle part dans la contrée. Mais j'avoue que, en l'espèce, un argument tiré de ce que quelques indigènes ont répondu connaître ou ne pas connaître, ne saurait, à mes yeux, avoir un grand poids, au milieu de populations aussi ignorantes et dans un pays aussi peu exploré, jusqu'à ces derniers temps du moins. D'ailleurs, que l'on consulte l'ouvrage de Ville, publié en 1865 et rendant compte de l'exploration faite au Sahara par cet ingénieur en 1861⁽¹⁾, on trouvera, page 359, à propos des behour El-Haouch et Ba-Moussa de Mazer, cette phrase : « Les deux behour nourrissent des mélanopsides et des crabes. » Ainsi, bien avant que le premier crabe eût été rejeté par un sondage, en 1876, à l'oasis de Mazer, il y avait — Ville en fait foi — tout au moins quelques crabes dans les eaux des behour de la même oasis.

L'objection spéciale au crabe ne porte donc pas. Dès lors, et après l'avoir écartée, je ne vois aucune raison plausible à opposer à l'explication de MM. Letourneux et Playfair, corroborée par la série des arguments que je crois avoir apportés dans la discussion et que je viens de résumer.

Une dernière observation est que, la pression hydrostatique de la nappe artésienne de l'Oued Rir' étant maxima dans la région centrale, il est naturel que ce soit dans cette région — où les behour et les chria sont, d'ailleurs, les plus nombreux — que les exemples d'animaux vivants rejetés par les puits jaillissants se soient, en effet, montrés le plus fréquemment.

⁽¹⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

POST-SCRIPTUM⁽¹⁾.SONDAGES ARTÉSIENS DE LA RÉGION D'EL-GOLÉA
ET CONCLUSIONS SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES DE L'EXTRÊME SUD
DE LA PROVINCE D'ALGER.

El-Goléa n'était, quand notre mission l'a visitée, qu'une petite oasis déchue et sans importance, isolée à l'extrême Sud du haut Sahara d'Alger. Aujourd'hui un poste français y a été créé, et ce point paraît choisi, provisoirement tout au moins, comme centre militaire de nos possessions sahariennes du Sud-Ouest. Des sondages y ont été entrepris avec succès, et une œuvre de rénovation agricole y a été inaugurée.

Je dois à M. le lieutenant Reibell, l'officier distingué qui a commandé, à El-Goléa, la première compagnie de tirailleurs montée à méhari, d'intéressants renseignements sur ces travaux, ainsi qu'une série d'observations fort bien faites sur la région d'El-Goléa, venant confirmer celles que j'avais recueillies en 1880 et dont j'ai rendu compte ci-dessus dans ma *Géologie*⁽²⁾ et mon *Hydrologie du Sahara*⁽³⁾. Il m'a semblé utile d'ajouter quelques mots, à la fin du présent ouvrage, sur celles de ces indications complémentaires qui ont trait aux eaux souterraines, et d'en profiter pour montrer brièvement les grandes lignes du programme de recherches artésiennes à poursuivre dans la région d'El-Goléa.

Ci-joint on trouvera un essai de coupe géologique générale Nord-Ouest-Nord Sud-Est-Sud par El-Goléa, allant du pied méridional de l'Atlas oranais aux premiers contreforts des montagnes du Sahara central (fig. 4 dans le texte). J'ai pu la dresser d'après les résultats de mon exploration géologique de 1880 (mission Choisy) et de celle de Roche en 1881 (2^e mission Flatters).

Cette coupe (rapprochée de la figure 2 de la planche VI) montre bien la situation déjà décrite⁽⁴⁾ de la plaine d'El-Goléa, au fond d'un couloir Nord-Sud, entre la falaise de la Craie moyenne et les grandes dunes de l'Erg occidental : d'où le nom de *djoua* (fourreau) donné parfois à cette vallée (vallée qui n'est autre, avons-nous vu, que le prolongement de l'Oued Seggueur, venant du Nord-Ouest-Nord, et dont, d'autre part, l'Oued Meguiden représente la continuation vers le Sud-Ouest) [pl. IV]. La plaine elle-même est formée d'alluvions sableuses, épaisses d'une quinzaine de mètres. A l'Ouest, on retrouve des témoins crétacés sous les dunes de l'Erg.

⁽¹⁾ Ajouté en fin de publication.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, § 2.

⁽⁴⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, § 2, et 2^e partie, § 2, III.

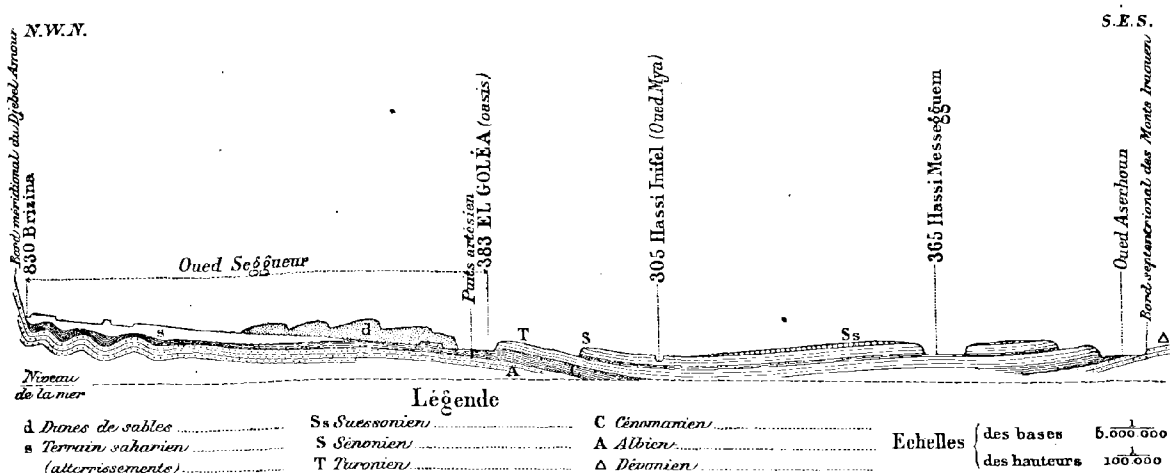


Fig. 4. — Coupe géologique Nord-Ouest-Nord Sud-Est-Sud par El-Goléa.

Trois puits artésiens ont été forés par l'administration militaire dans le djoua d'El-Goléa. Le tableau suivant résume les principales indications à leur sujet.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOM DU PUIS.	EMPLACEMENT.	PROFON- DEUR du sondage.	PROFON- DEUR de la nappe captée.	DÉBIT par minute.	HAUTEUR de l'orifice au-dessus du sol.	TEMPÉRA- TURE de l'eau.
1 (Printemps 1891.)	Bel-Aid.	1 kilom. 2 au Nord-Ouest du nouveau bordj ⁽¹⁾	55 ^m 15	43 ^m 75	800	2 ^m 40	24°,00
2 (Été 1891.)	Djenan-bel-Bachir.	4 kilom. 2 au Nord du nouveau bordj.	67 45	67 00	2,943	2 50	"
3 (Hiver 1891-1892.)	Hassi-el-Gara.	3 kilom. 5 au Sud-Est du nou- veau bordj.	81 10	68 70	2,719	7 00	25°,00

(1) Le nouveau bordj français se trouve à 2,300 mètres environ à l'Ouest de l'ancienne Kasba (pl. VI, fig. 2) et de l'autre côté de l'Oued Seggueur.

La coupe la plus nette est celle du puits n° 3. Après 6 mètres d'alluvions, on a traversé, jusqu'à 68 m. 70, des marnes et argiles rouges, vertes, bigarrées, avec intercalations sableuses et calcaires — massif tout à fait semblable à l'escarpement d'El-Goléa et appartenant également au Cénomanien; — on y a rencontré deux nappes ascendantes et une petite nappe jaillissante. Au-dessous, on a pénétré dans des sables rouges argileux, qui renferment la nappe artésienne principale et représentent soit le prolongement des grès albiens du Djebel Amour, soit des couches de transition entre le Cénomanien et l'Albien.

Les coupes des puits nos 1 et 2 sont analogues, sauf que les niveaux sableux dominant dans leur moitié inférieure. La nappe principale ne semble pas avoir été atteinte au n° 1.

Ainsi la nappe artésienne d'El-Goléa a son gisement dans les terrains crétacés moyens. A cet égard, elle diffère complètement de celles de l'Oued Rir' et de Ouargla, qui sont renfermées dans les atterrissements sahariens.

Ici comme là, toutefois, l'alimentation s'opère par le Nord. Les couches de

la Craie moyenne se poursuivent en se relevant, vers le Nord-Ouest-Nord (fig. 4 dans le texte), d'abord sous les dunes de sable, puis sous les atterrissements du Sahara oranais, jusqu'aux montagnes du Djebel Amour et des Ksour, où les grès albiens émergent et dominant. Les eaux de pluie et de neige qui tombent sur ces montagnes sont absorbées en partie par leurs grès perméables; des nappes souterraines se forment et s'écoulent suivant le pendage des couches vers le Sud-Est-Sud, acquièrent, sous le manteau des marnes cénomaniennes, une pression croissante, et contribuent à l'alimentation de la nappe profonde d'El-Goléa, où elles jaillissent à 1,600 mètres en contre-bas de leurs lieux d'origine. D'autre part, les eaux météoriques du Sud oranais sont collectées par les affluents de l'Oued Seggueur et des oueds similaires de la partie occidentale du haut Sahara algérien; l'écoulement permanent et les crues accidentelles de ces oueds donnent lieu à une série d'infiltrations dans les atterrissements, puis surtout dans les grandes dunes, et ensuite dans les terrains crétacés sous-jacents. Enfin le trop-plein du réservoir d'eau des dunes s'égoutte à leur base et alimente la nappe presque superficielle que renferment les alluvions des plaines adjacentes.

Celle-ci se trouve particulièrement abondante, ainsi que j'ai dit⁽¹⁾, dans la plaine d'El-Goléa, en raison de la falaise crétacée qui non seulement barre les eaux en aval, mais encore, avec sa forme d'arc concave, tend à les emprisonner.

J'ai mentionné les puits ordinaires à bascule, de 5 à 6 mètres de profondeur (quelques-uns davantage), qui s'adressent à cette première nappe. En outre, j'ai signalé à part trois puits indigènes, qui, malgré leur peu de profondeur (7 m. 90 à 8 m. 30), sont artésiens et même faiblement jaillissants⁽²⁾; ils correspondent évidemment avec la nappe crétacée dont les récents sondages viennent de démontrer l'existence en profondeur: je suppose, répéterai-je ici, que les puits en question ont été creusés à l'emplacement d'anciennes sources naturelles. On trouvera ci-après, au § 1 de l'Annexe III, une série de renseignements rapportés par moi sur un certain nombre de ces puits indigènes d'El-Goléa.

J'ai noté ensuite⁽³⁾ les petites sources naturelles, insignifiantes d'ailleurs comme débit et la plupart même taries, qui se rencontrent le long du djoua d'El-Goléa. M. Reibell en a compté onze, sur une longueur de 18 kilomètres, et j'ai consigné ci-après, au § 2 de la même Annexe III, les renseignements communiqués par lui à leur sujet. Il est évident que ces sources sont alimentées par la même nappe crétacée de la profondeur: les petits tertres argileux au sommet desquels sourdent leurs eaux sont autant de cônes de déjection qui ont été déposés par les sources elles-mêmes, et dont les matériaux ont été em-

⁽¹⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, § 2, III.

⁽²⁾ D'une manière intermittente tout au moins. Voir, à la fin du présent ouvrage, l'Annexe III, § 1, note 1.

⁽³⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, § 2, III.

pruntés aux couches cénomaniennes au travers desquelles les eaux souterraines sous pression se sont frayé passage⁽¹⁾.

J'ai indiqué enfin⁽²⁾, au travers de la plaine d'El-Goléa, les vestiges de nombreuses *feggaguir*, galeries et tranchées de drainage, qui étaient alimentées soit par des sources, soit par les infiltrations de la lisière de l'Erg. M. Reibell a retrouvé dix de ces *feggaguir*, qui sont spécifiées ci-après, avec quelques détails, au § 3 de l'Annexe III. L'une d'elles, avec ses ramifications, n'avait pas moins de 10 kilomètres de longueur. Huit aboutissaient dans le bas-fond cultivé, d'un kilomètre carré environ, qui est situé au pied du *ksar*.

A ce propos, ferai-je observer, on comprendrait difficilement que jadis les anciens habitants du pays⁽³⁾ aient entrepris et exécuté des travaux de drainage aussi considérables, en vue des irrigations de leurs cultures, s'ils avaient connu alors l'existence de la nappe jaillissante du sous-sol et s'ils avaient su l'atteindre. Aussi ne saurais-je admettre l'hypothèse du commandant Deporter⁽⁴⁾, d'après laquelle la région d'El-Goléa possédait autrefois des puits artésiens comparables à ceux de l'Oued Rir' et d'Ouargla.

Étant revenu, dans ce post-scriptum, sur le régime des eaux artésiennes d'El-Goléa, je rappellerai ici que leur qualité — du moins, à certains puits — est vraiment exceptionnelle pour le Sahara, où l'on doit les considérer comme relativement excellentes, soit pour les usages domestiques, soit pour les emplois industriels⁽⁵⁾. Les meilleures que j'y ai rencontrées (analyses nos 10 et 11 de l'Annexe I ci-après) sont celles des deux puits indigènes d'Aïn-Feïada et d'Hassi-Mekerr'azin; leur composition moyenne est la suivante :

	POIDS DES SELS ANHYDRES par kilogramme d'eau.	PROPORTION p. 100.
Sulfates.....	0 ^{sr} 0933	38.12
Chlorures.....	0 0498	20.34
Carbonates.....	0 0733	29.94
Matières organiques en dissolution.....	0 0042	1.72
Matières organiques.....	0 0242	9.88
TOTAL.....	0 2448	100.00

L'Aïn Feïada est nettement artésien et certainement alimenté par la nappe crétacée de la profondeur. L'Hassi Mekerr'azin est présenté comme puits ordinaire à l'Annexe III ci-après; mais, à en juger par la qualité de son eau, on serait

⁽¹⁾ Ces terres argileux se sont également accrus du fait des sables transportés par le vent, que l'humidité a contribué à fixer sur les parois et au sommet du mamelon. De plus, les sables, en s'accumulant ainsi, ont contribué à boucher les trous de lumière des sources et à tarir progressivement celles-ci.

⁽²⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, § 2, III.

⁽³⁾ Avant la conquête arabe. J'ai dit (page 42, note 1) que ces *feggaguir* étaient d'une époque antérieure.

⁽⁴⁾ Deporter. — L'extrême Sud de l'Algérie, 1890.

⁽⁵⁾ *Hydrologie du Sahara*, 2^e partie, Appendice, § 3.

porté à croire qu'il a été creusé aussi à l'emplacement d'une ancienne source naturelle et qu'il est également artésien, mais simplement ascendant. Quoi qu'il en soit à cet égard, je présume que les eaux crétacées, franchement jaillissantes, des nouveaux puits artésiens français doivent être encore moins chargées de sels.

Or une teneur de moins de 0 gr. 25 par litre est presque trois fois moindre que celle des eaux crétacées du Tell constantinois ⁽¹⁾ et cinq fois moindre que celle des eaux crétacées des hauts plateaux de la province d'Alger ⁽²⁾; d'autre part, elle est respectivement cinq fois et dix fois moindre, à peu près, que les teneurs des eaux crétacées du Sahara d'Alger ⁽³⁾ et de Constantine ⁽⁴⁾. Cette pureté relative doit s'expliquer, à mon sens, par la rareté des sels minéraux dans les grès albiens, où circule en profondeur la nappe artésienne d'El-Goléa, et où elle s'alimente en grande partie dans le Sud oranais (considération qui, d'autre part, vient à l'appui du mode d'alimentation indiqué plus haut).

Ajoutons que le climat d'El-Goléa était, jusqu'ici, fort sain : cela tenait surtout, il est vrai, au peu d'importance des irrigations et des plantations. Aujourd'hui la situation tend à se modifier; autour du puits n° 1 s'est formé un lac de plus de 300 mètres de diamètre; le n° 2 envoie ses eaux dans le bas de l'oasis, où il y a des mares d'eau stagnante. Il en est déjà résulté des cas de fièvres paludéennes.

Le remède est de donner au trop-plein des eaux d'irrigation un écoulement convenable. La pente le long du lit de l'Oued Seggueur doit être suffisante pour permettre d'y creuser une grande tranchée d'évacuation vers le Sud.

Pour ce qui est de nouvelles recherches artésiennes, le guide le plus sûr sera fourni par les sources naturelles. L'allure du gisement aquifère doit, d'ailleurs, être assez régulier. S'arrêter aux premières nappes jaillissantes et se contenter de puits de faible débit vaudra peut-être mieux parfois, en cas d'écoulement médiocre des eaux.

Il serait illusoire d'espérer que ce nouveau bassin puisse jamais rivaliser avec celui de l'Oued Rir', qui est alimenté par les eaux de l'Aurès et débite plus de 308,000 litres par minute; il serait même prématuré de le comparer déjà à celui d'Ouargla. Mais on peut compter que les sondages réussiront (pl. II et pl. VI, fig. 2) depuis Enteg-es-Srir jusqu'à Hassi-el-Gara, soit sur une longueur de plus de 10 kilomètres et une largeur d'environ 3 kilomètres, et l'on doit se proposer de rendre à cette plaine son ancienne prospérité. De même plus au Sud, jusqu'à la Sebkha el-Melah; mais la bande irrigable devient ici assez étroite.

⁽¹⁾ Voir ci-dessus, page 261, le groupe d'analyses n° 2 du tableau synoptique.

⁽²⁾ L. Ville. — Exploration géologique du Mzab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, 1866, page 475.

⁽³⁾ Voir ci-dessus, page 261, le groupe d'analyses n° 9 du tableau synoptique.

⁽⁴⁾ Voir ci-dessus, page 261, les groupes d'analyses n° 3 et 4 du tableau synoptique.

A l'Ouest, au milieu des dunes de Deglet-Choucha, on créerait de petits jardins, comme dans le Souf.

Avant peu, l'oasis ainsi revivifiée pourra nourrir une nombreuse garnison indigène. Or c'est là le point important. Ainsi s'atténuera l'inconvénient majeur de notre installation à El-Goléa, tenant à son éloignement et à la difficulté de son ravitaillement.

Quelques mots enfin, pour terminer, au sujet des chances qu'auraient des recherches d'eaux artésiennes dans les régions de l'extrême Sud algérien qui s'étendent à l'Est et au Sud-Est d'El-Goléa (pl. IV).

Sur le premier plateau de calcaires turoniens qui règne d'abord de ce côté, en contre-haut de la plaine d'El-Goléa (fig. 4 ci-jointe dans le texte et pl. XI, fig. 2), les sondages ne sont pas à recommander. Son altitude, il est vrai, baisse graduellement vers l'Est : au pied de la falaise supérieure qui limite ce plateau, on n'est plus, près d'Hassi-el-Melah, qu'à 336 mètres d'altitude, c'est-à-dire qu'on se trouve franchement en contre-bas de la plaine d'El-Goléa. J'ai exposé ⁽¹⁾ que le pied de ladite falaise est longé par une plaine d'alluvions ; qui reçoit le nom d'*oued* : on pourrait y creuser des puits ordinaires de quelques mètres, tels que l'Hassi el-Melah. Mais pour un sondage artésien appelé à rechercher le prolongement de la nappe jaillissante d'El-Goléa, vers la base du Cénomaniens, il faudrait prévoir une profondeur de 200 à 250 mètres.

Sur le second et vaste plateau qui s'étend au-dessus de la falaise supérieure, les sondages seraient, de même, aléatoires. Cependant l'altitude s'abaisse aux approches de l'Oued Mya. Le bassin du haut Oued Mya, ainsi que je l'ai montré ⁽²⁾, figure (entre la falaise d'Hassi-el-Melah et la dépression de Hassi-Messegguem) une grande ondulation des couches crétacées, ondulation légèrement concave et dissymétrique, évidemment favorable à la formation d'un bassin correspondant d'eaux souterraines. Son axe synclinal est dirigé environ vers le N. 30° E. et incliné dans ce sens ; il coïncide, ou à peu près, avec le cours du haut Oued Mya, et des recherches artésiennes pourraient sembler intéressantes en des points convenablement choisis de cet oued et de ses affluents.

Un des meilleurs points qu'on pût choisir pour des recherches de ce genre serait le lieu dit Hassi-Inifel (fig. 4 ci-jointe), situé un peu en aval du confluent de l'Oued Mya avec l'Oued Insokki, et à l'altitude de 305 mètres, c'est-à-dire notablement en contre-bas de la plaine d'El-Goléa. La deuxième mission Flatters y est passée en 1881, et, en raison de l'insuffisance du puits indigène qu'on y rencontrait, elle avait creusé à côté un deuxième puits de 6 mètres de profondeur dans les alluvions de l'oued ⁽³⁾. Depuis lors, ces puits ont été aban-

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 4, IV.

⁽²⁾ *Ibidem*, 1^{re} partie, chapitre II, § 1, II.

⁽³⁾ Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters, 1884. — (Deuxième expédition, pages 291 et 292.)

donnés par les indigènes, tant en raison de leurs débits insignifiants (on ne pouvait guère y puiser que 2 litres par minute) qu'à cause de la stérilité absolue que présentent les plateaux environnants (à l'exception des lits mêmes des oueds qui les entaillent). J'ajouterai, d'ailleurs, qu'Hassi-Inifel n'est situé, quoi qu'on ait prétendu, sur aucune des routes fréquentées par les caravanes, ni à proximité.

Néanmoins la position d'Hassi-Inifel peut acquérir de l'importance comme se trouvant sur une des routes stratégiques qui s'offrent à nous d'El-Goléa sur In-Salah. Mais, si l'on voulait y créer un poste avancé et en faire un lieu d'étape, il serait essentiel d'y trouver de l'eau sur place pour l'alimentation de la garnison et pour que le nouveau poste pût servir pratiquement d'étape. Que si l'on entreprenait, en effet, un sondage de recherche en cet endroit, j'estime qu'on aurait chance de rencontrer, à une profondeur d'une cinquantaine de mètres (ou même un peu moins), une ou plusieurs nappes aquifères, ayant leurs gisements vers la base du massif marneux inférieur de la Craie supérieure, aux approches du massif calcaire de l'étage turonien sous-jacent; ces nappes seraient peut-être ascendantes, bien que sans doute peu abondantes. Si elles offrent un débit suffisant, le plus sage pourra être de s'en tenir là et de se contenter de puits tubés ordinaires, où l'on puiserait l'eau, et qui, tels quels, rendraient déjà de réels services. Mais si l'on veut avoir chance d'obtenir des eaux jaillissantes, fournissant un débit notable, il faudra poursuivre le sondage, de manière à rechercher le prolongement des niveaux artésiens de la nappe profonde d'El-Goléa; pour cela, on aurait encore à traverser l'étage des calcaires turoniens (environ 100 mètres) et tout ou partie de l'étage des marnes cénomaniennes (150 à 100 mètres, ou peut-être moins ici). L'atelier de sondage devrait donc alors être outillé de manière à pouvoir aller à 300 mètres de profondeur.

Entre Hassi-Inifel et Hassi-Messeguem, les conditions sont de nouveau très défavorables; mais elles s'améliorent dans la région de Messeguem, où M. Foureau préconise la création d'un poste. Toutefois elles y semblent encore assez médiocres, d'après les indications géologiques et hydrologiques laissées par Roche ⁽¹⁾.

La plaine de *reg* de Messeguem est comprise entre les escarpements créacés des plateaux de Tademayt et de Tinghert (fig. 4 dans le texte); au milieu et dans un bas-fond gypseux, se trouve le puits indigène de ce nom ⁽²⁾. Je crois qu'un sondage trouverait, au fond de cette cuvette et dans les atterrissements mêmes, des eaux artésiennes, mais peu abondantes, vu le peu d'étendue du bassin d'alimentation. Au-dessous, d'après ce qui résulte des journaux de route de Roche, les terrains créacés présentent dans ces parages un bombement qui

⁽¹⁾ Documents relatifs à la mission dirigée au Sud de l'Algérie par le lieutenant-colonel Flatters, 1884. — (Deuxième expédition, pages 315 et 316.)

⁽²⁾ L'eau y est de médiocre qualité et renferme, d'après Roche, 2 gr. 73 de sulfates.

doit influencer défavorablement leurs nappes aquifères : néanmoins on rencontrerait, à une profondeur modérée, un second groupe de nappes artésiennes vers la base des marnes inférieures de la Craie supérieure ; quant à la nappe principale de la base du Cénomaniens — laquelle doit être alimentée ici plutôt par le Sud — il n'y a pas lieu d'espérer, d'après les éléments d'appréciation qu'on possède, la rencontrer avant 200 ou 250 mètres de profondeur.

Plus à l'Est, nous avons vu ⁽¹⁾ que la situation hydrologique et artésienne est incomparablement supérieure dans la région de Timassinin, recommandée par le général Philebert et par moi pour la création d'un poste et d'une série de sondages artésiens.

⁽¹⁾ Voir ci-dessus 3^e partie, chapitre II, § 8, II.

ANNEXE I.

COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX RECUEILLIES LE LONG DE L'ITINÉRAIRE DE LA MISSION.

Une série d'analyses sommaires, faites sur place, m'a permis d'apprécier approximativement la composition des eaux rencontrées le long de l'itinéraire. Les sels terreux étaient dosés au moyen du procédé hydrotimétrique, et le chlore à l'aide du procédé volumétrique par l'azotate d'argent et le chromate neutre de potasse.

En outre, parmi les eaux les plus intéressantes, j'ai recueilli 21 échantillons, chacun de 2 litres.

M. A. Carnot, directeur du bureau d'essai de l'École des Mines, a bien voulu les faire analyser.

Le tableau ci-joint donne les analyses de ces eaux. Elles sont divisées en trois catégories : eaux fluviales, eaux souterraines des terrains crétacés, eaux souterraines des terrains d'atterrissement et des terrains quaternaires. Dans chaque catégorie, elles sont rangées dans l'ordre des prises d'échantillon, le long de l'itinéraire de la mission (pl. I, II et III).

TABLEAU D'ANALYSES EXÉCUTÉES AU BUREAU D'ESSAI

CATÉGORIES DES EAUX.	SECTIONS DE L'ITINÉRAIRE.	NUMÉROS D'ORDRE DES ÉCHANTILLONS D'EAU.	PROVENANCE.	POIDS DES SELS				
				SILICE.	CHLORURE de sodium.	CHLORURE de potassium.	CARBONATE de chaux.	CARBONATE de magnésic.
Eaux fluviales.	Laghouat à El-Goléa.	1	Laghouat. — Canal de dérivation de l'Oued M'zi.	0 0200	0 1680	0 0189	0 1203	0 0054
	El-Goléa à Ouargla.	2	Oued Mya. — Puits d'Hassi-el-Aïcha.	0 0430	0 5523	0 0698	0 1187	0 0093
	Ouargla à Biskra. . .	3	Bordj de Saada. — Ghedir de l'Oued Djeddi. . .	0 0370	0 3390	0 0409	0 0935	0 0089
		4	Crue de l'Oued Biskra (à 1 kilomètre en aval de Biskra).	0 0180	0 0836	0 0054	0 1852	0 0527
		5	Bassin de réception de la source n° 1 d'Aïn- Massin.	0 0570	1 0241	0 1183	0 2025	0 0156
Eaux des terrains crétacés.	Laghouat à El-Goléa.	6	Un des puits d'El-Hassi.	0 0210	0 2550	0 0298	0 1250	0 0115
		7	Puits d'Hassi-Charef.	0 0325	0 3967	0 0653	0 1148	0 0117
		8	Citerne de Tilremt.	0 0570	0 1927	0 0234	0 1233	0 0152
		9	Un des puits de Zebbacha.	0 0530	0 2765	0 0366	0 1256	0 0164
		10	El-Goléa. — Puits jaillissant d'Aïn-Fciada. . .	0 0124	0 0395	0 0131	0 0762	0 0098
	El-Goléa à Ouargla.	11	El-Goléa. — Puits de Mekerr'azin.	0 0120	0 0403	0 0067	0 0812	0 0076
		12	El-Goléa. — Puits de Djenan-Aïssa.	0 0620	3 2924	0 2836	0 1930	0 0184
		13	Puits instantané dans le bas-fond de Mech- garden.	0 0590	4 0388	0 3075	0 2550	0 0268
		14	Ouargla. — Puits jaillissant d'Aïn-Boushag. .	0 0330	0 5916	0 0548	0 1105	0 0135
		15	Entre Ouargla et l'Oued Rir'. — Puits d'Hassi- Sidi-Mohamed.	0 0660	2 4632	0 2340	0 2406	0 0382
		16	Oued Rir'. — Bledet-Ahmar. — Puits jaillis- sants d'Aïn-Mala-Setti.	0 0460	1 3882	0 1074	0 1420	0 0108
		17	Oued Rir'. — Coudiat (Tougouri). — Puits jaillissant d'Aïn-Bouissou.	0 0590	2 2186	0 1972	0 2948	0 0416
Eaux des terrains d'atterris- sement et des terrains quater- naires.	Ouargla à Biskra. . .	18	Oued Souf. — Aïn-Taïbet.	0 0410	0 8297	0 0862	0 1435	0 0118
		19	Oued Rir'. — Puits jaillissant n° 1 de Tala- em-Mouïdi.	0 0680	2 3940	0 2237	0 2380	0 0273
		20	Petit désert de Morran. — Puits instantané de Bir-Setil.	"	0 9210	"	0 2160	"
		21	Petit désert de Morran. — Puits de Bir-Dje- fair.	0 0480	0 5364	0 0632	0 1586	0 0187

DE L'ÉCOLE DES MINES SUR 21 ÉCHANTILLONS D'EAUX.

ANHYDRES PAR KILOGRAMME D'EAU.							OBSERVATIONS.
CARBONATE de protoxyde de fer.	SULFATE de chaux.	SULFATE de magnésie.	SULFATE de soude.	MATIÈRES organiques en dissolution.	MATIÈRES organiques et minérales en suspension.	TOTAL.	
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
0 0066	0 0550	0 1238	0 2732	0 0100	0 0330	0 8349	Eau de bonne qualité pour le Sahara.
0 0096	0 7560	0 4312	0 2480	Quantité notable.	0 0450	2 2829	Analyse indiquant la composition des eaux d'infiltration qui s'écoulent au travers des alluvions quaternaires de l'Oued Mya. <i>Catégorie mixte entre les eaux fluviatiles et les eaux souterraines des terrains quaternaires.</i>
0 0086	1 2560	0 4852	0 2284	0 0075	0 0530	2 5573	Eau ayant subi une évaporation assez longue.
0 0049	0 0085	0 0103	0 0251	0 0070	"	0 4007	Crue brusque et violente, d'environ 2 mètres, survenue dans la nuit du 15 au 16 avril 1880. — Eau très fortement chargée de limon.
0 0113	1 6585	0 7243	0 3064	Quantité très notable.	0 1280	4 2460	Le débit de la source étant très faible et l'évaporation à la surface du bassin étant très active, cette eau est beaucoup plus chargée de sels que la nappe crétacée qui l'alimente.
0 0057	0 0710	0 1322	0 2513	0 0120	0 0260	0 9405	Eaux bonnes pour le Sahara.
0 0077	0 0662	0 1643	0 4899	0 0070	"	1 3561	
0 0078	1 4420	0 5163	0 2940	0 0030	0 0420	2 7107	Eau provenant de pluie ayant lavé un sol d'atterrissement et subi un emmagasinement prolongé.
0 0098	1 7876	0 6601	0 4261	0 0058	"	3 3975	A El-Goléa, j'ai analysé sommairement, par les procédés hydrométrique et chlorométrique, les eaux du puits jaillissant d'Ain-Feïada, des puits de Mekerr'azin, d'Ain-el-Garoub, de Djenan-Aïssa, de Ben-Gaoui, de la petite source d'Ain-ben-Kassen, et enfin de la Foggara (galerie de drainage) de Si-Hadj-bou-Haous. Les meilleures que j'ai trouvées sont les eaux des puits de Feïada et de Mekerr'azin, pour lesquelles les analyses n ^{os} 10 et 11 indiquent, en effet, moins de 0 gr. 25 par litre. Elles sont de qualité tout à fait exceptionnelle au Sahara. Des eaux semblables se rencontrent, d'ailleurs, à d'autres puits d'El-Goléa. L'eau de la source d'Ain-ben-Kassen contenait environ 0 gr. 40 par litre, et l'eau du puits d'El-Garoub 0 gr. 50. L'analyse n ^o 12 indique plus de 5 gr. 5 pour l'eau du puits de Djenan-Aïssa; celle-ci est particulièrement mauvaise pour El-Goléa. L'eau recueillie dans le puits de Ben-Gaoui était encore plus chargée de sels; mais il s'agissait d'un puits mort, où l'eau ne se renouvelait pas.
0 0064	0 0232	0 0168	0 0403	0 0035	"	0 2412	
0 0054	0 0178	0 0163	0 0322	0 0050	0 0240	0 2485	
0 0102	1 1912	0 4530	0 0815	Faibles traces.	Traces.	5 5853	
0 0125	1 0334	0 9162	0 0732	Traces.	0 0220	6 7444	
0 0062	0 4419	0 1926	0 0211	0 0020	0 0270	1 4935	Ville avait déjà cité les eaux jaillissantes d'Onargla et de Negoussa comme beaucoup moins chargées de sels que les autres eaux des terrains d'atterrissement du Sahara; la moyenne des cinq analyses données par lui indique 2 gr. 3483 par litre. L'analyse ci-contre indique une teneur encore notablement inférieure.
0 0134	1 7132	0 8430	0 0826	Quantité très notable.	0 0480	5 7422	Eau non renouvelée.
0 0109	1 2184	0 5122	0 1875	0 0020	0 0290	3 6544	
0 0118	0 8275	0 7884	0 0542	0 0040	0 0240	4 5211	
0 0084	1 5433	0 6232	0 2740	0 0090	0 0170	3 5871	Eau réputée supérieure à celle de l'Oued Rir'. A Tougourt, certaines personnes en font apporter pour leur consommation.
0 0129	1 5942	0 8068	0 0814	0 0035	0 0310	5 4808	
"	1 8510	0 4440	1 2140	0 5000	"	5 1460	
0 0102	1 7784	0 8632	0 6214	0 0030	0 0280	4 1291	

ANNEXE II.

OBSERVATIONS SUR LES Puits ORDINAIRES
LE LONG DE L'ITINÉRAIRE DE LA MISSION.

SECTIONS de L'ITINÉRAIRE.	N ^o D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES LOCALITÉS ET DES PUIXS.	NATURE DES TERRAINS.	PROFONDEUR.	DIAMÈTRE.	DATES ET HEURES.	
Entre Laghouat et El-Goléa.	1	Zebbacha-Gharbi.	Terrains d'atterrissement.	9 ^m 20	2 ^m 00	27 janv., 2 heures soir.	
	2	El-Hassi (Un des puits d').		6 40	1 50	5 février (après-midi).	
	3	Hassi-Charef.	Terrains crétacés.	14 00	2 00	9 février, 2 heures soir.	
El-Goléa.	4	El-Goléa.		"	"	"	
Entre El-Goléa et Ouargla.	5	Mechgarden (puits instantanés).	Dunes de sable.	2 00	1 ^m 00 à 1 ^m 50	25 fév., 7 heures soir. 26 fév., 7 h. 1/4 matin.	
	6	Hassi-el-Aïcha.		8 60	1 ^m 00	5 mars, 12 heures soir. 6 mars (fin de l'après-midi).	
Ouargla.	7	Hassi de la place de la Kasba. . .	Puits à bascule.	3 60	0 65	13 mars (après-midi)..	
	8	Hassi de l'intérieur de la Kasba.		5 40	1 ^m 00/1 ^m 50 (au fond).	13 mars, 6 heures soir.	
	9	Hassi-Boushag.		Terrains d'atterrissement.	"	1 ^m 00/1 ^m 50	13 mars (après-midi)..
	10	Hassi du Mehat-Beni-Hassen. . .		4 00	"	11 mars, matin.	
	11	Hassi d'un jardin de Ba-Mendil.		8 00	2 ^m 00	13 mars, matin.	
	12	Hassi de la kasba de Ba-Mendil.		27 00	1 50	13 mars, matin.	
Entre Ouargla et Biskra.	13	Mouraneb (puits instantanés).	Sables de dunes.	1 50	1 00	17 mars, matin.	
	14	Hassi-Hafert-Chaouch.		9 50	1 25	20 mars (après-midi)..	
	15	Hassi-Sidi-Mohamed.	Terrains d'atterrissement.	2 85	1 ^m 80/2 ^m 80	23 mars, 5 h. 1/2 soir.	
	16	Bir-Defair.		5 60	1 ^m 80	14 avril.	
						APPEN	
Entre Laghouat et El-Goléa.	"	Sources d'Ain-Massin... <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">1^{re} source.</div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">2^e source.</div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">3^e source.</div> </div>	Terrains crétacés.	"	"	2 février (fin de l'après-midi).	

TEMPÉRA-TURE DE L'EAU.	TEMPÉRA-TURE EXTÉRIEURE de l'air.	OBSERVATIONS.
16°,4	11°,5	Cinq puits de même profondeur sont creusés au fond de la cuvette de Zebbacha-Gharbi. Un était à sec; deux seulement étaient en bon état. Ces deux puits ont fourni 2,000 litres du 23 au 25 janvier au soir, 1,520 litres dans la journée du 26, 1,580 dans celle du 27. Chaque soir, ils étaient épuisés; dans l'après-midi du 26, il y avait 80 millimètres d'eau au fond de l'un d'eux. — Débit par 24 heures = 750 à 800 litres pour chaque puits. — La température observée, 16°,4, est, à n'en pas douter, notablement inférieure à la température moyenne du sous-sol. Elle s'explique par l'influence des pluies froides d'hiver, dans une cuvette de dimension restreinte.
18°,4	14°,0	Trois puits de 6 m. 40 à 7 m. 75 de profondeur sont creusés à la tête de la vallée de l'Oued Sohti; trois autres de 4 m. 60 à 5 mètres, en aval, à 1,500 mètres environ de distance. La température indiquée se rapporte à celui des puits supérieurs qui est situé à l'Ouest; c'est le seul auquel on ait puisé: on en a tiré 1,500 litres, débit maximum en 24 heures. La hauteur d'eau, au moment de l'observation, était de 0 m. 90. Elle était de 2 m. 60 dans le puits de 7 m. 75.
20°,2	19°,9	Un puits, creusé dans la vallée de l'Oued Ter'ir. — Hauteurs d'eau: 9 février, 7 heures du matin = 1 m. 25; 9 février, 7 heures du soir = 0 m. 75; 10 février, 7 heures du matin = 1 m. 25. Dans la journée du 9, on a puisé environ 3,200 litres; le volume d'eau avait diminué de plus de 1,600 litres; mais, pendant la nuit suivante, l'eau a remonté à son niveau primitif. — Débit minimum par 24 heures = 3,000 litres.
"	"	Voir le § 1 de l'Annexe III, spécialement consacré aux puits indigènes de la région d'El-Goléa.
15°,4	17°,9	Trois puits instantanés ont été creusés par nous dans le bas-fond de Mechgarden. Ils ont fourni environ 4,000 litres en 18 heures: soit un débit de près de 2,000 litres par trou et par 24 heures. L'eau se trouve également abondante dans tout le bas-fond, à 1 mètre ou 1 m. 60 de profondeur.
14°,5	15°,5	
23°,2	17°,6	Un puits, creusé au milieu de l'Oued Mya. Depuis le 5 mars à 10 heures du matin jusqu'au 6 à 4 heures et demie du soir, on y a puisé d'une manière continue, et on a bien tiré 5,000 litres. Le niveau de l'eau n'a d'ailleurs pas varié dans cet intervalle, et est resté constamment à 0 m. 40 au-dessus du fond. — Débit minimum par 24 heures = 4,000 litres. La température observée, 23°,2, doit se rapprocher beaucoup de la température moyenne du sous-sol; car, si le puits en question est assurément moins profond que la couche invariable, il se trouve dans un grand oued, au courant régulier, et les eaux d'infiltration qu'il reçoit résultent des pluies de toute l'année dans un vaste bassin.
23°,2	16°,0	
20°,7	19°,8	Hauteur d'eau, 0 m. 80. On avait beaucoup puisé les jours précédents.
19°,2	19°,4	Hauteur d'eau, 0 m. 60.
16°,1	20°,1	Hauteur d'eau, 1 m. 50. Ce puits ordinaire est situé hors des murs, près du puits jaillissant du même nom, à la place de l'ancien fossé comblé par l'ex- <i>agha</i> Ben Driss.
19°,2	18°,9	Au bord Sud de la <i>sebkha</i> de Ba-Mendil et à l'Ouest de l'oasis d'Ouargla.
19°,1	19°,2	Jardin au pied de la <i>kasba</i> de Ba-Mendil. On curait ce puits lors de notre visite.
23°,1	19°,4	Au Nord-Ouest de l'oasis et de la <i>sebkha</i> d'Ouargla. Hauteur d'eau, 1 m. 10. Eau non renouvelée depuis quelque temps. Ce puits est creusé au sommet de la gara de Ba-Mendil, qui s'élève de 8 mètres environ au-dessus de la <i>sebkha</i> . Il n'atteint pas la grande nappe artésienne d'Ouargla.
15°,1	17°,6	Nouvelles plantations dans le bas-fond d'Ouargla, à une douzaine de kilomètres au Nord, sur le chemin de Negoussa. Terrain sableux meuble. Eau à 1 m. 50.
21°,0	16°,4	Puits creusé dans une dépression du plateau surbaissé qui s'étend à l'Est du prolongement du bas-fond d'Ouargla-Negoussa vers le Nord. — Eau non renouvelée. Hauteur d'eau, 2 m. 25.
14°,7	19°,6	<i>Idem.</i> — Eau stagnante. Hauteur d'eau, 1 m. 80.
15°,1	16°,4	Puits français creusé dans une cuvette du plateau entre Chegga et le bordj de Saada. Hauteur d'eau, 0 m. 50.

DICE.

14°,4	9°,5	Les sources d'Ain-Massin sont dues à des nappes aquifères d'un très faible débit, renfermées dans les couches crétacées, presque horizontales, de la région. Elles affleurent à la partie inférieure de la vallée de l'Oued Mask (pl. XII, fig. 1 à 3). La première source est la principale; elle forme un bassin de 8 mètres sur 4 mètres; la température y a été prise à 0 m. 10 de profondeur; bien que trop basse pour permettre de juger de la vraie température des sources, c'est, des trois températures observées, celle qui s'en rapproche le plus.
13°,4	9°,2	
10°,4	9°,1	

ANNEXE III.

OBSERVATIONS SUR LES Puits INDIGÈNES,
LES SOURCES NATURELLES ET LES FEGGAGUIR
DE LA RÉGION D'EL-GOLÉA.

(Pl. VI, fig. 2.)

§ 1. Puits indigènes

NUMÉROS D'ORDRE.	DESIGNATION DES PUIITS.	EMPLACEMENT.	ALTITUDES (le camp étant supposé à la cote + 20)		
			DE L'ATCCH.	DU NIVEAU NORMAL de l'eau. (Février 1880.)	DU FOND du puits.
1	Mekerr'azin.....	Entre la Kasba à l'Est et le camp à l'Ouest..	18 ^m 07	12 ^m 25 (ou un peu plus).	8 ^m 74
2	Aïn Sbâ ⁽¹⁾	300 mètres au Sud du précédent.....	17 52	"	9 22
3	Timous.....	50 mètres au Sud-Ouest du précédent.....	15 23	11 01 (ou un peu plus).	8 73
4	Aïn Feïada ⁽¹⁾	100 mètres au Sud-Ouest du précédent.....	13 40	"	5 52
5	Aïn el-Garoub ou Aïn Zériga ⁽¹⁾	150 mètres au Sud du précédent.....	15 85	"	7 95
6	Ben-Gaoui.....	200 mètres au Nord-Ouest du précédent...	20 61	11 74	11 24
7	Djâfer.....	100 mètres à l'Ouest du précédent.....	22 78	11 23	8 88
8	Djenan-Aïssa.....	100 mètres au Sud-Ouest du précédent....	23 34	11 69	10 82
9	Petits puits d'El-Gara (annexe d'El-Goléa)...	3 kilom. 500 au Sud d'El-Goléa.....	"	"	"

(1) Ces trois puits sont reconnus comme artésiens, mais ils ne sont jaillissants que d'une manière intermittente, surtout le premier et le troisième. Le niveau de l'eau y est extrêmement variable; il varie non seulement avec les volumes d'eau qu'on en tire, mais encore, toutes choses égales d'ailleurs et épaisseur à part, avec les diverses époques de l'année. Toutefois les différences de niveau observées y semblent périodiques; les deux maxima de la courbe correspondent à la fin de l'automne et au printemps (mois d'avril): l'eau atteint alors la surface du sol et se répand dans les saguia d'écoulement qui partent des puits.

On s'expliquerait difficilement ces différences suivant les saisons par des variations correspondantes de pression et de débit de la nappe crétacée de la profondeur (à laquelle cependant est certainement dû le caractère artésien des puits en question). Le plus vraisemblable me semble être de les attribuer à un apport variable de la nappe supérieure d'infiltration des alluvions de la vallée d'El-Goléa.

D'EL-GOLÉA.

PROFON- DEUR.	DIAMÈTRE.	TEMPÉRA- TURE (°).	OBSERVATIONS.														
9 ^m 73	1 ^m 80	23°,4	Balancier double, avec <i>kalkhaz</i> , pour puiser l'eau. Deux auges, au niveau du sol environnant. Palier de manœuvre à 1 mètre en contre-bas.														
8 30	1 50	24°,0	Puits artésien. — Le niveau de l'eau n'atteignait pas la surface du sol en février 1880. On la puisait comme aux autres puits ordinaires. — Balancier double. Auge à 1 m. 50 en contre-bas du sol (qui est surélevé par rapport aux jardins environnants). Palier de manœuvre à 1 mètre en contre-bas de l'auge. — L'Ain Sbà déborde en hiver et au printemps et se répand dans les jardins voisins.														
6 50	"	22°,9	Balancier simple. Auge au niveau du sol environnant.														
7 88	2 ^m 10/2 ^m 30	22°,8	<p>Puits artésien. En février 1880, nous avons vu l'eau s'écouler naturellement par une petite rigole située au niveau du sol environnant, à la cote 12 m. 70; mais le débit jaillissant ainsi était très faible (10 litres environ par minute). — Dès qu'on puise, le niveau baisse et alors le puits sert à l'épuisement comme les autres; il fournit un fort débit vers 2 mètres de profondeur. — Balancier double. Auge à 0^m. 70 au-dessus du sol environnant. — Les expériences suivantes ont été faites sur la vitesse d'ascension de l'eau.</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">PROFONDEUR à partir de la rigole d'écoulement.</td> <td style="text-align: center;">ASCENSION du niveau de l'eau par heure.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3^m50</td> <td style="text-align: center;">..... 24 centimètres.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2 12</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 83</td> <td style="text-align: center;">..... 19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 58</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 40</td> <td style="text-align: center;">..... 7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 20</td> <td style="text-align: center;">.....</td> </tr> </table> <p>La température de 22°,8 résulte d'observations nombreuses, au fond, avec renouvellement continu de l'eau.</p>	PROFONDEUR à partir de la rigole d'écoulement.	ASCENSION du niveau de l'eau par heure.	3 ^m 50 24 centimètres.	2 12	0 83 19	0 58	0 40 7	0 20
PROFONDEUR à partir de la rigole d'écoulement.	ASCENSION du niveau de l'eau par heure.																
3 ^m 50 24 centimètres.																
2 12																
0 83 19																
0 58																
0 40 7																
0 20																
7 90	1 ^m 50	22°,6	Puits artésien. Le niveau de l'eau n'atteignait pas la surface du sol en février 1880. Balancier simple. Auge au niveau du sol environnant. — Le puits déborde en hiver et au printemps ⁽²⁾ .														
9 37	"	"	Puits tari et abandonné. Au fond, un peu d'eau stagnante, dont la température, le 23 février, était de 18°,6.														
13 90	"	22°,9	Poulié, avec <i>guerba</i> , pour puiser l'eau. Auge à 1 mètre en contre-haut du sol environnant.														
12 52	"	23°,2	Poulié. Auge à 1 m. 50 en contre-haut du sol environnant.														
4 00 (environ).	"	"	Plusieurs petits puits analogues. — A l'un d'eux, la température, le 20 février au matin, était de 12°,3 seulement; mais l'eau, en petit volume, avait été refroidie pendant la nuit, qui avait donné 1°,8 comme maximum.														

Ajoutons qu'il est fort possible que d'autres puits indigènes d'El-Goléa, considérés comme puits ordinaires, soient également de nature mixte, mais simplement ascendants.

Le fait est que les températures indiquées par le tableau ci-dessus ne font apparaître aucune distinction entre les divers puits indigènes d'El-Goléa.

⁽²⁾ La moyenne des températures ainsi observées aux puits indigènes d'El-Goléa est de 23°,1 : elle peut être considérée comme représentant à très peu près la température de la couche invariable.

⁽³⁾ En 1886, une forte crue de l'Oned Seggueur a enlevé une partie du jardin où se trouve l'Ain Zériga. Ce puits n'est plus qu'à quelques mètres du fossé creusé par l'inondation; son eau s'y perd et y forme une *sebkha* nauséabonde. (Renseignements ajoutés avant la publication.)

§ 2. SOURCES NATURELLES DU DJOUA D'EL-GOLÉA ET OBSERVATIONS DIVERSES.

(En grande partie d'après des renseignements dus à M. le lieutenant REIBELL⁽¹⁾.)

N ^o D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES SOURCES (DU NORD AU SUD).	EMPLACEMENT.	OBSERVATIONS.
1	Aïn el-Hadj-bou-Hass ou bou-Haous.	A 1 kil. 500 environ au Nord-Ouest du nou- veau bordj ⁽²⁾ (et à 2 kilomètres du bord gauche de la vallée).	<p>Son débit est encore en ce moment de 30 litres environ par minute. L'eau se perd dans le sol sablonneux du bas-fond et y forme une petite mare, de dimensions variables suivant les saisons. En été apparaît simplement un bouillon à la surface du sol. Actuellement la mare s'étend sur une longueur de près de 30 mètres, par suite des infiltrations produites par le voisinage du grand lac qui s'est formé autour du puits jaillissant français n^o 1 de la région d'El-Goléa (dit puits de Bel-Aid)⁽³⁾.</p> <p>Les eaux de la source de Sidi-el-Hadj-bou-Hass étaient autrefois amenées à la zaouïa du même nom, au pied septentrional du ksar d'El-Goléa, par une conduite de 2,500 mètres, en grande partie à ciel ouvert. La négligence des abid de la zaouïa, laissant la source sans soin, amena petit à petit la diminution de son débit. La conduite fut alors abandonnée. On n'en retrouve plus que des débris.</p>
2	Aïn bel-Aid.	A 300 mètres environ au Sud de la précé- dente.	<p>A côté du puits jaillissant français de Bel-Aid⁽⁴⁾ se trouvait une source naturelle de ce nom, qui sourdait au sommet d'une faible élévation de terrain, située au centre d'une dépression de forme circulaire, d'environ 700 mètres de circonférence. C'est l'espace actuellement envahi par les eaux du lac de Bel-Aid.</p> <p>Une pépinière communale avait été créée dans ce bas-fond. On y avait planté 350 jeunes palmiers et fait des essais de culture de vignes, figuiers, cotonniers, roseaux, trembles, éthel, fersig et tarfa; le tout a été détruit par l'eau. La pépinière avait été entourée d'un mur d'enceinte; lors de la construction de celui-ci, huit puisards avaient été creusés sur le pourtour de la dépression, afin de fournir l'eau aux travailleurs: l'eau y était apparue à un niveau inférieur de 3 mètres à celui de la source naturelle. Celle-ci était donc évidemment alimentée par une nappe différente de la nappe superficielle où plongeait l'extrémité des puisards (savoir par la nappe artésienne crétacée de la profondeur).</p>
3	Aïn Badriane.	Près du bordj, à 300 mètres à l'Ouest.	<p>Située dans un bas-fond de peu d'étendue, mais très nettement accusé. Elle sourd, au milieu de celui-ci, au sommet d'un petit monticule de sable. N'est même nécessaire de déblayer le sommet de ce monticule pour atteindre le bouillon de la source. Quand on lui a ainsi frayé sa voie, elle se déverse dans le bas-fond et y arrose les pieds de 6 beaux palmiers.</p> <p>Dans la même dépression, et à 30 mètres au Sud de la source, se trouve un puits ordinaire maçonné en pierres sèches, où le niveau de l'eau est à 2 m. 50 en contre-bas de celui auquel atteint l'eau de la source voisine. L'existence de ce puits conduit à la même conclusion que celle précédemment formulée à propos de l'Aïn bel-Aid: coexistence de deux nappes, l'une superficielle, l'autre artésienne. Dans la première plongent, comme des regards, les puits ordinaires maçonnés; la seconde se déverse à la surface du sol par les sources naturelles du djoua, avec une série de petits cônes de déjection.</p> <p>La source d'Aïn-Badriane était autrefois très abondante. Elle se déversait dans deux feggaguir, dont les vestiges se distinguent encore à la surface du sol et qui amenaient ses eaux dans la dépression située au pied du ksar. L'une de ces feggaguir allait directement vers le ksar; la seconde s'embranchait sur une autre foggara qui passait à peu de distance au Nord.</p> <p>Ces embranchements sont fréquents. Les indigènes les expliquent de la façon suivante: le constructeur de la foggara principale concédait aux gens de sa fraction de tribu le privilège de prendre une part d'eau au débouché de la conduite, à la condition qu'ils en augmentassent d'autant le débit par la construction d'une foggara secondaire, amenant à la foggara mère les eaux d'une source découverte à proximité et située en dehors du tracé de cette dernière. C'est le cas de l'Aïn Badriane par rapport à la foggara dont nous venons de parler.</p>

(1) Et ajoutés avant la publication. — (2) Lequel, ai-je dit, se trouve à 2,300 mètres environ à l'Ouest de l'ancienne Kasba. — (3) Voir ci-dessus au Post-scriptum. — (4) Ibid.

N ^o D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES SOURCES (DU NORD AU SUD).	EMPLACEMENT.	OBSERVATIONS.
4	Ain Tin-bou-Zid ou Sidi-bou-Zid.	A 50 mètres de la gara Tin-bou-Zid, vers l'Ouest.	Cette source était située dans les jardins actuels des Ouled Feredj. Mais il n'en reste plus aujourd'hui que le souvenir. Elle se déversait dans une foggara de quelques centaines de mètres, se terminant dans une dépression au Sud de la gara.
5	Sources d'Hassi-el-Gara ou d'El-Gara.	Au Nord, entre Sidi-bou-Zid et Hassi-el-Gara (autour de la petite oasis d'Hassi-el-Gara).	<p>Entre Sidi-bou-Zid et Hassi-el-Gara (pl. VI, fig. 2), on rencontre trois sources, fort peu importantes d'ailleurs : une simple flaque au fond d'une cuvette à peine accusée. Pendant l'été, il ne reste à la surface du sol qu'un peu d'argile durcie; pendant l'automne, l'eau commence à sourdre, la flaque se dessine; mais elle ne dépasse guère 1 mètre dans sa plus grande dimension. Parfois en hiver, pendant les années pluvieuses, il arrive qu'il y ait écoulement; mais c'est un phénomène exceptionnel.</p> <p>A Hassi-el-Gara, on rencontre d'autres sources, assez nombreuses, qui émergent autour de la petite oasis de ce nom, dont les jardins sont eux-mêmes groupés circulairement autour de la gara crétacée qui s'élève là dans la vallée de l'Oued Seggueur. Ces jardins sont irrigués au moyen d'une série de petits puits ordinaires⁽¹⁾. Le niveau de l'eau s'y trouve, en moyenne, à 4 mètres en contre-bas des sommets des petits tertres argileux où sourdent les sources du voisinage (ainsi que celles qui sont indiquées ci-après, au Sud d'Hassi-el-Gara). La nappe superficielle étant très peu profonde, les indigènes de la fraction des Ouled Feredj ont eu l'idée de pratiquer dans cette oasis des excavations de 0 m. 50 à 0 m. 80, en contre-bas de la surface naturelle, et d'y enfuir des graines de pastèques et de concombres, qui ont donné d'excellents fruits, grâce à l'humidité du sous-sol et sans aucun arrosage.</p> <p>Le puits jaillissant français n^o 3 de la région d'El-Goléa⁽²⁾ (dit puits d'Hassi-el-Gara) a été placé au pied même de la gara crétacée, sur une sorte de contrefort qui domine de 2 ou 3 mètres le terrain environnant. Son eau a ainsi une pente convenable et un écoulement facile. Des saguia maçonnées, en pierre et argile, la canalisent; la principale se dirige vers le Sud, pour rejoindre le thalweg de l'Oued Seggueur, bien marqué en cet endroit.</p>
6	Ain Fersig.....	A 1 kilomètre au Sud d'Hassi-el-Gara.	Tarie pendant l'été; nettoyée, a donné de l'eau en hiver. Débit, 10 litres. Sa flaque apparaît au pied d'un tamarix.
7	Ain Tademaïna (ou Ain Si-ben-Kassen de la fig. 2 de la pl. VI).	A 1,500 mètres au Sud d'Hassi-el-Gara.	<p>Forme en toute saison une flaque, à laquelle viennent s'abreuver les chameaux et les ânes que les Mouadhi laissent en liberté dans la haïcha avoisinante. Le débit est de 12 litres à la minute. Le bouillon apparaît au sommet d'un monticule, recouvert de sable, de 2 mètres de haut et 10 mètres de diamètre. En aucune saison, on ne voit l'eau couler au loin; elle se répand en minces filets, que le sable de la butte boit peu à peu. La température de la source, prise par moi, le 20 février 1880 au matin, à son bouillon, était de 23°,4.</p> <p>La nappe superficielle est de moins en moins profonde à mesure qu'on descend le thalweg de l'Oued Seggueur. Elle n'a plus que 2 m. 50 à 3 mètres de profondeur à 2 kilomètres au Sud d'Hassi-el-Gara.</p>
8	Ain el-Hadj-Brahim.	A 2,700 mètres au Sud-Est d'Hassi-el-Gara.	Comblée et abandonnée. Le tertre argileux qui en marque l'emplacement s'élève dans un terrain de sebka recouvert de cristaux de gypse.
9	Ain Tarfa.....	A 3 kilomètres au Sud d'Hassi-el-Gara.	<p>Présente deux orifices distants de 3 mètres, dont l'un se trouve au pied d'une énorme touffe de tarfa. Est complètement tarie pendant la saison chaude. Laisse échapper en hiver une boue verdâtre très épaisse.</p> <p>Cette sorte de boue argileuse apparaît alternativement auprès de chaque orifice. L'argile que l'un d'eux rejette s'accumule à l'extérieur et l'obstrue; pendant ce temps, l'argile accumulée auprès de l'autre orifice s'est desséchée, durcie, fendillée, et, par les fissures ainsi produites, la source retrouve une nouvelle issue : et ainsi de suite, alternativement, chaque orifice étant, tour à tour, humecté et à sec.</p>

(1) Voir le § 1 de la présente Annexe III. — (2) Voir ci-dessus au Post-scriptum.

N° D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES SOURCES (DU NORD AU SUD).	EMPLACEMENT.	OBSERVATIONS.
10	Aïn Deglet-Choucha.	A 3 kilomètres au Sud-Ouest d'Hassi-el-Gara (au milieu des dunes de l'Oudje).	<p>Ne coule plus. L'eau apparaît à fleur du sol, au centre d'une sorte de cirque, entouré de hautes dunes; le trou a environ 0 m. 30 de diamètre. L'humidité répandue dans tout le bas-fond entretient une centaine de fort beaux palmiers, qui ne sont jamais arrosés.</p> <p>Il y a ainsi, dans toute la partie appelée l'Oudje, une quantité de superbes palmiers, produisant des dattes excellentes, qui ne s'alimentent que par les infiltrations de la nappe artésienne. Au centre de ces cuvettes se trouve parfois un orifice de puits, qui laisse apparaître l'eau. Celle-ci ne se répand jamais à la surface du sol, par suite de l'absorption des sables; mais sa présence est nettement prouvée tant par l'existence des palmiers susmentionnés que par la création, dans cette partie de l'Erg, d'une foule de petits jardins, où poussent en été des concombres, des pastèques, etc.</p>
11	Aïn el-Assel	A 12 kilomètres au Sud-Ouest d'Hassi-el-Gara, sur la rive droite de la Sebkhah el-Melah.	<p>Son emplacement est indiqué par une petite dune de sable, surmontée d'un tarfa. A proximité, 6 palmiers, dont la possession est revendiquée par les <i>Khenafsa</i> du Gourara.</p> <p>Sur les rives de la Sebkhah el-Melah, il suffit de creuser le sol à 0 m. 50 pour trouver la nappe superficielle.</p>

§ 3. FEGGAGUIR DE LA RÉGION D'EL-GOLÉA.

(En grande partie d'après des renseignements dus à M. le lieutenant REIBELL⁽¹⁾.)

Une seule foggara, ai-je dit, est encore en activité dans la région d'El-Goléa, et c'est également la seule sur laquelle aient porté mes observations, pendant le court séjour de notre mission à El-Goléa. Mais M. le lieutenant Reibell a pu, depuis lors, relever dans les environs les traces de 9 autres feggaguir, aujourd'hui détruites.

Le mode d'établissement de ces feggaguir était extrêmement variable. Les unes comportaient une sorte de gaine souterraine, creusée petit à petit, au moyen d'une série de puits, et entièrement maçonnée. Les autres étaient établies dans une tranchée, que l'on refermait après y avoir construit, en pierre et tin (argile), un canal à section rectangulaire. D'autres enfin coulaient, sur une partie de leur trajet, à ciel ouvert.

Voici la série des 9 feggaguir reconnues :

1° *Foggara, dite Seguiet-Almatou*. — Prenait naissance à 5 kilomètres au Nord du Ksar. Recevait plusieurs feggaguir secondaires. Son développement total, avec ses divers embranchements, atteignait 10 kilomètres. Venait arroser le bas-fond situé au pied de Mégrounet-Sidi-Cheikh. Mais cette foggara est détruite depuis longtemps.

Depuis 1891, le puits jaillissant français n° 2 (dit *puits de Djenan-bel-Bachir*)⁽²⁾ a permis aux indigènes de reprendre, comme jadis, les cultures de ce côté, et actuellement, au printemps, tout le lit de l'Oued Seggueur au pied des Mégrounet est un vaste champ d'orge.

2° *Petite Foggara*. — Part du lieu où s'élevaient les maisons des Ouled Kaddour, pour aller arroser les terrains situés en amont du grand jardin de Sid-el-Hadj-bou-Haous.

3° *Foggara de l'Aïn el-Hadj-bou-Haous*. — Tracé parallèle et voisin du précédent. Aboutissait près du jardin de la zaouïa d'El-Hadj-bou-Haous, après un parcours de 2,500 mètres.

4° *Grande Foggara de l'Erg*. — Seule foggara encore en activité dans la région d'El-Goléa (pl. VI, fig. 1). — Traverse toute la vallée, pour aboutir à l'extrémité septentrionale du même jardin que les précédentes. Galerie souterraine, avec puits espacés de 30 à 40 mètres; près du débouché, sa pente est de 0 m. 004 par mètre, et sa profondeur sous la surface de 8 mètres environ. — Débit jaugé le 23 janvier 1880 : 32 litres par minute. — Température de l'eau (prise au débouché) : 21°, 7, la température de l'air étant de 18°, 4.

Cette foggara n'est pas entretenue; l'apathie de l'abid de la zaouïa des Ouled Sidi Cheikh amènera sa ruine complète à bref délai.

5° *Foggara* (complètement ruinée). — Partait d'un point non déterminé dans la vallée et aboutissait au pied même du Ksar.

6° *Foggara d'Aïn-Badriane*. — N'a que 1 kilomètre de développement et passe au pied même du nouveau bordj français. Aboutit, comme toutes les précédentes, dans l'oasis, au pied du Ksar.

7° et 8° *Deux petites feggaguir* (à peine visibles). — Aboutissaient en face d'Aïn-Fciada. Leur origine se trouvait dans la partie occidentale du djoua, entre le bordj et Tin-bou-Zid.

9° *Foggara de Ksar-Sidi-Belkacem*. — Isolée dans la vallée, à 3 kilomètres à l'Ouest du Ksar. Amenait les eaux de plusieurs sources du pied de l'Erg dans la petite oasis de Ksar-Sidi-Belkacem. Elle coulait probablement à ciel ouvert, sur la plus grande partie du trajet.

(1) Et ajoutés avant la publication.

(2) Voir ci-dessus au *Post-scriptum*.

ANNEXE IV.

OBSERVATIONS SUR LES BEHOUR ET CHRIA DE L'OUED RIR'.

(Pl. III et pl. XXIX, fig. 1.)

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES LOCALITÉS (DU SUD AU NORD).	DÉSIGNATION DES BEHOUR ET CHRIA.	DIMENSIONS		PROFONDEUR de LA NAPPE D'EAU.	DÉBIT EN LITRES PAR MINUTE ⁽²⁾ .	TEMPÉRATURES trouvées par Ville en avril.		TEMPÉRATURES trouvées par M. HOLLAND en mars et avril.		
			HORIZONTALES	de			Eau (au fond du bas- sin).	Air exté- rieur.	Eau (au fond du bas- sin).	Air exté- rieur.	Dates (1880).
			de LA NAPPE D'EAU.	LA NAPPE D'EAU.							
1	Plaine intermédiaire entre Ouargla et l'Oued Rir'.	Bahr Ramada ⁽¹⁾ (Pl. XVIII, fig. 6 et 7.)	40 ^m	3 à 4 ^m	Nul.	"	"	15°,6	17°,9	24 mars (matin).	
2	Temacin.....	Petit Bahr.....	500 ^m /200 ^m	3 à 4 ^m	Très variable.	20°,3	"	19°,4	26°,6	28 mars (après-midi).	
3		Grand Bahr.....	1,200 ^m /300 ^m	3 à 4 ^m	Idem.	"	"	14°,4	14°,0	29 mars (8 h. matin).	
4	Tougourt.....	Bahr Merdjadja....	2,000 ^m /300 ^m	Inconnue.	Nul.	21°,0	21°,66	17°,5	18°,4	1 ^{er} avril (matin).	
5	Tamerna-Djedida.....	Bar Rar'lan.....	35 ^m	4 à 5 ^m	Très faible.	"	"	21°,3	17°,2	4 avril (après-midi).	
6		Bahr el-Araïs.....	40 ^m	6 à 7 ^m	15 lit.	21°,0	19°,33	19°,4	17°,3	Idem.	
7	Tamerna-Khedima.....	Bahr Antsa.....	30 ^m	4 à 5 ^m	5 lit.	"	"	"	"	"	
8		Bahr Temrir.....	20 ^m	5 à 6 ^m	10 lit.	"	"	"	"	"	
9	Ayata.....	Chria Ayata ⁽²⁾ (Pl. XXIII, fig. 3.)	12 ^m	5 à 6 ^m	30 lit.	17°,0	17°,0	18°,0	22°,2	5 avril (matin).	
10	Djama.....	Bahr Tahit.....	15 ^m	4 à 5 ^m	5 lit.	"	"	"	"	"	
11		Bahr Dahs.....	25 ^m	5 à 6 ^m	15 lit.	"	"	"	"	"	
12	Tiguedidin.....	Bahr Zerga.....	45 ^m	7 à 8 ^m	40 lit.	"	"	"	"	"	
13	Ourlana.....	Bahr Ourlana.....	50 ^m	6 à 7 ^m	180 lit. ⁽⁴⁾	22°,0	12° 0	21°,7	25°,5	5 avril (après-midi).	
14		Bahr Tassegant....	35 ^m	4 à 5 ^m	380 lit. ⁽⁴⁾	22°,5	14°,0	24°,6	25°,4	Idem.	
15	Ourlana.....	Bahr Titellan.....	15 ^m	2 ^m	10 lit.	19°,5	15°,5	25°,4	25°,4	Idem.	
16		Barh Tamadatin...	15 ^m	3 ^m	Très faible.	"	"	"	"	"	
17	Mazer.....	Bahr Touinadatin..	40 ^m	4 à 5 ^m	5 lit.	"	"	21°,4	27°,0	Idem.	
18		Bahr Aia-Ba-Moussa.	50 ^m	5 à 6 ^m	720 lit. ⁽⁴⁾	22°,0	15°,5	22°,5	26°,5	Idem.	
19	Mazer.....	Bar el-Haouch....	50 ^m /20 ^m	1 ^m 5	1,680 lit. ⁽⁴⁾	21°,0	15°,5	24°,1	26°,5	Idem.	
20		Bar Ras-el-Ain....	5 ^m	1 ^m 5	"	"	"	"	"	"	
21	Entre Sidi-Khelil et Mraier.	Chria Kerma.....	1 ^m	1 ^m 5	Très faible.	24°,0	16°,5	21°,6	14°,4	8 avril (matin).	

(1) Bien que la présente Annexe soit consacrée aux behour et chria de l'Oued Rir' et que le Bahr Ramada soit situé plus au Sud, j'ai cru devoir mentionner ici ce bahr intéressant, sur lequel j'avais spécialement appelé l'attention dans ma *Géologie du Sahara* (2^e partie, chapitre I, § 2, p. 219).

(2) *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 3, I (p. 232).

(3) Le débit d'un bahr ou d'un chria varie naturellement avec l'évaporation de la nappe d'eau et, par suite, avec les saisons. Les chiffres indiqués proviennent de jaugeages faits en avril par Ville ou par M. Cornu, et peuvent être considérés comme représentant à peu près les débits annuels moyens, soit en 1861, soit actuellement. Mais les débits annuels moyens peuvent varier eux-mêmes par suite d'alternatives d'obstruction ou de dégagement des cheminées souterraines d'alimentation, comme contre-coup des forages voisins, etc.

TEMPÉRATURES TROUVÉES PAR M. J. CORNU						OBSERVATIONS.
EN JANVIER.			EN AVELL.			
Eau		Air	Eau		Air	
au fond du bassin.	à la sur- face du bassin.	exté- rieur.	au fond du bassin.	à la sur- face du bassin.	exté- rieur.	
"	"	"	"	"	"	Ce bahr est dû à un effondrement naturel du sol qui s'était produit, à la surface du plateau, six ou sept ans avant le passage de notre mission en 1880. En ce point, où régnait la plaine, se trouve aujourd'hui un entonnoir de 25 mètres de haut, et, au fond, une mare de 40 mètres de diamètre. — Eau très salée.
"	"	"	"	"	"	Petit bahr Nord-Sud près du village, au Sud-Est; grand bahr Est-Ouest, au milieu de l'oasis, à 1 kilomètre au Nord du village. Le petit bahr reçoit au Sud les eaux d'évacuation des jardins de la zaouia et du Sud de l'oasis; il s'écoule lui-même au Nord par un canal, qui se rend dans le grand bahr et débitait, le 28 mars, 4,800 litres par minute, ainsi que par une petite rigole, qui se jette dans le fossé d'enceinte du village et débitait le même jour 540 litres par minute. Le trop-plein du fossé et aussi toutes les eaux d'évacuation du Nord de l'oasis s'écoulaient également dans le grand bahr. — Eau du petit bahr très salée. Eau du grand bahr moins salée, mais plus que celle des puits. En été, le niveau baisse sensiblement dans ces behour, ainsi que dans le fossé, où il reste cependant 0 m. 50 d'eau; alors il n'y a presque plus d'écoulement d'un bahr dans l'autre.
"	"	"	"	"	"	Le plus grand bahr de l'Oued Rir', Nord-Est Sud-Ouest, à 7 kilomètres Sud-Sud-Ouest de Tougourt et 200 mètres du bord Sud de la sebkha de Coudiat-el-Koda. — Eau salée. L'hiver, l'eau est à 3 mètres environ en contre-haut de la sebkha voisine, vers laquelle il serait possible de dériver le trop-plein du bahr ⁽¹⁾ . En l'état, le bahr n'a pas d'écoulement.
10°,9	11°,0	11°,4	22°,2	23°,2	23°,7	Au milieu de l'oasis. Reçoit quelques eaux d'évacuation. N'a pas d'écoulement. Eau pas trop mauvaise. Le niveau baisse un peu en été.
11°,5	11°,1	10°,8	21°,3	21°,8	23°,2	A la limite des oasis de Tamerna-Djedida et de Tamerna-Khedima. Ne reçoit pas d'eau d'évacuation et a un léger écoulement vers les jardins. Eau moins bonne que celle des puits, mais potable.
11°,3	12°,9	11°,4	21°,8	23°,1	22°,6	Au Nord-Est du village. Son niveau ordinaire est assez bas. On arrose à l'aide d'un barrage qu'on enlève tous les trois jours, lorsque le niveau est assez haut.
11°,5	12°,8	11°,1	22°,4	21°,7	22°,8	A 200 mètres environ du précédent, dans la même direction et au bord de l'oasis.
10°,2	10°,2	9°,7	21°,2	22°,6	24°,2	Arrose un petit jardin à l'aide d'un barrage. Ce bahr est entouré d'une ceinture de palmiers, dont les racines plongent dans la nappe d'infiltration.
12°,1	18°,0	11°,9	21°,4	22°,2	23°,4	Au Sud-Ouest du village et sur le bord de l'oasis.
12°,3	19°,2	11°,8	21°,3	20°,8	21°,8	Au Nord-Ouest du village, sur le bord de l'oasis, à 40 mètres de la route de Biskra à Tougourt.
17°,8	15°,0	18°,3	22°,3	22°,0	22°,6	Tire son nom de la couleur verte de ses eaux. Beaucoup de poissons.
14°,6	12°,8	14°,8	22°,3	22°,4	23°,6	A la porte Est du village, en contre-bas du fossé d'enceinte. Écoulement vers l'Est. Reçoit l'eau de deux fossés d'évacuation, qui donnent au moins moitié du débit. Beaucoup de poissons.
18°,8	15°,0	18°,6	24°,0	24°,6	25°,2	A 30 mètres au Sud-Est du précédent et à 2 mètres en contre-haut. Eau meilleure que celle des puits. Écoulement vers l'Est. Ne reçoit aucune eau d'évacuation.
17°,4	14°,6	17°,0	25°,4	25°,2	25°,4	A 2 mètres à l'Ouest du précédent et à 0 m. 75 en contre-haut. Écoulement vers l'Ouest.
13°,3	14°,2	13°,8	"	"	"	Au Sud du village, au bord de terrains vagues; alimente par infiltration des palmiers plantés autour.
13°,9	18°,0	14°,4	22°,3	24°,7	27°,2	Au Sud-Ouest du village. Écoulement vers le Nord. Le niveau baisse pendant l'été.
17°,8	21°,1	18°,0	23°,1	24°,8	28°,4	A la porte Sud du village; en contre-bas d'au moins 2 mètres sur le précédent. Écoulement vers le Nord. Le niveau baisse pendant l'été.
21°,0	17°,3	21°,0	23°,6	25°,3	26°,8	A 2 mètres à l'Est du précédent et au même niveau. Allongé Nord-Sud, tête d'eau à la pointe Sud. Surface couverte de joncs. Écoulement important au Nord. Ne baisse pas de niveau pendant l'été. Eau de bonne qualité.
24°,0	20°,4	24°,0	24°,0	23°,4	27°,6	A l'extrémité Sud du précédent. Se déplace souvent et a un débit indépendant du Bahr el-Haouch, bien que leurs eaux se mélangent.
"	"	"	"	"	"	A 8 kilomètres Nord de Sidi-Khelil.

(1) D'après les jaugeages faits par Ville en 1861. Les jaugeages plus récents de M. Cornu donnent des chiffres fort différents : par exemple, 220 litres par minute pour le Bahr Ourlana, 60 litres seulement pour le Bahr Tassegant, et pas plus de 800 litres pour l'ensemble des trois Behour Ain-Ba-Moussa, El-Haouch et Ras-el-Ain.

(2) Voir ci-dessus ce qui a été dit à cet égard (*Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre I, § 3, p. 93).

APPENDICE STATISTIQUE.



ÉTATS STATISTIQUES
DES OASIS DU SAHARA ALGÉRIEN.

APPENDICE STATISTIQUE.

Dans un premier paragraphe, je présenterai un tableau d'ensemble des principaux groupes d'oasis du haut et du bas Sahara algérien, en 1882.

Dans un second paragraphe, je donnerai, d'après M. Jus, les états détaillés, en 1882, des oasis du bas Sahara algérien (Zibans, Souf, Oued Rir' et Ouargla).

Dans un troisième paragraphe, je reproduirai deux tableaux de M. Jus, où se trouvent indiquées approximativement la valeur et la production des mêmes oasis du bas Sahara.

D'après ces quelques données statistiques, on pourra déjà se rendre compte, dans une certaine mesure, de l'intérêt agricole des régions d'oasis que desservirait un chemin de fer allant de Biskra à Ouargla, traversant l'Oued Rir' dans toute sa longueur et passant à proximité du Souf, d'une part, et du Mzab, de l'autre. Ce sont là, en effet, les régions les plus importantes, tant comme oasis que comme habitants, du Sahara actuellement occupé ou administré par la France au Sud de l'Algérie.

Une semblable ligne, prolongeant de Biskra jusqu'à Ouargla le réseau des chemins de fer algériens, serait susceptible d'un trafic assez considérable, pour une ligne saharienne tout au moins, et même à n'envisager que les éléments locaux d'échange entre les régions desservies et le Tell algérien ou l'Europe. Les principaux éléments de ce trafic peuvent être résumés comme il suit :

1° *Marchandises à transporter vers le Nord.*

Dattes de l'Oued Rir', du Souf et d'Ouargla (dattes fines et dattes communes).

Laines.

Moutons.

2° *Marchandises à transporter vers le Sud.*

Céréales des hauts-plateaux et du Tell (blé, orge).

Denrées coloniales (sucre, café, épices).

Cotonnades, tissus de soie.

Autres articles usuels (savon, bougie, pétrole, huiles d'olive, etc.).

Matériaux de construction.

3° *Voyageurs.*

Voyageurs indigènes.

Touristes.

4° *Transports militaires.*

Comme tonnage de marchandises, les dattes et les céréales représentent évidemment les deux principaux éléments de trafic.

Pour ce qui est des dattes, on peut évaluer à un cinquième de la production, au maximum, ce qui est consommé sur place. Le reste est exporté vers le Nord : les dattes communes en Algérie; les dattes fines (*deglet nour*) en Algérie et en Europe. Il est à noter, d'ailleurs, que, depuis quelques années, de nombreuses plantations de palmiers ont été faites dans l'Oued Rir', dont la production et l'exportation en dattes sont en voie de progression notable.

D'autre part, le blé entre concurremment avec les dattes dans la consommation des Sahariens. Chaque année, de nombreuses caravanes du Sud et de l'extrême Sud vont chercher des céréales dans le Nord : par exemple, dans les régions de Biskra, de Khenchela, de Sétif, etc. Ce mouvement inverse est également en progression.

Avec un chemin de fer de Biskra à Ouargla, il n'est pas douteux qu'il y aurait augmentation croissante tant sur les exportations de dattes que sur les importations de céréales. En raison de l'abaissement considérable des frais de transport, le chemin de fer canaliserait les échanges et les développerait. Ainsi, une conséquence de la réduction notable du prix des céréales sur les marchés de Tougourt et d'Ouargla serait que les indigènes des oasis trouveraient avantage à échanger leurs dattes contre du blé dans de plus fortes proportions : ils exporteraient plus de dattes et amélioreraient leur nourriture en la variant et en consommant plus de blé.

Je ne m'arrêterai pas ici sur les autres éléments de trafic à escompter, bien que certains soient et surtout puissent devenir d'un réel intérêt avec le chemin de fer.

J'ajouterai seulement une indication pouvant permettre d'apprécier ce que serait le mouvement des voyageurs indigènes sur la ligne de Biskra-Ouargla⁽¹⁾ : c'est le chiffre des populations des régions desservies directement ou à proximité (Oued Rir', Souf, Mzab, Ouargla, Chaamba nomades, etc.). On peut estimer que cet ensemble de populations représente 80,000 habitants, en chiffres ronds. La population de l'Oued Rir' continue, d'ailleurs, à s'accroître rapidement.

Au contraire, un chemin de fer de Laghouat à El-Goléa serait à peu près dépourvu d'éléments de trafic local. La région qu'il traverserait, suivant le

⁽¹⁾ A en juger par la proportion des indigènes qui voyagent sur les lignes d'Algérie.

tracé étudié par notre mission, est éminemment ingrate au point de vue des conditions naturelles, sans production autre que le bétail élevé par les tribus nomades. Quant à El-Goléa, ce n'est qu'une petite oasis, isolée à l'extrême Sud du désert algérien, sans importance actuelle ni passé commercial.

Il est vrai que ce tracé de Laghouat à El-Goléa passerait à peu de distance de la chebka du Mzab, région qui fournirait à la ligne un certain trafic; mais le Mzab n'est pas et ne sera jamais, à proprement parler, un pays de production agricole, et, sauf les voyageurs, les éléments de trafic qu'il apporterait à un chemin de fer (que ce soit la ligne de Biskra-Ouargla ou celle de Laghouat-El Goléa) ne seraient pas considérables. « Ce que le Mzab a surtout de remarquable, c'est l'esprit industriel de ses habitants, c'est le génie commercial d'une race qui est arrivée à concentrer entre ses mains une grande partie des échanges entre le Tell et le Sahara. Où qu'on fasse un chemin de fer dans le Sud, on peut compter sur le concours de l'élément mzabite; mais c'est lui qui se déplacera, et il est inutile d'aller chez lui pour le trouver ⁽¹⁾. »

⁽¹⁾ G. Rolland. — Le chemin de fer de Biskra-Tougourt-Ouargla (Challamel, éditeur, 1888).

§ 1. TABLEAU D'ENSEMBLE DES PRINCIPAUX GROUPES D'OASIS
DU SAHARA ALGÉRIEN, EN 1882.

DIVISIONS PAR RÉGIONS NATURELLES.	DIVISIONS PAR PROVINCE.	DÉSIGNATION DES DIVERS GROUPES D'OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS en plein rapport ⁽¹⁾ .
Haut Sahara algérien.	Province d'Oran.	Cercle d'Ain-Sofra ⁽²⁾	23,260
		Cercle de Géryville.....	37,930
	Province d'Alger.	Laghouat et ksour de l'Oued M'zi... Cercle de Bou-Saada.....	29,445 9,303
		Mzab.....	194,514 ⁽³⁾
		Metlili.....	41,493
Intérieur du haut Sahara (du Nord au Sud).....	El-Goléa.....	6,000	
Bas Sahara algérien.	Province de Constantine.	Ouled-Djellal.....	74,101
		Zibans (avec les Sahari, les Ouled- Zian, les Beni-bou-Sliman et l'Ah- mar-Kaddou).....	820,161
		Djebel Chechar.....	17,352
	Province de Constantine.	Région de Négrine.....	13,145
		Souf.....	176,450
	Intérieur du bas Sahara (du Nord au Sud).....	Oued Rir'.....	517,297 ⁽⁴⁾
Province d'Alger.	Région d'Ouargla.....	446,300	

⁽¹⁾ A défaut de recensements spéciaux, ce tableau porte le nombre de palmiers payant l'impôt (nombre inférieur à la réalité).
⁽²⁾ A noter, plus à l'Ouest, l'oasis de Figuig, avec ses 137,600 palmiers.
⁽³⁾ D'après le recensement fait depuis l'annexion.
⁽⁴⁾ Depuis 1882, le nombre de palmiers de l'Oued Rir' a notablement augmenté : en 1890, le nombre des palmiers en rapport atteignait 630,512.

§ 2. ÉTATS STATISTIQUES DÉTAILLÉS DES OASIS DU BAS SAHARA ALGÉRIEN
(ZIBANS, SOUF, OUED RIR', OUARGLA), AU 1^{er} JUIN 1882 ⁽¹⁾.

I. ÉTAT DÉTAILLÉ DES OASIS DES ZIBANS (ET RÉGIONS AVOISINANTES DE LA LISIÈRE NORD
DU BAS SAHARA ALGÉRIEN), EN 1882.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS et en plein rapport.	MODE D'IRRIGATION			
			PAR SOURCE NATURELLE ⁽¹⁾ . Débit total en litres par minute. litres.	PAR RIVIÈRE. — NOMS DES RIVIÈRES.	PAR PUIS	
					ORDINAIRE à bascule.	ARTÉSIEN jaillissant.
SAHARI.						
1	M'doukal.....	15,676	1,800 ⁽²⁾	Puits à bascule.	„
2	El-Kantara.....	63,218	„	O. el-Kantara.	„	„
3	El-Outaya.....	620	„	O. el-Oulaya.	„	„
	A reporter.....	79,514	1,800			

⁽¹⁾ Pour les noms des sources du Zab occidental, central et oriental, voir les tableaux, pages 110, 122 et 131.
⁽²⁾ Sources thermales.

⁽¹⁾ Les tableaux ci-après ont été dressés par M. Jus pour le présent rapport; ils émanent de ses fréquentes visites dans les oasis et des renseignements qui lui ont été fournis. — Dans les Zibans, le Souf, l'Oued Rir', la région d'Ouargla, l'impôt comprend : 1° 0 fr. 35, y compris les centimes additionnels, par palmier en rapport, sans compter les jeunes plants (les autres cultures, telles que l'orge, la garance, etc., ne sont pas imposées); 2° 4 fr. 88 par chameau; 3° 0 fr. 255 par mouton; 4° 0 fr. 305 par chèvre.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS et en plein rapport.	MODE D'IRRIGATION				
			PAR SOURCE NATURELLE.	PAR RIVIÈRE.	PAR PUIITS		
			Débit total en litres par minute.	NOMS DES RIVIÈRES.	ORDINAIRE à bascule.	ARTÉSIEN jaillissant.	
	Report.....	79,514	litres. 1,800				
	OULED ZIAN.						
4	Branis.....	11,948	"	Oued Biskra.	"	"	"
5	Djemorah.....	70,411	1,700 ⁽¹⁾	Oued el-Abdi.	"	"	"
6	Beni-Souit.....	9,670	"	Idem.	"	"	"
7	Beni-Ferrah.....	23,795	1,800 ⁽²⁾	"	"	"
	ZAB CENTRAL.						
8	Biskra.....	82,940	13,000	Oued Biskra.	"	"	"
9	Filiach.....	17,684	⁽³⁾	Idem.	"	"	"
10	Chetma.....	13,119	4,200 ⁽⁴⁾	"	"	"
11	Droueu.....	4,243	700	.....	"	"	"
12	Sidi-Kbelil.....	300	800	.....	"	"	"
13	Touda.....	40	"	Oued el-Abiod.	"	"	"
14	Seriana.....	100	"	Idem.	"	"	"
15	Garta.....	2,727	⁽⁵⁾	Idem.	"	"	"
16	Sidi-Okba.....	59,348	"	Idem.	"	"	"
	ZAB OCCIDENTAL (NORD). (Zab Dahri.)						
17	Bou-Chagroum.....	19,828	6,400	.....	"	"	"
18	{ El-Meïda..... Zaatcha..... Lichana..... }	49,663 ⁽⁶⁾	22,020	.....	"	"	"
19	Farfar.....	21,845	3,900	.....	"	"	"
20	Tolga ⁽⁷⁾	67,078	7,700	.....	"	"	"
21	{ El-Bordj et Rassouta, El-Bachi, Sidi-Ramani..... }	30,731	11,100	.....	"	"	"
22	Foughala ⁽⁸⁾	23,500	120	{ O. Rummel, O. Cheracher, O. Renasseur, O. S'inarra. }	70 puits à bascule.	1 puits jaillissant.	
23	El-Amri ⁽⁹⁾	15,000	1,725	.....	120 puits à bascule.	4 puits jaillissants.	
24	Doucen ⁽¹⁰⁾	200	1,000	.....	"	"
	A reporter.....	603,284	75,965				

(1) Sources émergeant dans l'Oued el-Abdi.

(2) Aïn Chekaoui et autres petites sources naturelles.

(3) Sources naturelles.

(4) Sources thermales simples.

(5) Source naturelle.

(6) En 1848, après la prise de Zaatcha, 7,000 palmiers ont été coupés à cette oasis et 5,000 à Lichana.

(7) Une des plus belles oasis du Zab; l'irrigation est cependant insuffisante.

(8) Depuis l'insurrection d'El-Amri, en 1875, cette oasis appartient à MM. Fan, Fourreau et C^{ie}. Le débit indiqué pour l'irrigation est celui du ruisseau formé par la réunion des eaux de la source et du puits jaillissant.(9) 12,000 palmiers appartiennent à MM. Treille, Saladin et C^{ie}; 2,500 aux gens d'El-Amri qui n'ont pas pris part à l'insurrection de 1875; le reste à l'État. Le débit indiqué est celui du ruisseau formé par la réunion des 3 sources et des 4 premiers puits jaillissants; avec les nouveaux puits jaillissants forés en 1891, le débit total disponible à El-Amri a été porté à 3,825 litres par minute.

(10) Les palmiers plantés autour du grand bahr de Doucen ne reçoivent aucune irrigation.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS et en plein rapport.	MODE D'IRRIGATION			
			PAR SOURCE NATURELLE. Débit total en litres par minute.	PAR RIVIÈRE. NOMS DES RIVIÈRES.	PAR PUIITS	
					ORDINAIRE à bascule.	ARTÉSIEN jaillissant.
	Report.	603,284	litres. 75,965			
	ZAB OCCIDENTAL (SUD). (Zab Guebli.)					
25	Oumach ⁽¹⁾	29,140	11,600	.....	"	"
26	M'lili ⁽²⁾	24,013				
27	Zaouiet-M'lili	3,768				
28	Bigou.	21,484	42,000	Oued M'lili.	"	"
29	Zaouia.					
30	Menahla	7,669				
31	Ourlal.	46,630				
32	Ben-Thious.	13,350	1,000 ⁽³⁾	"	"
33	Mekhadma.	7,640	1,000 ⁽³⁾	"	"
34	Sahira.	12,530	3,000	Oued Farfar.	"	"
35	Livoua.	4,320	3,250	.....	"	"
	OULED-DJELLAL.					
36	Ouled-Djellal.	41,293	"	Oued Djeddi.	Puits à bascule.	"
37	Sidi-Khaled.	32,808	"	Idem.	Idem.	"
	ZAB ORIENTAL.					
38	El-Haouch	320	"	.....	Idem.	"
39	Sidi-Mohamed-Moussa	452	"	.....	Idem.	"
40	Zeribet-el-Oued.	264	"	Oued el-Arab.	"	"
41	Liana.	460	"	.....	"	"
	BENI-BOU-SLIMAN ET AHMAR- KADDOU.					
42	Labahl.	1,200	"	Oued el-Abiod.	"	"
43	Mehounech.	17,448	"	Idem.	"	"
44	Banian.	308	"	Idem.	"	"
45	Dissa.	3,460	"	Idem.	"	"
46	Rassira.	12,149	"	Idem.	"	"
47	Larich.	3,972	"	Idem.	"	"
48	Ksar.	62	"	Idem.	"	"
49	Tagbit.	28	"	Idem.	"	"
50	Si-Masmoudi.	5,810	"	Idem.	"	"
	DJEBEL-CHECHAR.					
51	Khanga-Sidi-Nadj.	10,442	"	Oued el-Arab.	"	"
52	Tebia-Ahmed.	3,606	"	Idem.	"	"
53	Ouldja.	892	"	Idem.	"	"
54	Kheiran.	760	"	Idem.	"	"
55	Djellal.	1,200	"	Idem.	"	"
56	Seriar.	"	"	Idem.	"	"
57	El-Amra.	452	"	Idem.	"	"
58	Zaouia.	"	"	Idem.	"	"
59	Taberdga.	"	"	Idem.	"	"
	TOTAUX.	911,614	139,815			

⁽¹⁾ Une des oasis du Zab les plus mal entretenues. Beaucoup de jardins sont abandonnés.

⁽²⁾ Le sol de cette oasis est très humide, avec mares croupissantes. Nombreux puits de 2 m. 50, où l'on puise avec des k'otarat.

⁽³⁾ Un tiers du débit de l'Aïn Kelbi est pour Lichana, un tiers pour Ben-Thious et un tiers pour Mekhadma.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS et en plein rapport.	MODE D'IRRIGATION			
			PAR SOURCE NATURELLE. Débit total en litres par minute. litres.	PAR RIVIÈRE. NOMS DES RIVIÈRES.	PAR PUIITS	
					ORDINAIRE à bascule.	ARTÉSIEN jaillissant.
ANNEXE.						
60	Chegga ⁽¹⁾	78	"	.....	.....	3 puits jaillissants ⁽²⁾ .
61	Ferkane ⁽³⁾	1,145	⁽⁴⁾	"	"
62	Négrine ⁽³⁾	12,000	800 ⁽⁵⁾	"	"

(1) Entre le Zab central et l'Oued Rir'.
 (2) Débit total = 655 litres par minute.
 (3) A l'extrémité orientale de la lisière Nord du bas Sahara algérien.
 (4) Sources semi-thermales.
 (5) Sources semi-thermales.

II. ÉTAT DÉTAILLÉ DES OASIS DE L'OUED RIR', APRÈS LA CAMPAGNE ARTÉSIENNE DE 1881-1882.

NUMÉROS D'ORDRE (1).	NOMS DES OASIS (2) DU NORD AU SUD PAR GROUPE.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS.		NOMBRE DE PUIITS JAILLISSANTS IRRIGUANT EFFECTIVEMENT.		NOMBRE DE BEHOIR IRRIGUANT EFFECTIVEMENT.	DÉBIT TOTAL DES EAUX d'irrigation en litres par minute. litres.
		Palmyers en plein rapport.	Jeunes palmiers (djebbar) de 1 à 6 ans.	Puits français tubés (3).	Puits indigènes.		
1	Oum-el-Thiour ⁽³⁾	455	"	2	"	"	100
2	Ouirir ⁽⁴⁾	1,617	1,780	1	"	"	4,000
3	Ensira.....	5,500	3,000	2	"	1	5,578
4	Mraïer ⁽⁵⁾	49,515	10,000	9	9	"	9,625
5	Dendouga ⁽⁶⁾	3,300	"	1	3	"	1,203
6	Sidi-Khelil ⁽⁷⁾	16,010	"	3	26	1	2,305
7	El-Berd ⁽⁸⁾	2,800	1,500	1	"	1	1,896
8	Tinedla.....	12,645	"	2	"	1	3,770
9	Zaouiet-Rihab.....	5,648	"	2	"	1	1,588
9 bis.	Mellaah.....	800	"	"	"	2	215
10	Mager ⁽⁹⁾	12,992	"	3	"	3	6,100
11	Chria-Saïah ⁽¹⁰⁾	"	4,000	1	"	"	3,000
12	Ourlana.....	21,500	8,000	3	"	4	10,062
13	Tala-em-Mouidi ⁽¹¹⁾	"	5,060	1	"	"	5,000
14	Coudiat-Sidi-Yahia ⁽¹²⁾	"	3,600	1	"	"	3,600
15	Ariana ⁽¹³⁾	3,000	2,000	1	"	"	3,477
	A reporter.....	135,782	37,940	33	38	14	61,529

(1) Le tableau de M. Jus, reproduit ci-dessus, à la page 56, porte également 42 oasis en 1890; il comprend en plus Chegga et en moins Bledet-Abmar et El-Goug; en outre, il tient compte de l'oasis d'Ayata, créée en 1884.
 (2) Ne sont pas mentionnés tous les sondages effectués, mais seulement ceux qui irriguent effectivement.
 (3) Oasis créée en 1857 pour essayer de fixer les nomades.
 (4) Oasis créée en 1882 par la Société agricole de Batna et du Sud algérien.
 (5) En voie d'agrandissement considérable.
 (6) Oasis actuelle recréée en 1862.
 (7) Manque d'irrigation.
 (8) Ancienne oasis envahie par les sables; oasis actuelle recréée en 1876.
 (9) En voie d'agrandissement considérable; recréée en partie en 1872.
 (10) Oasis créée en 1881 par la Compagnie de l'Oued Rir'.
 (11) Oasis créée en 1880 par le capitaine Ben Driss.
 (12) Oasis créée en 1882 par la Société agricole de Batna et du Sud algérien.
 (13) Oasis sauvée de la ruine en 1879.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS (DU NORD AU SUD) PAR GROUPE.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS.		NOMBRE DE PUIXS JAILLISSANTS IRRIGUANT EFFECTIVEMENT.		NOMBRE DE BEHOUR IRRIGUANT effectivement.	DÉBIT TOTAL DES EAUX d'irrigation en litres par minute. litres.
		Palmiers en plein rapport.	Jeunes palmiers (djembar) de 1 à 6 ans.	Puits français tubés.	Puits indigènes.		
	Report.....	135,782	37,940	33	38	14	61,529
16	Djama ⁽¹⁾	12,166	8,000	2	"	1	6,960
17	Tiguedidin.....	12,318	"	2	"	1	4,280
18	Sidi-Yahia ⁽²⁾	5,882	5,000	2	"	1	2,497
19	Sidi-Amram ⁽³⁾	12,043	5,000	2	"	1	7,750
19 bis	Ayata ⁽⁴⁾	180	"	"	"	1	"
20	Tamerna-Khedima ⁽⁵⁾	22,875	5,000	5	2	1	9,233
21	Tamerna-Djedida ⁽⁶⁾	26,000	3,000	5	"	"	10,380
22	Sidi-Rached ⁽⁷⁾	10,500	"	3	"	"	4,130
23	Bram ⁽⁸⁾	7,000	"	3	"	"	2,700
24	El-Harihira ⁽⁹⁾	8,500	"	4	1	"	2,527
25	Ghamra.....	11,000	"	2	1	"	3,526
25 bis	Tala ⁽¹⁰⁾	300	"	1	"	"	1,850
26	Remirema.....	3,600	"	1	"	"	1,200
27	Moggar.....	16,443	"	4	"	"	5,978
28	Sidi-Sliman.....	9,000	"	2	"	1	5,310
29	Bou-Rekhis ⁽¹¹⁾	1,200	"	1	1	"	1,510
30	El-Ksour.....	6,500	"	3	1	1	5,940
31	Meggarin-Khedima ⁽¹²⁾	4,490	"	"	3	"	1,145
32	Meggarin-Djedida ⁽¹³⁾	25,910	6,000	"	24	"	7,668
33	Zaouia.....	33,500	4,000	"	64	"	10,440
34	Schmourra ⁽¹⁴⁾	1,637	4,000	1	"	"	3,800
35	Tebesbest.....	16,347	6,000	3	60	"	12,400
36	Touggourt.....	66,000	5,000	3	71	"	13,500
37	Nezla.....	34,000	4,000	1	48	"	9,000
38	Coudial-el-Koda ⁽¹⁵⁾	3,000	"	"	14	"	1,988
39	Temacin.....	14,124	"	"	70	"	5,600
40	Tamelhath.....	9,000	"	1	41	"	3,870
41	Bledet-Ahmar.....	6,500	"	"	36	"	4,520
42	El-Goug.....	1,500	"	"	4	"	710
	TOTAUX.....	517,297	90,940	85	478	22	211,931 ⁽¹⁶⁾

(1) En voie d'agrandissement considérable.

(2) En voie d'agrandissement considérable.

(3) En voie d'agrandissement considérable.

(4) Oasis projetée par la Société agricole de Batna et du Sud algérien.

(5) En voie d'agrandissement.

(6) En voie d'agrandissement.

(7) Envahie par les sables.

(8) En voie d'agrandissement.

(9) Le nombre de palmiers a doublé depuis 1856.

(10) Culture de la garance.

(11) Cultures importantes de céréales.

(12) Une partie de l'oasis détruite lors de la prise de Touggourt.

(13) Oasis créée en 1857 après la prise de Touggourt.

(14) Oasis créée en 1875.

(15) Oasis créée en 1868.

(16) Le débit porté à la même date, pour la totalité des eaux de l'Oued Rir, sur le tableau graphique de la figure 2 (dans le texte) de mon *Hydrologie du Sahara* (page 57), débit qui, s'il tient compte du puits de Chegga, ne comprend pas ceux de Bledet-Ahmar et d'El-Goug) est un peu plus élevé (219,824 litres par minute). Cette légère différence s'explique par quelques variantes dans les appréciations des débits de certains puits.

III. ÉTAT DÉTAILLÉ DES OASIS DE L'OUED SOUF, EN 1875.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS (1).		NOMBRE DE PUIITS ORDINAIRES.	
		PALMIERS en plein rapport.	JEUNES PALMIERS de 1 à 3 ans.		
1	El-Oued.	Azigla.....	13,000	2,000	430
2		Ferdjane.....	2,700	"	90
3		Chebabla et Graffin.....	12,800	1,000	250
4		R'baia.....	8,500	500	690
5		Achach-Ouled-Djama.....	11,300	2,000	140
6		Ouled-Ahmed.....	8,700	300	230
7	Kouinin.....	21,000	2,000	700	
8	Tarzout.....	12,000	2,000	390	
9	Guemar.....	37,000	3,000	770	
10	El-Bihima.....	11,500	1,500	360	
11	Zgoum.....	15,000	1,500	472	
12	Debila.....	5,300	200	132	
13	Sidi-Aoun.....	1,650	"	60	
TOTAUX.....		160,450	16,000	4,114 (2)	

(1) Le nombre des palmiers en rapport payant l'impôt était, en 1875, de..... 154,350
 ne payant pas l'impôt, de..... 6,100
 djebars, environ..... 16,000
 TOTAL..... 176,450

Dans le § 3 ci-après, on admet qu'en 1883 les djebars étaient tous entrés en production.
 (2) En 1875, le nombre des puits était de..... 4,114
 En 1883..... 4,431

IV. ÉTAT DÉTAILLÉ DES OASIS DE LA RÉGION D'OUARGLA, EN 1870.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES OASIS.	NOMBRE DE PALMIERS IRRIGUÉS ou en plein rapport.	NOMBRE DE PUIITS JAILLISSANTS INDIGÈNES irriguant effectivement.	PUIITS ORDINAIRES INDIGÈNES (1).	DÉBIT TOTAL EN LITRES par minute.	
					litres.	
1	El-Hadjira.....	4,000	"	x	"	
2	Taïbet.....	2,500	"	x	"	
3	Taïbin.....	700	"	x	"	
4	El-Atia.....	600	"	x	"	
5	Negoussa (2).....	30,000	37	x	3,850	
6	Ouargla.	Ba-Mendil.....	5,000	"	"	
7		Onargla (3).....	250,000	180	x	20,790
8		Adjadja (3).....	74,000	66	x	15,500
9		Chott (3).....	70,000	70	x	14,000
10		Rouissat (3).....	2,500	"	x	"
11	Sidi-Khouilet.....	6,000	"	x	"	
TOTAUX.....		446,300	353	x	54,140	

(1) Le signe x indique l'existence d'un nombre de puits ordinaires non exactement connu.
 (2) Les derniers recensements (notes sur le pays d'ouargla et sur les sondages opérés dans ses oasis de 1883 à 1888, Alger, 1889) indiquent pour Negoussa et pour Ouargla (proprement dit), Adjadja, Chott et Rouissat :

ANNÉES.	NOMBRE de PALMIERS IRRIGUÉS.	PUIITS JAILLISSANTS INDIGÈNES irriguant effectivement.		SONDAGES FRANÇAIS.			
		Nombre.	Débit en litres par minute.	Nombre.	PUIITS JAILLISSANTS. Nombre.	DÉBIT en litres par minute.	PUIITS ASCENDANTS.
En 1888.....	387,680	243	27,128	39	28	6,145	3
Au lieu de, en 1870.....	423,500	353	54,140	"	"	"	"

Ainsi que je l'ai dit dans mon *Hydrologie du Sahara* (note 2 de la page 62), ces différences tiennent sans doute, d'abord, à des erreurs dans les recensements et les jaugeages, en 1870, et, ensuite, à la diminution réelle du nombre des puits et de leur débit, ainsi que du nombre des palmiers irrigués. A Negoussa cependant, les recensements de 1870 et de 1883 sont sensiblement concordants.

§ 3. VALEUR ET PRODUCTION DES OASIS DU BAS SAHARA ALGÉRIEN (ZIBANS, OUED RIR', SOUF ET RÉGION D'OUARGLA), EN 1883.

(D'après M. Jus ⁽¹⁾.)

I. VALEUR DES OASIS COMPRISSES DANS LES RÉGIONS DES ZIBANS, DE L'OUED RIR', DE L'OUED SOUF ET D'OUARGLA.

NOMS DES RÉGIONS.	NOMBRE DE MAISONS.	NOMBRE DE PALMIERS-DATTIERS.	NOMBRE D'ARBRES FRUITIERS.	NOMBRE DE FRUITS ARTÉSIENS français.	NOMBRE DE PUIES ARTÉSIENS indigènes.	NOMBRE DE PUIES ORDINAIRES à basecule.	VALEUR DE CHAQUE CATÉGORIE.
							francs.
Sahari, Ouled-Zian, Zab central, occidental et oriental, Ouled-Djellal, Beni-bou-Sliman, Ahmar-Kaddou, Djebel-Chechar ⁽¹⁾	8,360	918,252	500,000	Sources.			1,508,036 4,591,260 500,000 Mémoire.
Oued Rir' ⁽²⁾	2,878	591,045	98,000	97	427		432,000 5,910,450 98,000 679,000 459,000
Oued Souf.....	2,769	176,450	50,000				505,000 2,540,000 50,000
De Temacin à Ouargla ⁽³⁾	1,083	454,306	160,000			4,431	44,310 150,800 2,171,230 160,000 592,500 18,500
TOTAUX.....	15,090	2,140,053	808,000	97	822	5,031	20,410,086

⁽¹⁾ Sans Chegga, sans Ferkane et Négrine.
⁽²⁾ Avec Chegga au Nord et jusqu'à Temacin au Sud, sans Bledet-Ahmar et El-Goug. (Divergences déjà signalées entre mes états statistiques et ceux de M. Jus.)
⁽³⁾ Avec Bledet-Ahmar et El-Goug. (Même observation.)

II. RAPPORT MOYEN DES OASIS COMPRISSES DANS LES RÉGIONS DES ZIBANS, DE L'OUED RIR', DE L'OUED SOUF ET D'OUARGLA.

(PRODUCTION ANNUELLE.)

1° Dattes.

NOMS DES RÉGIONS.	NOMBRE D'OASIS de CHAQUE RÉGION.	NOMBRE DE PALMIERS de chaque région.	RAPPORT MOYEN DES PALMIERS en kilogrammes.	VALEUR du KILOGRAMME DE FRUITS sur pied.	TOTAL DU RAPPORT EN DATTES de chaque région.
1° Sahari, Ouled-Zian, Zab central, occidental et oriental, Ouled-Djellal, Beni-bou-Sliman, Ahmar-Kaddou, Djebel Chechar ⁽¹⁾ ...	59	918,252	13,773,780	0 30	4,132,134 00
2° Oued-Rir' ⁽²⁾	40	591,045	7,500,000	0 35	2,625,000 00
3° Oued Souf.....	14	176,450	3,176,100	0 50	1,588,050 00
4° De Temacin à Ouargla ⁽³⁾	13	454,306	6,814,690	0 35	2,285,106 50
TOTAUX.....	126	2,140,053	31,264,570	.....	10,630,290 50

⁽¹⁾ Sans Chegga, sans Ferkane et Négrine.
⁽²⁾ Avec Chegga au Nord et jusqu'à Temacin au Sud, sans Bledet-Ahmar et El-Goug.
⁽³⁾ Avec Bledet-Ahmar et El-Goug.

⁽¹⁾ A. Jus. — Les oasis de l'Oued Rir' en 1856 et en 1883 (Challamel, éditeur, 1884).

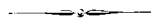
2° Blé, orge, fruits, légumes, garance, etc.

NOMS DES RÉGIONS.	NOMBRE D'HECTOLITRES de blé.	NOMBRE D'HECTOLITRES d'orge.	FRUITS, LÉGUMES, GARANCE, TABAC, etc.	VALEUR DU RAPPORT de chaque CATÉGORIE.	TOTAL DU RAPPORT DE CHAQUE CATÉGORIE.
	hectolitres.	hectolitres.		francs.	francs.
1° Sahari, Ouled-Zian, Zab central, occidental et oriental, Ouled- Djellal, Beni-hou-Sliman, Ah- mar-Kaddou, Djebel-Chechar ⁽¹⁾ .	21,409	38,664	..... ..... Mémoire.	428,180 386,640 900,000	1,714,820
	300	.....	.....	9,000	
2° Oued Rir' ⁽²⁾	3,000	..... Mémoire.	30,000 160,000	199,000
	"	
3° Oued Souf.....	.....	1,000	..... Mémoire.	10,000 100,000	110,000
	"	
4° De Temacin à Ouargla ⁽³⁾	1,500	..... Mémoire.	15,000 300,000	315,000
	
TOTAUX.....	21,709	44,164	Mémoire.	2,338,820	2,338,820

TOTAL GÉNÉRAL de la production annuelle. 12,969,110 francs.

(1), (2) et (3) Mêmes observations.

APPENDICE MÉTÉOROLOGIQUE.



**CONTRIBUTION
À LA CONNAISSANCE DU CLIMAT SAHARIEN.**

CONTRIBUTION
À LA CONNAISSANCE DU CLIMAT SAHARIEN.

Des observations météorologiques assez complètes, dont on trouvera ci-après les tableaux détaillés, ont été faites par moi avec le concours de M. le garde-mines principal Jourdan, pendant toute la durée de la mission⁽¹⁾.

L'hiver de 1879-1880, exceptionnellement rigoureux en Europe, ainsi qu'en Algérie, a été au Sahara pluvieux et presque froid. La période météorologique dont mes observations rendent compte doit être considérée comme correspondant, non pas à un exemple normal, mais à un cas singulier de la climatologie du désert.

Grâce aux facilités de transport dont nous disposions, j'ai pu me placer dans des conditions de précision nouvelles au Sahara, du moins dans les régions que nous avons abordées.

Je m'étais pourvu d'un abri à double toit (modèle de Montsouris), en bois, démontable (voir ci-après la figure 5 dans le texte). J'avais un assortiment complet de thermomètres, frondes, secs, mouillés, hypsométriques, construits par Baudin, ainsi que des appareils pour mesurer la pluie, l'évaporation, l'ozone. Nous avons dû renoncer au baromètre à mercure, comme exigeant des soins incompatibles avec ce genre d'exploration lointaine et rapide, et nous sommes contents de baromètres holostériques construits par Naudet.

Mes observations météorologiques, forcément sommaires pendant les étapes, ont été faites régulièrement, comme dans les stations fixes, à la plupart des arrêts et, en particulier, aux séjours de la caravane.

L'itinéraire comprend 1,250 kilomètres. La durée de la mission a été de quatre-vingt-onze jours.

Nos principales haltes ont été : Laghouat, Zebbacha, El-Goléa, Ouargla, Tougourt, Biskra.

⁽¹⁾ Cette notice a été présentée par M. Renou à la *Société météorologique de France* et insérée, sauf les tableaux, dans l'Annuaire de la Société (t. XXIX, 1^{er} trimestre, 2^e fascicule).

NOMS.	DATES.	LATITUDES.	LONGITUDES.	ALTITUDES.
Laghouat.....	Départ le 17 janvier...	33° 48' 1",8 ⁽¹⁾	0° 32' 32",3 ⁽¹⁾	746
Zebbacha (Puits).....	Du 26 au 30 janvier...	32 54 24	0 40 1	712
El-Goléa (Casbah).....	Du 18 au 24 février...	30 34 49	0 33 45	443
Ouargla (Minaret Sud)..	Du 10 au 18 mars.....	31 57 36	2 59 18	161
Tougourt (Minaret)...	Du 30 mars au 2 avril..	33 6 55	3 44 9	89
Biskra.....	Arrivée le 16 avril.....	34 51 13,8 ⁽¹⁾	3 23 15,4 ⁽¹⁾	123

⁽¹⁾ État-Major.

Les latitudes et longitudes ont été déterminées par M. Barois, qui disposait d'un théodolite, d'un sextant, de deux chronomètres et d'un compteur de la marine, etc. Les altitudes ont été obtenues par M. Barois au moyen de nos observations barométriques et hypsométriques, ainsi qu'à l'aide des courbes quotidiennes de pression au niveau de la mer.

Au début du voyage, les nuits, et même les journées, étaient froides. Le minimum est descendu à $-4^{\circ},7$ le 18 janvier; il a été constamment au-dessous de zéro jusqu'au 27 janvier, et plusieurs fois après cette date. Du 17 au 29 janvier, la moyenne des températures — à 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir — a été de $5^{\circ},9$ seulement, et le maximum — qui le 28 janvier ne s'est pas élevé au-dessus de 7 degrés — n'a été en moyenne que de $13^{\circ},7$.

Vers la fin de la mission, nous avons eu quelques chaleurs, mais fort modérées. Du 30 mars au 16 avril, la moyenne des températures — à 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir — a été de $19^{\circ},8$, et le maximum — qui s'est élevé le 13 avril à $31^{\circ},1$, température la plus haute que nous ayons eu à subir — a été en moyenne de $26^{\circ},4$. L'écart de température entre le jour et la nuit était fort modéré; le minimum, qui s'est abaissé le 11 avril à 14 degrés, a été en moyenne de $7^{\circ},5$.

En résumé, pendant toute la durée du 17 janvier au 16 avril, les moyennes générales ont été pour le minimum $5^{\circ},4$, pour le maximum 21 degrés, et pour les températures (à 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir), $14^{\circ},1$.

Cet état de température vraiment extraordinaire au Sahara, même à l'époque de l'année dont il s'agit, doit être attribué à l'action de beaucoup prédominante des vents du Nord-Est et du Nord, qui venaient d'Europe, où régnait un froid exceptionnel, et amenaient une quantité de nuages inusitée au désert. En chiffres ronds, sur six observations, le vent de Nord-Est a été noté deux fois, et le vent du Nord une fois; ils ont soufflé constamment pendant certaines périodes, souvent avec force. Pendant la seconde quinzaine de mars et la première d'avril, les vents du Sud-Est et de l'Est sont devenus plus fréquents.

Sauf certaines périodes calmes, comme du 18 au 23 février et du 10 au

17 mars, l'atmosphère était assez agitée, et la force du vent, notée de 0 à 7, a été en moyenne de 1,5. A deux reprises, nous avons eu à essuyer des vents extrêmement violents : le vent du Nord, dans la nuit du 11 au 12 février (il était encore fort le lendemain et rendit très pénible la traversée des dunes de l'Oued Sidi-Ahmed); le vent d'Est, du 21 mars au matin jusqu'au 22 au soir (il soulevait, le sol étant formé de sables et de graviers, une poussière qui empêchait de voir à 50 mètres et des petits cailloux qui fouettaient le visage). Ces brouillards de sable ont été assez fréquents; dans l'après-midi du 12 février, les matières fines en suspension donnaient à l'air une teinte opaline et laiteuse tout à fait spéciale.

Nous avons rarement vu le beau ciel du Sahara, pur et bleu indigo. Le soleil était souvent obscurci par les nuages. Les cumulus dominaient, se pressant parfois et arrivant à former un voile épais, sombre et bas, et même se résolvant en pluie.

Ce temps absolument couvert a duré des jours entiers; du 24 février au 9 mars, la nébulosité, notée de 0 à 10, n'a pas été, en moyenne, inférieure à 7,6. La moyenne générale, pendant tout le voyage, est de 3,8.

La pluie est au Sahara un phénomène irrégulier, pour ainsi dire accidentel, plutôt rare et ne se produisant même parfois qu'à des intervalles de plus de dix ans; quand elle tombe, c'est souvent à torrent et quelques heures seulement. Somme toute, et en prenant la moyenne de plusieurs années, M. Léon Teisserenc de Bort — qui est, comme on sait, un météorologiste distingué, ayant fait du climat saharien une étude spéciale — estime qu'il tombe dans le Sahara algérien 120 millimètres d'eau par an : c'est fort peu assurément, mais c'est plus cependant qu'on n'était porté à supposer. Certaines années, d'ailleurs, il peut tomber au Sahara jusqu'au double de cette hauteur d'eau; mais il arrive aussi qu'il y en tombe moitié moins⁽¹⁾.

Lors du voyage de notre mission, il venait de régner au Sahara algérien une sécheresse presque ininterrompue de plusieurs années : les puits du désert manquaient d'eau, ou à peu près; les plateaux calcaires étaient particulièrement stériles et nus, surtout dans l'extrême Sud; les dunes n'avaient plus à leur pied la végétation spontanée sur laquelle comptent les caravanes; les pâturages de l'Oued Mya ne justifiaient guère leur réputation, même auprès des indigènes. Enfin, l'hiver 1879-1880, il a plu au Sahara. Mes observations relatent la pluie plus d'un jour sur trois; mais habituellement ce n'étaient que des orages, pour ainsi dire, secs : il tombait quelques larges gouttes d'eau, et les nuages amoncelés s'évanouissaient peu à peu.

Cependant, à plusieurs reprises, nous avons eu de vraies pluies, la plupart comparables à celles de nos pays, certaines fines et persistantes.

Dans la journée du 28 janvier, à Zebbacha, j'ai mesuré 16 millim. 3 de pluie,

⁽¹⁾ Voir, à la *Note supplémentaire* du présent Appendice, les observations de 1889, 1890 et 1891, à Ayata, dans l'Oued Rir', qui donnent, pour ces trois années, une moyenne de 135 millimètres de pluie par an.

plus 0 millim. 5 dans la nuit suivante; la hauteur maxima tombée en une heure a été de 2 millim. 7. D'après renseignements, il est tombé, dans les derniers jours de janvier et les premiers de février, beaucoup d'eau dans toute la contrée environnante : au Nord, jusqu'à Laghouat et la lisière méridionale de l'Atlas; à l'Ouest, du côté d'El-Menia; à l'Est, à Berrian et dans le Nord du Mزاب; au Sud, au Chaïb-Rassou, à Aïn-Massin, etc.; plus au Sud, il n'aurait guère plu. Le 1^{er} février, en arrivant à Aïn-Massin, nous avons encore trouvé le long du ruisseau, presque toujours à sec, de la vallée, d'abondantes flaques d'eau, ou *ghedir*, où nous pûmes remplir d'une eau excellente plus de la moitié de nos cinquante tonneaux. Le 3 février, je mentionnerai une pluie avec grêle. A la même époque, il paraît qu'il a beaucoup plu également dans la région d'Ouargla.

Dans la nuit du 7 au 8 mars, avant Ouargla, il est tombé 11 millim. 4 d'eau. Enfin je citerai la pluie de l'après-midi du 15 avril, près Biskra : hauteur totale, 13 millim. 1; hauteur maxima en une heure, 2 millim. 9.

J'ai constaté deux fois, le 30 janvier au matin et le 3 avril, le phénomène de gouttes de pluie par un temps clair. A plusieurs reprises, nous avons eu de fortes rosées.

On comprend, d'après ce qui précède, que l'air ait été plusieurs fois saturé de vapeur d'eau, ou à peu près. Rarement il s'est montré aussi sec qu'il l'est ordinairement au désert. Néanmoins il nous est arrivé de voir le phénomène, commun au Sahara, d'étincelles électriques, dégagées par un burnous qu'on secoue ou par la queue d'un cheval qui s'agite. L'humidité relative est descendue jusqu'à 6, le 23 février à 1 heure du soir et le 13 avril à 6 heures du soir.

C'est à cette dernière observation que la différence des thermomètres sec et mouillé a été la plus grande, savoir de 14^o,3; mais, en général, elle était bien moindre. L'évaporation en vingt-quatre heures a oscillé entre 2 millim. 1, le 28 janvier, et 12 millimètres, le 30 mars — sauf un cas exceptionnel, le 20 mars, où le vent d'Est déjà signalé a provoqué une évaporation supérieure à 25 millimètres.

Pour mémoire : mirages, halos, tonnerre, éclairs, etc.

Le tableau suivant (page 334) donne le résumé général de mes observations météorologiques au Sahara pendant les mois de janvier, février, mars et avril 1880.

Ces observations météorologiques, je le répète, ne permettent pas de juger des conditions normales et moyennes du climat saharien.

On se rendra mieux compte de celles-ci d'après les observations que j'ai fait entreprendre ultérieurement, d'une manière suivie, à l'oasis française d'Ayata, dans l'Oued Rir', et dont on trouvera ci-après les principaux résultats à la *Note supplémentaire* du présent Appendice.

La sécheresse, voilà surtout ce qui caractérise le climat actuel du Sahara, comme je l'ai fait remarquer à plusieurs reprises au cours des rapports précé-

dents⁽¹⁾. Dans toute la zone de déserts qui s'étend, depuis les hauts plateaux de l'Asie jusqu'aux îles du Cap-Vert, en plein océan Atlantique, la pluie est un phénomène accidentel, tandis que les régions tempérées situées au Nord et les régions tropicales situées au Sud sont dotées de pluies annuelles et périodiques.

A quoi tient l'existence de cette grande zone désertique de l'hémisphère boréal? Est-elle due, ainsi que M. Pomel en a émis l'hypothèse⁽²⁾, à un grand courant atmosphérique, alisé et sec, qui, du centre de l'Asie, s'écoulerait vers l'Ouest, en se rapprochant constamment de l'équateur, jusqu'à l'océan Atlantique? Il y a sans doute une part de vérité dans cette explication, qui, jusqu'ici, a été assez généralement admise; néanmoins la question semble plus complexe.

On admet aussi, d'après des observations qui demanderaient à être précisées, que les vents dominants au Sahara viennent de l'Est et du Sud. M. J. Tissot ajoutait que les vents relativement irréguliers qui soufflent du Sud, transversalement au courant régulier de l'Est, peuvent « reporter jusque sur le Tell algérien les circonstances du climat saharien proprement dit, en les exagérant encore⁽³⁾ ».

Quoi qu'il en soit exactement à cet égard, je rappellerai ici ce que j'ai démontré à propos des grandes dunes de sable⁽⁴⁾, savoir que la *résultante mécanique* des vents du Sahara algérien — en tenant compte non seulement de leur fréquence et de leur direction, mais encore de leur force — est dirigée, en général, du Nord-Ouest au Sud-Est. Autrement dit, les vents *les plus forts* sont ceux de l'Ouest et du Nord : ils seraient inverses des vents *dominants*.

Le climat du Sahara a-t-il changé depuis les temps historiques? Dans son ouvrage sur *le Sahara*, M. Pomel examine la question et répond que non ou presque pas. Il fait bonne justice des légendes et des traditions présentant un Sahara merveilleux, couvert de cultures, sillonné de cours d'eau, etc. Il conclut que « l'état de choses actuel remonte aux temps préhistoriques et que la constitution désertique du Sahara date de la fin des temps quaternaires, depuis lesquels il ne s'est produit que des modifications insignifiantes ».

Les raisons données par M. Pomel semblent probantes, et je partagerais sa conclusion si elle n'était aussi absolue. Le climat saharien doit, en effet, avoir toujours existé dans ses traits généraux et caractéristiques, depuis les temps historiques; mais il paraît bien avoir subi une progression sensible, dans la voie du dessèchement, depuis l'époque romaine tout au moins, et surtout depuis l'invasion des nomades. Le Sahara, si ingrat qu'il ait toujours été, est de plus en plus pauvre en pluie, en sources, en végétation et en habitants.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 3^e partie, § 4; 5^e partie, § 2; etc. — *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 9; etc.

⁽²⁾ A. Pomel. — *Le Sahara*, 1872.

⁽³⁾ Note signalée ci-après.

⁽⁴⁾ *Géologie du Sahara*, 3^e partie, § 7.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES AU SAHARA PAR M. G. ROLLAND,

Désignation des périodes.....	1	2	3	4	5	
Dates.....	Du 17 au 25 janvier.	Du 26 au 29 janvier.	Du 30 janvier au 9 février.	Du 10 au 17 février.	Du 18 au 23 février.	
Nombre de jours.....	9	4	11	8	6	
Localités.....	De Laghouat à Zebbacha.	Zebbacha. (Séjour.)	De Zebbacha à Hassi-Charef.	D'Hassi-Charef à El-Goléa.	El-Goléa. (Séjour.)	
Latitudes.....	33° 48' 2" 32 54 24	32° 54' 24"	32° 54' 24" 31 38 17	31° 38' 17" 30 34 49	30° 34' 49"	
Altitudes (aux camps).....	739 ^m 712	712 ^m	712 ^m 408	408 ^m 383	383 ^m	
Température.	Minimum absolu.....	-4°,7 le 18 janv.	-4°,3 le 26 janv.	-1°,7 le 8 février.	-2° le 15 février.	1°,8 le 20 février.
	Moyenne des minima...	-3°,3	0°,8	2°,6	3°,1	5°,3
	Maximum absolu.....	18°,4 le 20 janv.	13° le 26 janv.	17°,4 le 8 février.	24°,9 le 10 février.	24°,5 le 23 février.
	Moyenne des maxima...	14°,8	11°,2	16°,0	19°,7	22°,09
Moyenne gén ^{le} (Fronde, 7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.)..	5°,9	5°,8	9°,3	11°,4	15°,1	
Tension de la vapeur.	Minima.....	1 ^{mm} le 17 janv., 7 ^h matin.	2 ^{mm} ,3 le 27 janv., 7 ^h matin.	2 ^{mm} ,6 le 8 janv., 7 ^h soir.	2 ^{mm} ,6 le 10 février, 7 ^h 15 soir.	1 ^{mm} ,2 le 23 février, 8 ^h soir.
	Maxima.....	5 ^{mm} ,2 le 22 janv., 7 ^h soir.	6 ^{mm} ,4 le 28 janv., 4 ^h soir.	7 ^{mm} ,8 le 2 février, 7 ^h matin.	5 ^{mm} ,6 le 13 février, 7 ^h soir.	5 ^{mm} ,6 le 20 février, 7 ^h matin.
	Moyenne (7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.).....	"	4 ^{mm} ,5	"	"	2 ^{mm} ,9
Humidité relative.	Minima.....	19 le 19 janvier, 7 ^h soir.	31 le 26 janvier, 1 ^h soir.	20 le 9 février, 1 ^h soir.	18 le 10 février, 7 ^h 45 soir.	6 le 23 février, 1 ^h soir.
	Maxima.....	94 le 25 janvier, 7 ^h matin.	93 le 28 janvier, 7 ^h soir.	94 les 2 fév. 7 ^h m. et 4 fév. 7 ^h m.	74 le 14 février, 6 ^h 30 matin.	74 le 20 février, 7 ^h matin.
	Moyenne (7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.).....	"	65	"	"	25
Nébulosité moyenne (7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.).....	2,8	6,3	3,7	1,4	1,2	
Pluie...	Nombre de jours.....	0 sur 9.	2 sur 4.	6 sur 7.	2 sur 8.	0 sur 6.
	Hauteur { totale..... { tombée { maxima en 1 ^h	" " "	16 ^{mm} ,3 2 ^{mm} ,7	> 0 ^{mm} ,5 "	> 5 ^{mm} ,5 "	" "
Évaporat ^{on} en 24 ^h .	Maxima.....	"	6 ^{mm} ,6	"	"	11 ^{mm} ,1
	Moyenne.....	"	4 ^{mm} ,4	"	"	9 ^{mm} ,7
Vent....	Force moyenne (7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.).....	1,5	1,7	1,0	1,2	0,8
	Direction dominante..	S. O. | N. E.	"	N.	N. | N. O.	N.
	Nombre de fois (7 ^h m., 1 ^h s., 7 ^h s.).....	6 | 4	"	11	5 | 6	5
		Sur 24 observ.	"	Sur 11 observ.	Sur 24 observ.	Sur 18 observ.

INGÉNIEUR DES MINES, DU 17 JANVIER AU 16 AVRIL 1880 INCLUS.

6	7	8	9	10	RÉSUMÉ
Du 24 février au 9 mars.	Du 10 au 17 mars.	Du 18 au 29 mars.	Du 30 mars au 1 ^{er} avril.	Du 2 au 16 avril.	Du 17 janvier au 16 avril.
15	8	12	3	15	91
D'El-Goléa à Ouargla.	Ouargla. (Séjour.)	D'Ouargla à Tougourt.	Tougourt. (Séjour.)	De Tougourt à Biskra.	Laghouat, El-Goléa, Ouargla, Biskra.
30° 34' 49" 31 57 36	31° 37' 36"	31° 57' 36" 33 6 55	33° 6' 55"	33° 6' 55" 33 51 14	Extrêmes. { 33° 51' 14" 30 34 49
383 ^m 161	161 ^m	161 ^m 89	89 ^m	89 ^m 00 3 95 123 00	Extrêmes. { 739 ^m 00 3 95
6° le 5 mars. 9° 30°,4 le 24 février. 20°,7 15°,2	4°,1 le 16 mars. 6°,7 28°,5 le 13 mars. 24°,6 16°,7	5°,1 le 18 mars. 9°,7 30°,8 le 18 mars. 23°,0 16°,8	4°,3 le 1 ^{er} avril. 6°,0 25°,3 le 31 mars. 24°,7 20°,8	4°,5 le 13 avril. 7°,8 31°,1 le 13 avril. 26°,7 19°,6	Minimum. — 4°,7 Moyenne des minima... 5°,4 Maximum. 31°,1 Moyenne des maxima... 21°,0 Moyenne générale.... 14°,1
1 ^{mm} ,2 le 24 février, 6 ^h 30 matin. 10 ^{mm} ,3 le 8 mars, 6 ^h soir. "	4 ^{mm} le 16 mars, 6 ^h soir. 9 ^{mm} ,3 le 10 mars, 7 ^h 30 soir. 6 ^{mm} ,4	3 ^{mm} ,8 le 19 mars, 6 ^h 45 soir. 10 ^{mm} ,4 le 27 mars, 5 ^h 45 matin. "	5 ^{mm} ,3 le 31 mars, 1 ^h soir. 10 ^{mm} ,2 le 30 mars, 1 ^h soir. 7 ^{mm} ,6	1 ^{mm} ,7 le 13 avril, 6 ^h soir. 10 ^{mm} ,9 le 13 avril, 1 ^h soir. "	Minimum. 1 ^{mm} ,0 Maximum. 10 ^{mm} ,9 "
13 le 24 février, 6 ^h 30 matin. 100 les 29 février, 6 ^h 15 matin, et 2 mars, 6 ^h m.	15 le 16 mars, 6 ^h soir. 82 le 11 mars, 7 ^h matin.	17 le 19 mars, 6 ^h 45 soir. 99 le 23 mars, 5 ^h 30 matin.	29 le 31 mars, 1 ^h soir. 73 le 30 mars, 7 ^h matin.	7 le 13 avril, 6 ^h soir. 89 le 15 avril, 7 ^h soir.	Minimum. 6 Maximum. 100 "
"	48	"	51	"	"
7,6	1,9	5,1	2,0	2,5	Moyenne. 3,8
12 sur 15. > 23 ^{mm} ,5 1 ^{mm} ,3	0 sur 8. " "	6 sur 12. " "	1 sur 3. " "	4 sur 15. > 13 ^{mm} ,1 2 ^{mm} ,9	33 jours sur 91. " Maximum. 2 ^{mm} ,9
"	8 ^{mm} ,2 7 ^{mm} ,2	> 25 ^{mm} ,0 "	12 ^{mm} ,0 10 ^{mm} ,0	" "	Maximum. > 25 ^{mm} "
1,8 N. E. 22	0,8 N. E. | S. E. 8 | 6	2,1 N. E. | E. 9 | 10	0,9 O. | N. O. 2 | 2	1,9 N. | N. E. | S. E. 5 | 13 | 6	Moyenne. 1,5 N. E. | N. 2 | 1
Sur 45 observ.	Sur 24 observ.	Sur 36 observ.	Sur 9 observ.	Sur 44 observ.	Sur 6 observations.

Les beaux betoum que nous avons vus dans la région des Daya, au Sud de Laghouat, sont tous vieux, pas un jeune, soit que les conditions naturelles, soit que la dent des troupeaux ne leur permettent plus de se reproduire. L'espèce aura bientôt disparu là, comme plus au Sud, dans l'Oued Mehaiguen, où, d'après M. Pomel, on ne trouve que des troncs morts.

A El-Hassi, entre Laghouat et El-Goléa, et à Feidjet-Turki, au Sud-Est d'El-Goléa, j'ai trouvé des dépôts récents de sources aujourd'hui disparues, et je ne peux que renvoyer ici aux descriptions détaillées que j'en ai données dans ma *Géologie du Sahara* ⁽¹⁾. La disparition de ces sources prouve l'abaissement du débit et du niveau hydrostatique des nappes aquifères, et, par suite, la diminution des pluies tombant à la surface.

A El-Hassi (pl. XIII), je rappelle que j'ai découvert un gisement remarquable de silex incontestablement taillés de main d'homme (pl. XXIII, nos 43, 44 et 45), qui sont en place sous le travertin et à la surface de l'ancien sol ⁽²⁾. L'étude de cette localité démontre que l'abaissement du niveau hydrostatique des nappes crétacées de la région est un phénomène qui s'est produit depuis que le Sahara est habité par l'homme. D'ailleurs la durée nécessaire pour le dépôt du travertin en question peut n'avoir pas été longue, même par rapport aux temps historiques.

Il y a lieu de rappeler également les dépôts de travertin récents des environs d'Ouargla ⁽³⁾. Ce sont encore là les témoins d'anciennes sources, qui ont cessé de jaillir, sans doute par suite de la diminution de la pression et de l'alimentation du bassin artésien.

De même, à la lisière Nord du bas Sahara algérien, Ville a noté ce fait que « la force ascensionnelle et le débit des sources jaillissantes naturelles de Chetma (Zab central) étaient plus élevés autrefois que de nos jours ⁽⁴⁾ ». De même, dans le Sud tunisien, M. Édouard Blanc a signalé le contraste existant entre la richesse des oasis et la stérilité du désert qui les environne ⁽⁵⁾ ! or « il n'en était pas ainsi à l'époque romaine ; les ruines qui se rencontrent à chaque pas dans le désert actuel en font foi ». M. Blanc ajoute que la transformation du pays « tient essentiellement à la disparition des sources et des eaux superficielles » (dans certaines parties de ces régions, tout au moins).

Des faits semblables se rencontrent en maint endroit de la zone subsaharienne de l'Atlas et de celle des hauts-plateaux.

Enfin, d'après M. Weisgerber, docteur de notre mission, le grand nombre des silex taillés, pointes de flèches, débris de taille, qu'il a ramassés, prouve ⁽⁶⁾ : « qu'à une époque très reculée, dont il est impossible de fixer la date, le

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 1^{re} partie, chapitre I, § 3, IV, et § 4, IV.

⁽²⁾ Comptes rendus de l'Académie des sciences, 26 juillet 1880.

⁽³⁾ *Géologie du Sahara*, 2^e partie, chapitre I, § 1, II.

⁽⁴⁾ L. Ville. — Voyage d'exploration dans les bassins du Hodna et du Sahara, 1865.

⁽⁵⁾ Comptes rendus des séances de la Société de géographie, 1^{er} mars 1889.

⁽⁶⁾ H. Weisgerber. — Rapport anthropologique.

Sahara était habité par une population, sinon sédentaire, du moins beaucoup plus nombreuse que celle qu'on y rencontre actuellement. Les conditions climatologiques étaient donc différentes. »

A ce propos, je crois intéressant de reproduire ici quelques considérations émises par M. J. Tissot⁽¹⁾ sur les causes de la dégradation des climats de l'Algérie et du Sahara et sur les moyens d'essayer leur amélioration :

Il est certain que le climat de l'Algérie a varié d'une façon très sensible depuis l'époque romaine. Cette variation du climat a dû tenir en partie aux déboisements effectués sur place; mais elle doit tenir encore davantage aux déboisements et aux dénudations de toutes natures qui se sont produits sur les trajets des deux grands courants de l'Est et du Sud (dont il a été question ci-dessus). Ces déboisements ont, d'ailleurs, été la conséquence naturelle du développement des populations à habitudes pastorales sur le trajet des vents d'Est, ainsi que de leur invasion et de leur développement sur le trajet des vents du Sud. Les peuples pasteurs ont dû, en effet, se multiplier entre le Sahara et les hauts plateaux de l'Asie en même temps que se multipliaient les populations de l'Europe; en outre, depuis l'époque romaine, elles ont envahi l'Afrique septentrionale et le Sahara lui-même en repoussant vers le Sud les populations fixes et agricoles des Garamantes dont les Souhrai d'aujourd'hui paraissent être les analogues au Sud du Sahara.

Il ne nous est guère possible de penser actuellement à exercer une influence quelconque sur l'état de la surface du sol et sur le mode d'existence des nomades asiatiques; mais si nous parvenions à établir l'ordre et la sécurité dans le Sahara, si nous y rendions possible l'existence des populations agricoles fixes, qui recommenceraient à s'y développer en restreignant le champ laissé aux populations nomades proprement dites, il est bien évident que la dénudation tout d'abord cesserait d'augmenter aussi vite, et finalement même pourrait en venir à diminuer. De ce côté, au moins, on pourrait donc espérer arrêter la dégradation du climat de l'Algérie; on pourrait même espérer obtenir son amélioration.

Il est certain que la construction d'un Transsaharien, suivie du développement de notre influence dans le Sahara, serait un premier pas fait dans ce sens.

Dans tous les cas, une fois établis dans l'Afrique centrale, nous pourrions y assister à la formation ou au passage des coups de siroco, nous pourrions voir d'où ils viennent ou comment ils se forment, et, dans tous les cas, comment ils se propagent. On pourrait arriver par là à prévoir l'arrivée d'un coup de siroco sur telle ou telle région de l'Algérie plusieurs jours à l'avance, de même qu'on prévoit l'arrivée d'un cyclone, venant de l'Atlantique occidental, sur telle ou telle région des côtes d'Europe, et cette augmentation de nos moyens de prévision aurait déjà à elle seule son intérêt pratique; mais, en outre, avec un trajet continental, les conditions sont toutes autres qu'avec un trajet maritime, et il ne serait pas impossible qu'on arrivât un jour à atténuer plus ou moins complètement les coups de siroco.

On pourrait encore dire que, au point de vue de nos intérêts bien entendus, il ne nous est pas plus permis de rester ignorants et indifférents au sujet de ces contrées, sous le vent direct desquelles nous nous trouvons, qu'il ne serait logiquement et rationnellement permis à l'équipage d'un navire de rester ignorant et indifférent au sujet de ce qui se passerait dans toute une partie considérable de la coque du navire.

⁽¹⁾ Note sur le chemin de fer transsaharien (insérée dans les procès-verbaux autographiés de la Commission supérieure pour l'étude des questions relatives à la mise en communication par voie ferrée de l'Algérie et du Sénégal avec l'intérieur du Soudan), 1880.

INSTRUMENTS.

Un abri démontable à double toit.

2 boîtes contenant chacune :

4 thermomètres frondes;

1 psychromètre, 1 thermomètre sec et
1 thermomètre enchemisé, avec cadre iso-
lant vertical et éprouvette;

1 thermomètre minima Rutherford et
1 thermomètre maxima Negretti, avec cadre
isolant horizontal;

1 thermomètre hypsométrique;

1 boîte renfermant la lampe, la bouil-
lotte et la cheminée de l'hypsomètre;

1 baromètre holostérique de 12 centi-
mètres;

4 baromètres holostériques de 7 centi-
mètres;

1 évaporomètre Piche;

1 boîte de papier ozonique avec gamme
ozonométrique;

1 entonnoir;

1 boussole de poche.

Abri démontable à double toit (voir la figure 5 ci-jointe, dans le texte). — J'ai tenu à ce que mes observations thermométriques au Sahara présentassent des garanties de précision comparables, autant que possible, à celles qu'on obtient dans les stations fixes, et à mettre mes instruments à l'abri des influences perturbatrices, telles que l'action du soleil, de la réverbération, etc.

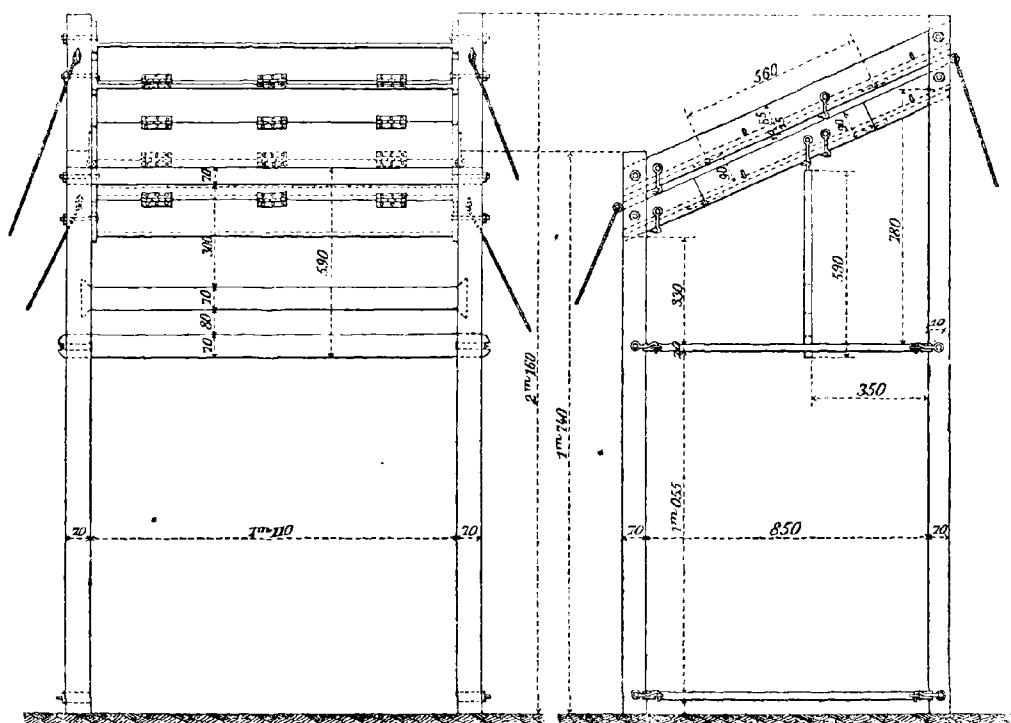


Fig. 5. — Abri météorologique démontable à double toit de la mission.

A cet effet, M. Brocard, capitaine du génie, chargé du service météorologique de l'Algérie, a bien voulu faire construire à Alger, avant notre départ, un abri démontable, copié sur l'abri installé à l'observatoire de Montsouris par MM. Ch. Sainte-Claire-Deville et Renou, mais un peu moins haut.

Cet abri était en bois, suffisamment léger pour le transport, et assez résistant contre les coups de vent. Chaque toit avait 0 m. 015 d'épaisseur, et les deux toits étaient séparés par un matelas d'air de 0 m. 09.

Les faces intérieures de toutes les pièces, regardant les instruments, étaient peintes en vert, les faces extérieures, en blanc. Les instruments étaient attachés au cadre disposé au centre de l'abri et se trouvaient à 1 m. 50 environ du sol. L'abri était entièrement démontable et formé de pièces indépendantes. Les quatre montants étaient reliés par des traverses latérales, avec assemblages et crochets, ainsi que par les rebords des toits, fixés au moyen de boulons. On posait simplement l'abri sur le sol et on l'amarrait par des cordes à quatre piquets plantés en terre. Le cadre intérieur, lui-même démontable, était suspendu par des crochets au toit inférieur, et maintenu en bas à l'aide d'encoches saisissant les traverses latérales situées à mi-hauteur; une fiche permettait de le fixer d'une manière invariable à l'abri. Des dispositifs élémentaires faisaient tenir les instruments au cadre sans ballottage possible. Le montage et le démontage de l'abri ne demandaient que quelques minutes, au bout de peu de temps de pratique. Chaque toit était articulé et présentait deux charnières, de manière que les deux pans extrêmes se rabattaient. L'abri démonté et empaqueté formait deux bagages fort peu encombrants : d'une part, les quatre montants accolés; d'autre part, les deux toits repliés et les autres menues pièces.

Tel quel, cet abri a été monté et démonté plus de soixante-six fois et a résisté à des coups de vent, à des alternatives d'humidité et de sécheresse, à des chocs et aux vicissitudes d'un transport de trois mois à dos de chameau. Il m'a fait pendant toute la durée de la campagne un excellent usage.

Thermomètres. — Les thermomètres ont été vérifiés dans la glace fondante par le constructeur, M. Baudin, avant le départ, le 21 novembre 1879, et après le retour, le 29 juillet 1880. Je n'ai pu suivre les déplacements de leur zéro au cours du voyage, n'ayant pas de glace à ma disposition.

Les thermomètres frondes n^{os} 7894, 7896, 7897, 7898, 7899, 7900 et 7901 marquaient, le 21 novembre, dans la glace fondante, $-0^{\circ},4$, et le n^o 7895 $-0^{\circ},1$. Cinq ont été cassés; les trois restants marquaient, le 29 juillet, les n^{os} 7896 et 7899 $-0^{\circ},3$ et le n^o 7895 $-0^{\circ},1$. J'ai admis que les sept premiers, qui avaient la même correction $+0^{\circ},4$ au départ, auraient eu également la même correction, $+0^{\circ},3$ au retour, et que le déplacement du zéro avait eu lieu proportionnellement au temps, entre le 21 novembre et le 29 juillet. Pour le huitième, la correction est restée constante et égale à $+0^{\circ},1$. Les chiffres de température au fronde, que je donne dans mes tableaux d'observations, ont été corrigés en conséquence.

Le même thermomètre sec n^o 7889 et le même thermomètre mouillé n^o 7890 m'ont servi tout le temps de la mission. Le 21 novembre, ils marquaient tous deux dans la glace fondante $-0^{\circ},4$, et le 29 juillet, tous deux

— $0^{\circ},3$. J'ai admis une variation constante dans l'intervalle et ai corrigé en conséquence les températures observées. Je n'ai employé qu'un thermomètre minima Rutherford, n^o 7893; la correction était nulle au départ et au retour.

Les deux thermomètres maxima Negretti n^{os} 7891 et 7902 marquaient, le 21 novembre, dans la glace fondante $-0^{\circ},3$. Le premier seul avait été utilisé pendant toute l'exploration, lorsque à l'arrivée à Biskra, on l'a malheureusement laissé tomber et se briser. Le second marquait, le 29 juillet, $0^{\circ},0$. J'ai admis que celui-là, ayant au départ la même correction que celui-ci, $+0^{\circ},3$, aurait eu aussi au retour une correction égale et nulle, et que son zéro se serait déplacé d'une manière constante dans l'intervalle, et j'ai corrigé en conséquence les températures maxima observées.

Je ne me suis servi que d'un de mes thermomètres hypsométriques, le n^o 134, qui marquait, le 21 novembre, dans la glace fondante $-0^{\circ},3$, et, le 29 juillet, $-0^{\circ},11$, ces vérifications ayant été faites immédiatement après avoir plongé l'instrument dans la vapeur d'eau bouillante. La correction instrumentale avait donc varié de $+0^{\circ},30$ à $+0^{\circ},11$ entre ces deux dates. Elle était de $+0^{\circ},11$ le 17 avril. En effet, ce jour-là, à 10 heures du matin, j'ai fait une observation hypsométrique et le thermomètre en question m'a donné $99^{\circ},58$ comme température d'ébullition. D'autre part, je possède les observations faites à la même heure dans la même localité par M. Colombo, directeur de l'école arabe-française, et par M. Didier, adjoint du génie; j'ai pris la moyenne des pressions barométriques, réduites à zéro, indiquées par chacun d'eux, et j'ai trouvé comme température d'ébullition correspondante $99^{\circ},69$, c'est-à-dire $0^{\circ},11$ de plus. J'ai admis qu'entre le 21 novembre et le 17 avril, la correction avait varié de $+0^{\circ},30$ à $+0^{\circ},11$, et d'une manière constante, et j'ai corrigé en conséquence les températures hypsométriques observées.

Baromètres.—Le baromètre de 12 centimètres m'a spécialement servi pour les observations météorologiques, et un des baromètres de 7 centimètres pour les explorations géologiques. Les trois autres de 7 centimètres ont été plus particulièrement employés par M. Barois pour le nivellement de certaines parties de l'itinéraire et les déterminations d'altitude. Mais, bien entendu, toutes les mesures de pression devaient concourir à ces divers objets. Une partie de mes lectures au grand baromètre, ainsi que mes observations hypsométriques, étaient réclamées par les besoins du nivellement. De même les lectures faites aux petits baromètres par M. Pech, sous la direction de M. Barois, sont venues enrichir le bagage météorologique de la mission; elles forment une série très détaillée et presque continue du 20 février au 1^{er} avril.

Dans son rapport sur les altitudes, M. Barois discute la valeur de nos observations barométriques et hypsométriques. Je me contenterai ici d'indiquer les corrections que nous avons fait subir à nos lectures et d'où résultent les chiffres de pression qu'on trouvera dans les tableaux suivants.

Je n'ai pas utilisé les observations faites assez irrégulièrement sur mon petit baromètre.

Parmi les trois baromètres de M. Barois, un n'a pas donné d'indications suffisamment concordantes avec les deux autres et avec le grand baromètre; on n'en a pas tenu compte.

Restent les lectures faites au grand baromètre et à deux des petits que j'appellerai baromètres 1 et 2.

Nos baromètres holostériques ont été comparés au baromètre à mercure avant le départ de Laghouat et après le retour à Biskra. De plus, après la rentrée à Paris, ils ont été observés à des températures graduées de 0 à 30 degrés. Des observations faites à Paris résultent les courbes de corrections dues à l'action de la température sur les baromètres holostériques; on a admis que ces courbes étaient restées constantes pendant toute la durée de la mission.

Des lectures faites à Laghouat et à Biskra et corrigées de la température résulte, à chacune de ces époques, la position du zéro de la graduation de chaque baromètre holostérique par rapport au zéro de la graduation du baromètre à mercure; on a admis que, dans l'intervalle, le déplacement avait été proportionnel au temps. M. Barois a établi ainsi les formules suivantes :

$$\text{Grand baromètre. } H_0 = H + 2,9 + 1,3 \frac{t - t_0}{97} - 0,3 \theta \quad (1)$$

$$\text{Baromètre 1. } H_0 = H + 2,8 - 4,9 \frac{t - t_0}{302} - 0,09 \theta \quad (2)$$

$$\text{Baromètre 2. } H_0 = H + 2,5 - 4,6 \frac{t - t_0}{97} - 0,09 \theta \quad (3)$$

H_0 , pression ramenée à la température de 0 degré et au zéro vrai de la graduation, en millimètres de mercure.

H , pression observée, en millimètres de mercure.

θ , température corrigée au moment de l'observation.

$t - t_0$, nombre de jours écoulés depuis le 12 janvier (1), depuis le 9 janvier (2) et depuis le 14 janvier (3).

Telle est la première correction qui a été appliquée aux lectures. Une seconde résulte des observations faites à l'hypsomètre.

En raison de la nature de l'instrument, sans aucun doute beaucoup plus digne de foi que le baromètre holostérique, les tensions de vapeur correspondant aux températures indiquées par ce thermomètre ont été considérées comme donnant exactement la pression atmosphérique au même moment, et les indications des baromètres y ont été ramenées.

A chaque observation hypsométrique, j'ai noté la pression du grand baromètre et la température au même moment. Les corrections instrumentales ont été appliquées aux températures, et la première correction résultant de la formule (1), à la pression. La tension maxima de vapeur correspondant à la température d'ébullition corrigée a été calculée pour la latitude du lieu. La différence entre cette tension et la pression barométrique a donné la seconde correction

du grand baromètre, au jour et à l'heure considérés. Quand je disposais de plusieurs observations hypsométriques dans un même lieu, j'ai pris la moyenne des corrections ainsi obtenues, et j'ai appliqué cette moyenne, comme correction définitive et constante, entre les observations extrêmes; tel a été le cas à El-Goléa, trois observations hypsométriques, et à Ouargla, sept. Enfin, entre deux corrections hypsométriques déterminées de la manière indiquée, j'ai admis qu'il y avait eu variation proportionnelle au temps. C'est ainsi qu'a été réglée la seconde correction appliquée aux lectures du grand baromètre.

Pour les baromètres 1 et 2, il est regrettable qu'ils n'aient pas été lus régulièrement au moment de chaque observation hypsométrique. Cependant, parmi les lectures très nombreuses faites du 20 février au 1^{er} avril, avec températures correspondantes, s'en trouvent plusieurs qui coïncident avec des observations hypsométriques ou qui en diffèrent très peu et alors coïncident avec une lecture du grand baromètre. Ces lectures des baromètres 1 et 2 ont été ramenées aux lectures correspondantes du grand baromètre, corrigées d'après la formule (1) et de plus d'après l'hypsomètre. J'ai ainsi obtenu pour les baromètres 1 et 2 les secondes corrections, entre lesquelles j'ai admis qu'il y avait eu variation proportionnelle au temps.

Évaporomètre Piche. — M. Brocard avait bien voulu mettre à ma disposition un évaporomètre Piche ordinaire, gradué de 0 à 125, avec rondelles, etc.

Ozonomètre. — Je me suis servi du papier buvard Jame, trempé dans un empois à l'iodure de potassium, et d'une gomme ozonométrique, graduée de 0 à 21, permettant de mesurer, d'après la teinte violette, l'intensité de la décomposition par l'ozone.

Pluviomètre. — Pour observer la pluie, je disposais simplement d'un petit entonnoir fabriqué à Alger. Il avait le bord droit et tranchant; il était circulaire et avait 13 millim. 6 de diamètre. Le tube de l'entonnoir était très effilé et passait facilement dans le goulot d'une bouteille ordinaire que je prenais comme récipient, et où l'eau recueillie était assez bien protégée contre l'évaporation. Le tout était posé et consolidé convenablement sur une caisse près du camp, soit à 1 m. 30 au-dessus du sol.

La quantité d'eau récoltée était mesurée au moyen d'éprouvettes graduées, en tenant compte de l'eau nécessaire pour mouiller les surfaces. Le volume était divisé par la surface de la bague de l'entonnoir, 145 centim. 27; d'où la hauteur d'eau tombée.

OBSERVATIONS.

Je me suis proposé de faire, autant que possible, trois observations régulières par jour, aux heures fixées pour les stations de deuxième ordre du service météorologique d'Algérie, savoir : à 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir. Pratiquement nous n'avons jamais distingué l'heure du lieu et l'heure de Paris; en effet, notre itinéraire s'est toujours maintenu au voisinage du méridien 0 et la longitude maxima n'a été, à Tougourt, que de $3^{\circ}44'9''$; la différence d'heure correspondante est du même ordre que les avances et les retards d'observations dans un voyage de cette nature.

L'observation de 1 heure du soir coïncidait à peu près avec les observations simultanées faites au même instant physique dans le monde entier. C'était la plus importante pour l'étude du prolongement au Sahara des mouvements généraux de l'atmosphère.

L'abri démontable à double toit était dressé à l'extérieur ou à l'extrémité du camp, à une distance convenable des tentes, foyers, chameaux, etc. L'emplacement était généralement découvert. Je choisissais de préférence une place où le sol offrit quelques touffes vertes; mais il était le plus souvent, soit calcaire, rocailleux et nu, parfois poli et brillant, soit limoneux ou sableux, également dépourvu de végétation; j'étendais alors des couvertures par terre sous l'abri. Au cadre intérieur étaient attachés les thermomètres minima et maxima, les thermomètres sec et mouillé, l'évaporomètre Piche et le papier ozonique. Accidentellement j'ai dû, le matin et le soir, suspendre d'un côté ou de l'autre de l'abri de petits écrans, qui protégeaient les thermomètres contre les rayons rasants du soleil, sans intercepter le libre mouvement de l'air.

La température minima était lue à l'observation du matin et la température maxima à celle du soir. A chaque observation de 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir, je notais la pression du grand baromètre, les températures des thermomètres, fronde, sec et mouillé, le nombre de divisions dont l'eau était descendue dans l'évaporomètre (en renouvelant l'eau à temps pour que l'appareil ne se vidât pas d'une observation à l'autre), le numéro correspondant à la teinte du papier ozonique que je remplaçais à chaque observation, la direction et la force du vent, la nébulosité, la direction et l'aspect des nuages, la quantité de pluie tombée, etc., chacune de ces opérations étant faite avec les précautions d'usage, que je n'ai pas à rappeler ici.

Pour le vent, je me contentais de sentir d'où il venait et de m'orienter à l'aide de ma boussole de géologue. Je distinguais huit directions Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest, Ouest, Nord-Ouest. J'estimais la force du vent et la notais en chiffres depuis 0 calme, jusqu'à 7, ouragan.

Quant à la nébulosité, je l'évaluais également en chiffres depuis 0, ciel sans aucun nuage, jusqu'à 10, ciel complètement couvert. J'ai défini l'aspect des nuages au moyen des termes consacrés, et observé leur direction quand il m'a été possible.

De plus, je mentionnais certains détails sur les vents, leurs variations, leurs à-coup, etc.; sur les nuages, leur distribution dans le ciel, leurs différents étages et différentes directions, etc.; sur la pluie, son allure, sa durée, la quantité tombée de telle à telle heure, etc. Enfin je consignais les phénomènes spéciaux : brume, brouillard, rosée, givre, grêle, tempête siroco, brouillard de sable, orage, tonnerre, éclairs, électricité atmosphérique, arc-en-ciel, halo, etc.

Ce programme d'observations a été rempli régulièrement pendant les séjours de la caravane. A chacun, ne fût-il que d'un jour, l'abri a été dressé, sauf le cas d'ouragan.

Je signalerai les observations poursuivies pendant six jours consécutifs à El-Goléa et pendant huit jours à Ouargla.

Les jours d'étapes, j'ai dû procéder différemment, suivant les parties de l'itinéraire.

Dans les deux premières parties, de Laghouat à El-Goléa et d'El-Goléa à Ouargla, c'est-à-dire du 17 janvier au 9 mars, la caravane en marche n'arrivait au camp que sur la fin de l'après-midi. Le maximum avait eu lieu. Généralement le soleil était couché à l'observation du soir et n'était pas levé à celle du matin. Il était donc peu utile de dresser l'abri. Je me contentais d'attacher les thermomètres minima, sec et mouillé, l'évaporomètre Piche et le papier ozonique en haut du faisceau des quatre montants de l'abri, placés verticalement à une extrémité du camp et solidement fixés au moyen de caisses; les instruments étaient ainsi à l'air libre, à 1 m. 50 environ au-dessus du sol. Les observations du matin et du soir étaient toujours faites complètement. Le minimum était donné par le thermomètre Rutherford. Quant à l'observation de 1 heure du soir, elle était faite en marche et comportait simplement la température au fronde, les indications relatives au vent et aux nuages, et quelques remarques. Pour avoir approximativement le maximum, je faisais, dans la partie convenable de la journée, une série de lectures au fronde, à des instants suffisamment rapprochés, et prenais la plus élevée des températures ainsi constatées.

Dans la troisième partie de l'itinéraire, d'Ouargla à Biskra, c'est-à-dire du 18 mars au 16 avril, les exigences du nivellement au théodolite forçaient à lever le camp avant l'aurore et à fournir l'étape quotidienne avant que le mirage vînt fausser les opérations de visée; or, dès 10 heures du matin, il était généralement assez fort pour les rendre inadmissibles. Nous posions donc le camp bien avant midi, l'abri était aussitôt dressé. Les observations de 1 heure du soir et de 7 heures du soir étaient faites complètement. Le maximum était donné par le thermomètre Negretti. Afin de ne pas retarder le départ du lendemain, l'abri était démonté dans la soirée et remplacé par le dispositif de nuit adopté précédemment et suffisant pour obtenir le minimum au thermomètre Rutherford et faire complètement l'observation du matin. J'ai donc procédé tout le long du trajet d'Ouargla à Biskra d'une manière aussi complète, sinon aussi régulière, que pendant les séjours.

L'heure matinale du départ m'a souvent forcé, surtout dans cette dernière partie de l'itinéraire, à devancer l'observation; je cherchais alors à devancer celle du soir, afin que les moyennes fussent comparables.

En résumé, sur les quatre-vingt-onze jours de la mission, j'ai, pour vingt-huit jours, des observations faites dans les mêmes conditions qu'à une station fixe de deuxième ordre; pour cinquante-trois jours, les observations réglementaires de chaque jour, avec minimum et maximum donnés par les thermomètres *ad hoc*; enfin, pour chaque jour, régulièrement trois observations au fronde.

Je possède, de plus, beaucoup d'observations supplémentaires, complètes ou partielles. Du 24 février au 16 avril, j'ai lu le grand baromètre chaque jour d'étape, à l'arrivée au camp: dans l'après-midi, entre El-Goléa et Ouargla; dans la matinée, entre Ouargla et Biskra. Du 18 février au 2 avril, c'est-à-dire d'El-Goléa à Tougourt, les baromètres 1 et 2 ont été lus d'heure en heure par M. Pech chaque jour pendant la marche et pendant la plupart des jours de repos. Les lectures de pression ont toujours été accompagnées de lectures de température au même moment; j'ai fait çà et là maintes lectures au fronde. J'ai noté souvent, en dehors des observations réglementaires et suivant les circonstances, les indications relatives aux vents, aux nuages, etc. Pour la pluie, j'ai mesuré l'eau tombée à des intervalles plus ou moins rapprochés, suivant le cas, etc.

En outre, j'ai fait, au cours de la mission, les observations hypsométriques dont j'ai déjà parlé, au nombre de 16. J'ai apporté un soin tout particulier à ces opérations, dont l'importance était évidente. Chaque température d'ébullition indiquée est la moyenne de lectures répétées, etc.

D'autre part, il était intéressant de connaître la température du sol à diverses profondeurs.

J'ai fait à ce sujet quelques observations directes à plusieurs stations de la caravane. Mais je n'ai pu aller qu'à des profondeurs de 1 à 4 mètres, et pour obtenir la température de la *couche invariable* ⁽¹⁾, il eût fallu aller à une vingtaine de mètres de profondeur ⁽²⁾. Les chiffres trouvés ainsi par moi ne peuvent donc être considérés que comme indiquant la température moyenne du lieu pendant une certaine période, assez restreinte, de l'année. Il est vrai que des observations semblables, faites par les voyageurs à des saisons différentes, donneraient des indications utiles sur l'ensemble de l'année.

Le petit appareil de sondage que j'avais emporté me servait à faire des trous de sonde de 0 m. 008 de diamètre. Je plaçais le thermomètre dans une bouteille remplie d'eau, et celle-ci au fond du trou, dont je bouchais l'orifice. Les choses restaient en l'état pendant au moins douze heures et souvent plusieurs jours, de façon que la chaleur dégagée par le travail du forage eût le temps de se disperser et l'instrument de prendre la température ambiante. Au moment de l'observation, je retirais vivement la bouteille d'eau, dont la température n'avait pas le temps de varier, je soulevais avec précaution le haut du thermomètre, en laissant dans l'eau le réservoir et le plus possible de la tige, et lisais rapidement le chiffre du trait auquel s'arrêtait la colonne mercurielle. Au même instant, je prenais la température extérieure de l'air.

Enfin j'ai noté avec soin les températures des eaux des puits ordinaires, rencontrés le long de l'itinéraire de la mission : ces observations se trouvent déjà consignées plus haut, à l'Annexe II de mon *Hydrologie du Sahara*, et je n'ai plus besoin de les reproduire ici.

Règle générale, et sans certaines précautions, les températures ainsi obtenues, au fond des puits ordinaires du Sahara, ne sauraient être considérées comme représentant réellement la température du sol à la profondeur et à l'époque correspondantes, et cela en raison de l'action échauffante ou refroidissante de l'air extérieur. Or cette action est évidemment d'autant plus sensible que le puits est moins haut et plus large, que l'eau est en moins grand volume et a séjourné plus longtemps.

Aussi attendais-je autant que possible que l'eau eût été suffisamment renouvelée. J'en puisais alors soit dans une peau de bouc, soit dans une bouteille laissée quelque temps au fond. Je prenais aussitôt la température au moyen d'un thermomètre fronde.

J'ai pu me placer, de la sorte, dans des conditions assez satisfaisantes pour que je puisse admettre avoir obtenu la température du sol ⁽³⁾. Je citerai, en particulier, les observations sur le puits d'Hassi-Charef, où j'ai trouvé 20°,2 à 14 mètres, le 9 février, et celles d'Hassi-el-Aïcha, où j'ai trouvé 23°,2 à 8 m. 60, le 6 mars.

⁽¹⁾ Niveau du sous-sol où les variations extérieures de température d'une saison à l'autre ne se font plus sentir.

⁽²⁾ *Hydrologie du Sahara*, 3^e partie, chapitre II, § 11.

⁽³⁾ Voir la colonne *Observations* à l'Annexe II de mon *Hydrologie du Sahara*.

TABLEAUX DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAHARA PAR M. GEORGES ROLLAND

DU 17 JANVIER AU 16 AVRIL 1880.

PRÉLIMINAIRES.

Les observations météorologiques, dont les tableaux suivent, ont été divisées par moi en périodes de marche et périodes de séjour : soit, en tout, dix périodes, que je présente séparément.

Chaque période comprend deux tableaux et un résumé.

PREMIER TABLEAU.

DATES.

LOCALITÉS. — Seulement celles où nous avons séjourné au moins vingt-quatre heures.

LATITUDES. — Les calculs de M. Barois sont achevés de Biskra à Ouargla; les latitudes indiquées pour les autres parties de l'itinéraire sont provisoires.

ALTITUDES. — Approchées et provisoires; obtenues, d'une part, au moyen des pressions corrigées résultant de nos observations barométriques et hypsométriques; d'autre part, au moyen des courbes quotidiennes de pression au niveau de la mer à 7 heures du matin, que publie le service météorologique d'Algérie et qui nous ont été communiquées par M. le capitaine Brocard.

TEMPÉRATURES EXTRÊMES. — *Minimum* de température, donné chaque jour par le thermomètre Rutherford; *maximum* de température, donné pendant les séjours et chaque jour, depuis le 10 mars, par le thermomètre Negretti; obtenu approximativement les jours de marche avant le 10 mars, au moyen du fronde; dans ce cas, le chiffre indiqué comme maximum est accompagné de l'indice *fr.*

Moyennes quotidiennes des minimum et maximum.

THERMOMÈTRE FRONDE.

Températures à 7 heures du matin, 1 heure du soir et 7 heures du soir, chaque jour; les heures des observations diffèrent souvent des heures indiquées, surtout pour les observations du matin et du soir; on trouvera les heures exactes des observations réglementaires dans le deuxième tableau.

Moyennes quotidiennes des trois observations régulières au fronde.

ÉVAPORATION EN VINGT-QUATRE HEURES. — La hauteur d'eau évaporée est indiquée en millimètres et dixièmes de millimètres. Je ne puis donner ce chiffre que lorsque nous avons séjourné au moins vingt-quatre heures consécutives; quand il se rapporte au jour considéré et à la nuit précédente, j'ai mis un trait *au-dessous*; quand il s'applique au jour et à la nuit suivante, j'ai mis un trait *au-dessus*.

PLUIE. — La hauteur d'eau tombée est indiquée en millimètres et dixièmes de millimètres.

Je donne la hauteur tombée en douze heures et mesurée à 7 heures du matin et à 7 heures du soir; en cas de séjour, je donne la hauteur totale tombée en vingt-quatre heures. Quand je n'ai pu faire de mesure, par exemple pendant une marche, je mets *pluie*. Quand la quantité tombée est inappréciable au pluviomètre, je mets *petite pluie*. Je note également la *rosée*, quand elle est forte, la *brume*, le *brouillard*, la *grêle*.

DEUXIÈME TABLEAU.

DATES ET HEURES. — J'ai consigné exactement et telle quelle l'heure de toute observation quelconque. Le nombre des observations diverses, régulières et autres, est parfois considérable dans une même journée; pour faire ressortir les heures des trois observations réglementaires, je les ai soulignées.

LOCALITÉS. — Un trait horizontal indique, par sa correspondance avec la colonne des heures, quand on est arrivé; un autre quand on est parti; un trait vertical les relie pendant toute la durée du campement. On peut ainsi suivre la marche et les arrêts de la caravane dans leurs moindres détails.

ABRI. — Un diagramme identique indique le moment où l'abri a été monté, celui où il a été démonté et le temps pendant lequel il est resté dressé et a servi aux observations météorologiques.

PRESSION BAROMÉTRIQUE. — En millimètres et dixièmes de millimètres de mercure. — *Grand baromètre.* — Pressions aux heures réglementaires, à l'arrivée au camp (6^e, 8^e et 10^e périodes) aux observations hypsométriques. — *Baromètres 1 et 2 :* pressions d'heure en heure à certains séjours (5^e, 7^e et 9^e périodes) et pendant certaines marches (6^e et 8^e périodes), etc. Ainsi se trouvent réunies, sans exception, toutes les mesures de pression faites au moyen des différents baromètres au cours de la mission.

Moyennes des pressions barométriques simultanées.

TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE.

Thermomètre sec. — Cette colonne renferme les températures observées au sec pendant les heures réglementaires, en même temps qu'au mouillé, et, en outre, toutes les températures observées à d'autres heures pour une raison quelconque, soit au sec, soit au fronde (dans ce dernier cas indice *fr.*).

Thermomètre mouillé.

Différence des thermomètres sec et mouillé.

Tension de vapeur et humidité relative calculées par les soins obligeants de M. Renou.

OZONE. — Un trait horizontal, avec zéro au-dessous, indique à quelle heure le papier ozonique, alors blanc, a été exposé à l'air, un autre à quelle heure il a été enlevé; un trait vertical les relie pendant la durée de l'exposition, avec intercalation de chiffres donnant les teintes aux observations.

ÉVAPOROMÈTRE PICHE. — Même diagramme. Le trait vertical indique la durée pendant laquelle l'évaporomètre a fonctionné d'une manière continue, l'eau ayant, au besoin, été renouvelée en temps utile. Chaque chiffre intercalaire indique le nombre total de divisions dont l'eau est descendue dans l'appareil depuis qu'il a été mis en place jusqu'à l'observation correspondante.

VENT.

Direction.

Force (0 à 7).

Direction des nuages.

Nébulosité (0 à 10).

ASPECT DES NUAGES.

REMARQUES DIVERSES n'ayant pas trouvé place dans les tableaux précédents. Il est généralement d'usage d'accompagner ces remarques d'indications sommaires sur la localité. J'ai pensé que ce n'était pas le cas ici, devant donner ailleurs la description orographique, géologique, etc., du pays. Je me suis borné à consigner ce qui intéressait directement la météorologie, la nature du sol, le genre d'emplacement. Quand je ne mets rien, c'est que le sol n'a pas changé, et que l'emplacement est découvert de tous côtés.

RÉSUMÉ.

A la fin de chaque période se trouve un tableau récapitulatif, avec les extrêmes et les moyennes.

Pour les pressions barométriques, leur comparaison et leur moyenne n'ont guère d'intérêt météorologique pendant les marches où les altitudes varient. Je ne donne ces indications que pour les périodes de séjour.

ANNEXES.

Dans une première annexe, je donne le tableau de mes observations hypsométriques, avec les corrections correspondantes de nos baromètres holostériques.

Dans une seconde annexe, je consigne mes observations directes sur les températures du sol à diverses profondeurs.

PREMIÈRE PÉRIODE DU 17 AU 25 JANVIER 1880 INCLUS.

(9 jours, dont 8 de marche et 1 d'arrêt, de Laghouat à Zebbacha.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES		ALTITUDES PROFONDES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FROIDE.				ÉVAPORATION TOTAL des 24 heures.	PLUIE.				
		APPROCHÉES.			Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h m.	1 ^h s.	7 ^h s.	Moyennes.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.		
														degr.	degr.
17 janv.	Laghouat...			mét.	"	"	"	"	"	2,4	"	"	"	"	"	"	
18 janv.	Idem.....	33° 48' 1",8	750		-4,7	15,6 fr.	5,5	-4,6	14,5	5,0	5,0	"	"	"	"	"	
19 janv.	Idem.....				-2,5	16,4 fr.	7,0	-1,4	14,4	5,2	6,1	"	"	"	"	"	"
20 janv.	Idem.....				-3,1	18,4 fr.	7,7	-2,2	16,6	4,0	6,1	"	"	"	"	"	"
21 janv.	Citerne de Nili				-2,6	13,1	5,3	0,2	11,3	4,2	5,2	"	"	"	"	"	"
22 janv.	Idem.....		780		-3,8	12,0 fr.	4,9	-0,2	11,6	7,6	6,3	"	"	"	"	"	
23 janv.	Idem.....				-1,8	13,0 fr.	5,6	0,5	12,7	7,7	6,8	"	"	"	"	"	
24 janv.	Idem.....				-4,6	15,9 fr.	5,7	-3,4	15,8	7,8	6,7	"	"	"	"	"	
25 janv.	Zebbacha....	32° 54' 56",1	707		-3,0	13,9 fr.	5,5	-1,7	13,5	9,3	7,1	"	"	Gouttes.	"	"	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET DIFFÉRENCES.		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRES		MOYENNES.	THERMOMÈTRES		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
LACHOUAT.....		17 janvier.....	7 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	7 ^h s.	695,4	"	"	695,4	3,9	0	3,9
Camp.....										
		18 janvier.....	7 ^h m.	697,8	"	"	697,8	-4,6	-5,1	0,5
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	14,5 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h 40 s.	"	"	"	"	12,0 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 15 s.	"	"	"	"	9,9 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	"	"	"	9,4 fr.	"	"
Camp.....		Idem.....	7 ^h s.	692,8	"	"	692,8	4,4	0,9	3,5
		19 janvier.....	7 ^h m.	692,6	"	"	692,6	-0,8	-4,6	3,8
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	14,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	16,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 55 s.	"	"	"	"	15,2 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	4 ^h 35 s.	"	"	"	"	14,6 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h 55 s.	"	"	"	"	13,6 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 25 s.	"	"	"	"	10,9 fr.	"	"
Camp.....		Idem.....	7 ^h s.	692,7	"	"	692,7	5,1	-0,3	5,4
		20 janvier.....	7 ^h m.	692,7	"	"	692,7	-1,8	-4,4	2,6
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	16,6 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	17,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	18,2 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	3 ^h s.	"	"	"	"	18,2 fr.	"	"
		Idem.....	7 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	8 ^h 30 s.	699,1	"	"	699,1	0,2	-3,9	4,1
Séjour auprès de la ci- terne de Nili.....		21 janvier.....	7 ^h m.	698,4	"	"	698,4	0,1	-1,4	1,5
		Idem.....	9 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	10 ^h m.	698,3	"	"	698,3	7,7	3,1	4,6
		Idem.....	1 ^h s.	698,8	"	"	698,8	11,4	5,6	5,8
		Idem.....	4 ^h s.	699,3	"	"	699,3	10,7	5,6	5,1
	Abri dressé.	Idem.....	7 ^h s.	700,1	"	"	700,1	4,2	1,7	2,5
		Idem.....	10 ^h s.	698,8	"	"	698,8	2,2	0,7	1,5
		22 janvier.....	7 ^h m.	697,5	"	"	697,5	0,5	-0,2	0,7
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	11,6 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	12,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	10,3 fr.	"	"
Camp.....		Idem.....	7 ^h s.	704,4	"	"	704,4	7,1	4,9	2,2
		23 janvier.....	7 ^h m.	698,2	"	"	698,2	0,3	-0,8	1,1
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	12,7 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	13,0 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	12,7 fr.	"	"
		Idem.....	7 ^h s.	697,9	"	"	697,9	7,5	3,2	4,3

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
9.3	37	"	"	"	"	"	"	Camp du 17 au 18 janvier. — Plateau calcaire et rocailleux, couvert de grosses touffes d' <i>alfa</i> vert clair.	
9.8	87	"	"	O. S. O.	5	"	3	Camp du 18 au 19 janvier. — Même plateau avec <i>alfa</i> . Coucher du soleil à 5 ^h 15.	
"	"	"	"	S. O. S.	5	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
9.8	45	"	"	S.	2	"	0		
1.0	93	"	"	S. O.	1	"	0	Camp du 19 au 20 janvier. — Même plateau avec touffes de <i>remets</i> , de <i>chiers</i> , etc. Coucher du soleil à 5 ^h 10.	
"	"	"	"	S. O.	1	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	S.	2	"	2		
"	"	"	"	"	"	"	"		
1.3	19	"	"	S. O.	1	"	0		
1.7	44	"	"	"	0	"	1	Le camp est posé dans le lit de l'Oued Nili. Limon couvert d'une végétation belle et verdoyante de <i>bétoum</i> , de buissons de <i>jubiers</i> , de touffes de <i>remets</i> , de <i>thapsia</i> , etc. Le <i>remets</i> vert foncé domine à l'emplacement du camp.	
"	"	0	"	"	0	"	"		
"	"	0	"	"	"	"	"		
"	"	0	"	"	"	"	"		
"	"	0	"	"	"	"	"		
"	"	0	"	"	"	"	"		
1.0	27	0	"	N.	1	"	1		
3.2	70	3	"	N. N. E.	1	"	1	Cirrus, stratus. Cirrus, cumulus. Cumulus.	
"	"	3	"	"	"	"	"		
3.0	38	3	7,0	E.	2	"	1		
3.3	34	3	25,5	N. E.	2	"	3		
3.8	39	3	37,5	N. E.	2	"	4		
3.7	59	3	42,0	"	0	"	2		
3.9	73	3	41,1	N. E.	1	"	1		
4.1	85	18	Glacé.	"	0	"	9	Camp du 22 au 23 janvier et jours suivants sur le plateau, avec touffes çà et là. A partir de 2 heures du soir, temps couvert et vent frais du S. E. et de l'E.	
"	"	"	"	S. E.	2	"	2		
"	"	"	"	"	"	"	"		
5.2	68	0	"	E.	1	O.	9		
3.7	78	3	"	S. O.	1	S. O.	7	A 1 heure { Au Sud, cumulo-stratus venant de l'E. { Au zénith, cirrus. { Au Nord, nimbus (stratus roses venant du Nord et surmontés de cirrus). Au coucher du soleil, cumulus rouges au N., s'élevant en zigzags vers les régions élevées.	
"	"	"	"	S. O.	3	"	9		
"	"	"	"	"	"	"	"		
3.2	41	"	"	S.	1	"	1		

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET DIFFÉRENCES.		
				QUANT. barom. mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉRENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.	
Camp		24 janvier.....	7 ^h m.	697,1	"	"	697,1	- 3,3	- 3,7	0,4
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,8 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	15,9 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 15 s.	"	"	"	"	15,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	699,8	"	"	699,8	7,9	"	"
Camp		25 janvier.....	7 ^h m.	698,5	"	"	698,5	- 1,4	- 1,7	0,3
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	13,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 45 s.	"	"	"	"	13,9 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 25 s.	"	"	"	"	13,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	5 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	697,4	"	"	697,4	9,1	3,6	5,5
Camp.....		<i>Idem.</i>	9 ^h s.	"	"	"	4,9	"	"	
		<i>Idem.</i>	10 ^h s.	"	"	"	"	"	"	

RÉSUMÉ DU 17 AU 25 JANVIER 1880 INCLUS

Température.....	{	Minimum absolu.....	- 4°,7 le 18 janvier.
		Moyenne des minimum.....	- 3°,3
		Maximum absolu.....	18°,4 le 20 janvier.
		Moyenne des maximum.....	14°,8.
Tension de la vapeur.....	{	Minimum.....	1 millim. le 19 janvier à 7 heures du matin.
		Maximum.....	5 millim. 2 le 22 janvier à 7 heures du soir.
Humidité relative.....	{	Minimum.....	19 le 19 janvier à 7 heures du soir.
		Maximum.....	9/4 le 25 janvier à 7 heures du matin.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
3.2	90	"	"	"	0	"	1	De 6 heures à 6 h. 15 du soir, coup de vent venant du Nord.	
"	"	"	"	S. O.	2	"	2		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	N. E.	5	"	"		
"	"	"	"	N. E.	3	N. E.	1		
3.9	94	"	"	N.	1	"	1	Le camp est posé auprès du puits de Zebbacha, sur le plateau calcaire et rocaillieux où les touffes deviennent de plus en plus rares. Quelques gouttes de pluie de 6 heures à 7 heures du soir. Mon petit baromètre portatif indique, de 1 heure à 5 heures du soir, une baisse de 2 millimètres, et, de 5 heures à 7 heures du soir, une baisse de 1 millim. 5.	
"	"	"	"	N. E.	1	"	3		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	10		
2.6	31	0	"	N. E.	5	"	9		
"	"	0	"	N.	3	O.	3		
"	"	0	"	"	1	"	1		

(9 JOURS). — DE LAGHOUCAT À ZEBBACHA.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température.....	Thermomètre fronde.....	— 1°,8	13°,8	5°,9
	Thermomètre sec.....	— 1°,4	"	6°,2
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	2 millim. 9	"	2 millim. 8
	Humidité relative.....	71	"	42
Nébulosité.....		2,9	2,0	2,9
Force du vent.....		1,1	2,0	1,3
Nombre de jours de vent	du Nord.....	1	"	"
	du Nord-Est.....	"	2	2
	de l'Est.....	"	"	1
	du Sud-Est.....	"	1	"
	du Sud.....	"	"	2
	du Sud-Ouest.....	2	3	1
	de l'Ouest.....	"	"	"
	du Nord-Ouest.....	"	"	"

DEUXIÈME PÉRIODE, DU 26 AU 29 JANVIER 1880 INCLUS.

(Arrêt de 4 jours à Zebbacha.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉES.	ALTITUDES PROPOSÉES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FONDÉ.				ÉVAPORATION TOTAL. des 24 heures.	PLUIES.			
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h	1 ^h	7 ^h	Moyennes.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.	
							m.	s.	s.			millim.	millim.	millim.	
26 janv.	Zebbacha...	32° 54' 56",1	707	-4,3	13,0	4,4	-2,6	11,2	5,9	4,8	"	"	"	"	
27 janv.	Idem.....			-2,8	12,7	5,0	1,3	11,1	6,4	6,3	6,6	"	"	"	"
28 janv.	Idem.....			1,5	7,0	4,3	4,4	5,8	4,8	5,0	2,1	"	15,8	15,8	
29 janv.	Idem.....			2,3	12,0	7,2	4,1	10,6	6,4	7,0	4,4	0,5	"	0,5	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCS.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
Séjour à Zebbacha.....	Abri dressé.	26 janvier.....	8 ^h m.	millim. 697,9	millim. "	millim. "	millim. 697,9	degrés. -1,6	degrés. -2,6	degrés. 1,0
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	696,8	"	"	696,8	10,9	5,0	5,9
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	698,6	"	"	698,6	5,9	1,6	4,3
		27 janvier.....	7 ^h m.	697,8	"	"	697,8	2,3	-1,6	2,9
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	11,8	8,6	3,2
		<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	698,3	"	"	698,3	6,2	1,9	4,3
		28 janvier.....	7 ^h m.	696,4	"	"	696,4	4,2	2,9	1,3
		<i>Idem.</i>	9 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	695,5	"	"	695,5	5,6	4,9	0,7
		<i>Idem.</i>	4 ^h s.	695,9	"	"	695,9	6,3	5,6	0,7
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	696,6	"	"	696,6	4,6	4,2	0,4
		29 janvier.....	7 ^h m.	697,4	"	"	697,4	4,0	3,1	0,9
		<i>Idem.</i>	10 ^h m.	697,0	"	"	697,0	8,0	"	"
<i>Idem.</i>	1 ^h s.	697,5	"	"	697,5	10,8	7,6	3,2		
<i>Idem.</i>	8 ^h s.	699,9	"	"	699,9	6,3	5,1	1,2		

RÉSUMÉ DU 26 AU 29 JANVIER 1880 INCLUS

Pression barométrique...	Minimum.....	695 millim. 9 le 28 janvier à 4 heures du soir.
	Maximum.....	699 millim. 9 le 29 janvier à 7 heures du soir.
Température.....	Minimum absolu.....	-4°,3 le 26 janvier.
	Moyenne des minimum.....	-0°,8.
	Maximum absolu.....	13°,0 le 26 janvier.
Tension de la vapeur....	Moyenne des maximum.....	11°,2.
	Minimum.....	2 millim. 3 le 27 janvier à 7 heures du matin.
Humidité relative.....	Maximum.....	6 millim. 4 les { 28 janvier à 4 heures du soir. 27 janvier à 2 heures du soir
	Minimum.....	31 le 26 janvier à 1 heure du soir.
Nombre de jours de pluie.....	Maximum.....	93 le 28 janvier à 7 heures du soir.
	Minimum.....	2.
Hauteur de pluie tombée..	Minimum.....	2.
	Maximum.....	2.
Évaporation en 24 heures.	totale.....	16 millim. 3.
	maxima en 1 heure.....	2 millim. 7.
	moyenne.....	4 millim. 4.
	maxima.....	6 millim. 6.

HYGROMÉTRIE.		OZONE		ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (4 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.	(0 à 21).	DIRECTION.		FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.				
millim.										
3.2	78	1		"	S. O.	1			A 7 heures du soir, le ciel est couvert comme par une mousseline de cirrus; la lune y dessine un halo d'une quarantaine de degrés de diamètre. (Les balos sont fréquents.)	
3.0	31	0	"	0	N.	2				
2.6	38	0	"	21.0	S. O.	1				
2.3	46	4	0	Glacé.	O.	0			Cumulus sombres et bas. <i>Idem.</i> <i>Idem.</i> Cumulus proprement dits et cumulo-stratus à l'E. Cumulus à l'O.	
6.4	62	4	0	71.0	"	0				
"	"	4	0	71.0	E. N. E.	4				
2.7	38	4	0	87.0	E.	2	S. O.			
4.9	79	9	9	103.5	E. N. E.	3	E. N. E.		Cumulus sombres et bas. <i>Idem.</i> <i>Idem.</i> <i>Idem.</i> <i>Idem.</i> A 9 h. 30 du matin a commencé une pluie fine et serrée, accompagnée d'un vent frais du Nord-Est. — A 1 heure du soir, le pluviomètre indiquait une hauteur de 9 millim. 4 d'eau, tombée en trois heures et demie de temps. A 2 heures du soir, la pluie cesse; le pluviomètre indique 2 millim. 4 tombés en une heure, ce qui fait en tout 11 millim. 8 de pluie en quatre heures et demie. A 2 h. 30, la pluie reprend par petites averses discontinues jusqu'à 7 heures du soir; le pluviomètre indique alors 4 millimètres d'eau, tombée en quatre heures et demie.	
"	"	"	"	103.5	N. E.	3	"			
6.1	89	"	"	106.0	N. E.	3	"N. E.			
6.4	90	"	"	107.5	N. E.	2	N. E.			
5.9	93	"	"	107.5	N. N. E.	3	N. N. E.			
5.2	86	0		111.2	N. N. E.	2	N. N. E.		Cumulus sombres et bas. " " " " Stratus au N. et à l'E.	
"	"	0		111.2	"	"	"			
5.9	61	0		126.0	"	"	"			
5.9	82	5		152.0	N. O. O.	1	"			

(4 JOURS). — ARRÊT À ZEBBACHA.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Pression barométrique.....		697 millim. 4	696 millim. 9	698 millim. 4
Température.....	Thermomètre fronde.....	1°,8	9°,7	5°,9
	Thermomètre sec.....	2°,0	9°,8	5°,8
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	3 millim. 9	5 millim. 4	4 millim. 3
	Humidité relative.....	72	61	63
Nébulosité.....		7,5	7,3	4
Force du vent.....		1,5	1,8	1,8
Nombre de jours de vent	du Nord.....	"	1	"
	du Nord-Est.....	"	1	"
	de l'Est.....	"	"	1
	du Sud-Est.....	"	"	"
	du Sud.....	"	"	"
	du Sud-Ouest.....	1	"	1
	de l'Ouest.....	1	"	"
	du Nord-Ouest.....	"	"	"

TROISIÈME PÉRIODE, DU 30 JANVIER AU 9 FÉVRIER 1880 INCLUS.

(11 jours, dont 8 de marche et 3 d'arrêt, de Zebbacha à Hassi-Charef.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉS.	ALTITUDES PROXIMES. mèt.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FONDS.				ÉVAPORATION TOTALE des 24 heures. millim.	PLUIES.	
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h	1 ^h	7 ^h	Moyennes.		7 ^h	7 ^h
				degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.		degr.	m.
30 janv.	Zebbacha	32°54'56",1	707	2,5	15,4 fr.	9,0	4,3	14,2	8,4	9,0	"	Très forte rosée, gouttes de pluie par un temps clair.	"
31 janv.	Idem			0,5	16,4 fr.	8,5	2,6	15,2	6,5	8,1	"	Très forte rosée.	"
1 ^{er} fév.	Idem			3,2	15,0 fr.	9,1	5,6	14,6	10,4	10,1	"	"	"
2 fév.	Ain-Massin	"	"	7,2	17,0	12,1	8,2	11,6	8,3	9,4	2,8	0,3	0,2
3 fév.	Idem			3,6	13,9 fr.	8,8	4,2	13,9	6,7	8,3	"	"	Pluie et grêle.
4 fév.	Idem			0,8	14,4 fr.	7,6	0,9	13,6	7,6	7,4	"	Forte rosée.	Gouttes.
5 fév.	El-Hassi	32° 6'41",2	637	2,0	14,5	8,3	2,9	13,2	8,3	8,1	8,7	"	"
6 fév.	Idem			2,4	15,6 fr.	9,0	3,2	15,6	12,6	10,5	"	"	Gouttes.
7 fév.	Idem			3,8	15,4 fr.	9,6	4,6	14,6	11,4	10,1	"	"	Gouttes.
8 fév.	Idem	31°37'57",6	405	-1,7	17,4 fr.	7,9	-1,6	16,9	13,3	9,5	"	"	"
9 fév.	Hassi-Charef			4,8	21,0	12,9	6,4	20,1	10,3	12,3	9,6	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET DIFFÉRENCES.		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à Zebbacha.....	Abri dressé.	30 janvier.....	6 ^h 30 m.	700,6	"	"	700,6	3,7	2,7	1,0
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,2 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 20 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
Camp.....		<i>Idem.</i>	8 ^h s.	"	"	"	6,9	5,2	1,7	
Camp.....		31 janvier.....	7 ^h m.	704,7	"	"	704,7	2,4	1,9	0,5
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,2 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 15 s.	"	"	"	"	16,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 40 s.	"	"	"	"	15,6 fr.	"	"
Camp.....		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	704,6	"	"	704,6	6,5	4,3	2,2
Séjour à Ain-Massin....	Abri dressé.	1 ^{er} février.....	7 ^h m.	704,5	"	"	704,5	4,9	4,0	0,9
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,9 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 15 s.	"	"	"	"	15,0 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	716,6	"	"	716,6	10,9	9,2	1,7
		<i>Idem.</i>	8 ^h m.	717,4	"	"	717,4	"	"	"
Séjour à Ain-Massin....	Abri dressé.	<i>Idem.</i>	10 ^h 30 m.	718,1	"	"	718,1	10,0	"	"
		<i>Idem.</i>	12 ^h 30 s.	718,3	"	"	718,3	11,9	8,6	3,3
		<i>Idem.</i>	7 ^h 30 s.	718,6	"	"	718,6	8,2	6,2	2,0
		3 février.....	7 ^h m.	717,1	"	"	717,1	4,6	3,6	1,0
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	13,9 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 45 s.	"	"	"	"	11,9 fr.	"	"
Camp.....		<i>Idem.</i>	2 ^h 15 s.	"	"	"	"	8,1 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	"	"	"	9,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	710,3	"	"	710,3	7,2	5,6	1,6
		4 février.....	7 ^h m.	707,9	"	"	707,9	1,2	0,9	0,3
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	13,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,2 fr.	"	"
Camp.....		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	14,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	707,3	"	"	707,3	8,2	6,1	2,1

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
5.0	83	"	158,0	O.	1	"	3	Cumulus au N. et à l'E. Cumulus proprement dits. Cumulo-stratus au N. " " " " " "	Le matin, la rosée a été particulièrement abondante. (Je n'ai noté la rosée que lorsqu'elle était très forte.)— De plus, j'ai nettement senti et entendu tomber de grosses gouttes de pluie, et j'ai constaté en même temps que le ciel était absolument pur et dépourvu de nuages de toute sorte au-dessus et autour du camp. Camp du 30 au 31 janvier et jours suivants, sur le plateau de plus en plus nu.
"	"	"	"	N.	3	N.	3		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
5.6	75	0	"	N.	2	"	3		
5.0	94	7	"	"	0	"	1	Stratus au N. " " " "	Le matin, très forte rosée; givre.
"	"	"	"	N.	1	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
4.9	67	0	"	N.	1	"	1		
5.6	86	8	"	"	0	"	10	Cumulus sombres. Cumulus gris et blancs. "	Pluie menaçante toute l'après-midi. Le camp est posé au milieu de la vallée d'Ain-Massin, qui, à ce point, a une largeur de 4 kilomètres environ, une hauteur d'à peu près 70 mètres, et une direction N. N. O.—S. S. E. Il a plu abondamment à Ain-Massin les jours précédents; nous trouvons de beaux <i>gh'adir</i> (flaques d'eau), le long du ruisseau de la vallée.
"	"	"	"	S. E.	1	"	9		
7.7	79	0	0	S.	1	"	10		
7.8	94	12	12,0	"	0	"	10	Cumulus. "	Pendant la nuit, la pluie est tombée à deux reprises. Le matin, à 7 heures, le pluviomètre indique 3 ^{mm} ; à la même heure, arc-en-ciel au N. A 7 ^h 30 m., pluie; il tombe 0 ^{mm} , ₁ en une demi-heure. A 8 ^h 30 m., pluie; il tombe 0 ^{mm} , ₁ en un quart d'heure.
6.4	61	"	18,0	N. E.	1	"	9		
5.9	72	"	37,0	N. O.	1	"	1		
5.3	83	"	40,5	N. O.	1	"	5	Cumulus. "	Pendant la matinée, temps lourd et couvert. A 1 heure s., cumulus et strato-cumulus venant du S.; au-dessus, nuages bleus, d'aspect cirriforme; cumulus noirs au S. O. A 1 ^h 30 s., gouttes de pluie; pluie au N. O. A 1 ^h 45 s., grêle légère. A 2 ^h s., pluie fine avec grêle. A 2 ^h 15 s., pluie fine. Le sol, bien que sec, boit lentement et se couvre de flaques d'eau. A 2 ^h 30 s., fin de la pluie. La quantité de pluie tombée n'a pu être mesurée, parce que nous étions en marche. Camp du 3 au 4 février, sur le plateau.
"	"	"	"	N.	1	S.	9		
"	"	"	"	"	"	"	6		
"	"	"	"	"	"	"	"		
5.8	76	0	"	N. O.	1	"	9		
4.7	94	5	"	N.	1	"	2	Cumulo-stratus sombres. Cirrus. Cumulus sombres. Cumulo-stratus sombres. "	Le matin, forte rosée et givre. Pendant la matinée, le vent souffle du N. Vers 1 heure du soir, le vent tombe, les nuages s'amoncellent, le temps devient lourd. A 2 ^h 15 s., gouttes de pluie. Vers la fin de l'après-midi, le ciel se dégage. Le camp est posé près des puits d'El-Hassi, à la tête de la vallée de l'Oued Sobti, qui se dirige vers le Sud.
"	"	"	"	N.	1	"	8		
"	"	"	"	"	"	"	"		
5.8	71	0	0	N. E.	1	"	1		

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baromètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉRENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à El-Hassi.....	Abri dressé.	5 février.....	7 ^h m.	708,3	"	"	708,3	3,0	2,2	0,8
		<i>Idem</i>	8 ^h m.	707,9	"	"	707,9	6,0	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	709,3	"	"	709,3	12,9	8,2	4,7
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	707,7	"	"	707,7	8,6	5,3	3,3
		6 février.....	7 ^h m.	707,9	"	"	707,9	3,3	2,6	0,7
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,9 fr.	"	"
Dayet-el-Aref.....		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	721,0	"	"	721,0	12,4	7,9	4,5
		7 février.....	7 ^h m.	721,2	"	"	721,2	4,3	3,3	1,0
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,8 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
Tenet-el-Anez.....		<i>Idem</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	724,6	"	"	724,6	12,6	6,4	6,2
		8 février.....	7 ^h m.	726,4	"	"	726,4	- 1,5	- 2,0	0,5
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	16,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	17,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	17,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	16,9 fr.	"	"
Séjour à Hassi-Charef...	Abri dressé.	<i>Idem</i>	5 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	728,6	"	"	728,6	13,6	6,1	7,5
		9 février.....	7 ^h m.	729,3	"	"	729,3	6,6	3,1	3,5
		<i>Idem</i>	1 ^h m.	"	"	"	"	20,4	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	728,8	"	"	728,8	19,8	10,1	9,7
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	19,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	4 ^h s.	728,1	"	"	728,1	18,0	"	"
<i>Idem</i>	8 ^h 15 s.	731,1	"	"	731,1	10,7	6,3	4,4		

RÉSUMÉ DU 30 JANVIER AU 9 FÉVRIER 1880 INCLUS

Température.....	{	Minimum absolu.....	- 1°,7 le 8 février.
		Moyenne des minimum.....	2°,6.
		Maximum absolu.....	17°,4 le 8 février.
		Moyenne des maximum.....	16°,0.
Tension de la vapeur.....	{	Minimum.....	2 millim. 6 le 8 février à 7 heures du soir.
		Maximum.....	7 millim. 8 le 2 février à 7 heures du matin.
Humidité relative.....	{	Minimum.....	20 le 9 février à 1 heure du soir.
		Maximum.....	94 } le 2 février à 7 heures du matin. le 4 février à 7 heures du matin.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 31).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
4.9	86	10	6,0	N.	1	"	0		
"	"	0	"	"	"	"	"		
5.3	47	"	28,5	N. E.	2	"	2	Cumulus proprement dits.	
4.7	56	"	64,0	N.	1	"	0	Cumulo-stratus.	
5.1	88	11	73,0	"	0	"	1	"	
"	"	"	"	S. O.	1	"	8	Cumulus gris et bas au N. E.	
"	"	"	"	"	"	"	"	Cumulo-stratus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
5.3	49	0	"	S. E.	1	"	10	Cumulus.	
5.2	83	6	"	S. O.	1	"	1	Stratus.	
"	"	"	"	S. O.	2	"	8	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
3.5	32	"	"	N. O.	1	"	1	Stratus.	
3.7	89	"	"	N.	1	"	1	Cirrus.	
"	"	"	"	O.	1	"	1	Cirrus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
3.6	22	13,0	"	O.	3	"	"	"	
"	"	"	"	"	0	"	4	Cumulus.	
3.6	50	0	0	N.	1	"	3	Cirrus et stratus.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
3.4	20	0	40,5	N. O.	3	"	2	Nuages au N.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
4.5	47	0	85,5	"	0	"	1	Stratus au N. O.	

(11 JOURS). — DE ZEBBACHA À HASSI-CHAREF.

Nombre de jours	}	de pluie.....	6
		de forte rosée.....	3
		de givre.....	2
		de grêle.....	1
Hauteur totale de pluie tombée.....		0 ^{mm} 5	

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température	{ Thermomètre froide	3°,7	14°,9	9°,4
	{ Thermomètre sec	3°,7	"	9°,6
Hygrométrie	{ Tension de la vapeur	5 millim. 1	"	5 millim. 1
	{ Humidité relative	84	"	59
Nébulosité		3,4	5,5	2,2
Force du vent		0,6	1,5	0,9
Nombre de jours de vent	{ du Nord	4	4	3
	{ du Nord-Est	"	2	1
	{ de l'Est	"	"	"
	{ du Sud-Est	"	1	1
	{ du Sud	"	"	1
	{ du Sud-Ouest	1	2	"
	{ de l'Ouest	1	1	"
	{ du Nord-Ouest	1	1	3

QUATRIÈME PÉRIODE, DU 10 AU 17 FÉVRIER 1880 INCLUS.

(8 jours de marche d'Hassi-Charef à El-Goléa.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES		ALTITUDES MÉTÈRES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FONDÉ.				ÉVAPORATION TOTALE des 24 heures.	PLUIES.				
		APPROCHÉS.	MÉTÈRES.		Minima. degr.	Maxima. degr.	Moyennes. degr.	7 ^h .		7 ^h .			Moyennes. degr.	7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.	
								m.	s.	s.	Moyennes.						
10 fév..	Hassi-Charef.			mèt.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.		millim.			
11 fév..	<i>Idem</i>				3,2	24,9 fr.	14,1	4,4	20,6	17,2	14,1						
12 fév..	<i>Idem</i>				6,5	23,9 fr.	15,2	11,5	20,6	11,5	14,5				Petite pluie.		
13 fév..	<i>Idem</i>	31° 37' 57",6	405		6,4	15,4 fr.	10,9	7,3	14,9	12,3	11,5		5,5				
14 fév..	<i>Idem</i>				4,8	16,8	10,8	5,6	15,9	12,2	11,2						
15 fév..	<i>Idem</i>				4,5	15,4 fr.	10,0	5,4	14,8	9,5	9,9						
16 fév..	<i>Idem</i>				-2,0	19,4 fr.	8,7	-0,4	15,5	8,9	8,0						
17 fév..	El-Goléa....	30° 34' 47",1	386		-0,6	18,6 fr.	9,0	1,4	15,4	11,5	9,4						
					2,2	23,3	12,8	4,4	17,5	15,4	12,6						

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à Hassi-Charef...	Abri dressé.	10 février.....	7 ^h m.	729,1	"	"	729,1	4,4	2,7	1,7
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	20,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	22,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	24,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	24,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h 15 s.	731,1	"	"	731,1	17,0	8,0	9,0
Camp.....		11 février.....	6 ^h 30 m.	729,5	"	"	729,5	10,6	4,9	5,7
		<i>Idem</i>	9 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	20,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	22,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	23,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	23,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h s.	"	"	"	"	23,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h 30 s.	"	"	"	"	22,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
Oued Sadana.....		<i>Idem</i>	8 ^h s.	734,4	"	"	734,4	11,5 fr.	"	"
		12 février.....	6 ^h 30 s.	733,9	"	"	733,9	7,1	3,7	3,4
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 15 s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h 15 s.	"	"	"	"	14,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	735,5	"	"	735,5	12,6	5,9	6,7
Camp.....		13 février.....	6 ^h 30 m.	735,5	"	"	735,5	5,0	2,6	2,4
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	16,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	735,4	"	"	735,4	12,0	8,0	4,0
Gouiret-Mouissa.....	Abri dressé.									
Noumar.....		14 février.....	6 ^h 30 m.	735,8	"	"	735,8	5,4	3,7	1,7
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,8 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	734,2	"	"	734,2	9,2	4,0	5,2

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur. millim.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
4.6	73	3	96,0	N. O.	1	"	2	Le camp du 10 au 11 février est posé dans l'Oued T'rir, dont la largeur n'est plus que de 500 mètres environ et la hauteur d'une trentaine de mètres; sol avec touffes.	
"	"	"	"	S.	3	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
2.6	18	0	"	S.	1	"	1		
3.1	32	3	"	"	0	"	0	Camp du 11 au 12 février sur le plateau de calcaire poli et absolument nu, au bord de l'Oued Sadana. A partir de 3 heures du soir, le vent du Nord augmente d'intensité. A 5 heures du soir, il devient fort. Il pousse de gros cumulus sombres qui bientôt couvrent le ciel. A 5 heures 30 du soir, gouttes de pluie, puis rafales avec pluie. A partir de 7 heures du soir, le vent devient violent; la pluie diminue. A 8 heures du soir, la pluie tombée depuis 5 h. 30 n'est pas appréciable au pluviomètre.	
"	"	"	"	E.	3	"	0		
"	"	"	"	N. E.	2	N.	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	N.	5	"	10		
"	"	"	"	N.	6	"	9		
"	"	"	"	N.	6	"	8		
3.9	52	"	"	N.	3	"	10	Pendant la nuit, vent violent, surtout vers 9 heures du soir; averses et rafales. A 7 heures du matin, le pluviomètre indique 5 millim. 5. Toute la matinée et une partie de l'après-midi, le vent souffle avec force du Nord. Il soulève une épaisse poussière de sable au milieu des dunes de l'Oued Sidi-Hamed, dont la surface, mouillée par la pluie de la nuit précédente, offre cependant une consistance relative. A 2 heures du soir, la traversée des dunes est achevée. Sur le plateau calcaire, l'atmosphère, obscurcie par les poussières fines en suspension, est opaline laiteuse; on ne distingue pas à quelque distance les monticules isolés qui parsèment le plateau. A 3 h. 15 du soir, sur le plateau, la température au fronde est de 14°.9. Nous descendons un escarpement d'une quinzaine de mètres, au pied duquel le camp est posé dans le lit sableux d'un oued; cet emplacement est abrité contre le vent du Nord; la température au fronde au même moment est de 16°.2, soit de 1°.3 plus élevée que sur le plateau. Le vent tombe, mais l'atmosphère reste opaque; le soleil, à son coucher, est pâle et blanc, à peine visible.	
"	"	"	"	N.	4	"	0		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
2.9	27	"	"	N. O.	1	"	0		
4.1	63	"	"	N. O.	1	"	0	Camp du 13 au 14 février, dans un large oued, non loin de Gouret-Mouissa.	
"	"	"	"	N.	2	"	0		
"	"	"	"	"	"	"	"		
5.6	54	0	17,5	N. O.	1	"	6	Cumulus sombres.	
5.0	74	5	39,0	N. O.	1	"	1	Camp du 14 au 15 février, au Sud de Noumar.	
"	"	"	"	N.	1	"	0		
3.0	34	"	"	"	0	"	0		

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				QUART baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Noumar.....		15 février.....	7 ^h m.	734,0	"	"	734,0	-0,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h 30 s.	735,4	"	"	735,4	8,7	4,9	3,8
Camp.....		16 février.....	6 ^h 30 m.	733,8	"	"	733,8	0,7	-0,9	1,6
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	14,9 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	"	"	"	17,2 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	18,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h 45 s.	733,7	"	"	733,7	10,1	5,1	5,0
Séjour à El-Goléa.....	Abri dressé.	17 février.....	6 ^h 30 m.	730,4	"	"	730,4	4,0	0,7	3,3
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	17,5 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h 30 s.	732,2	"	"	732,2	14,9	7,3	7,6

RÉSUMÉ DU 10 AU 17 FÉVRIER 1880 INCLUS

Température.....	{	Minimum absolu.....	- 2°,0 le 15 février.
		Moyenne des minimum.....	3°,1.
		Maximum absolu.....	24°,9 le 10 février.
		Moyenne des maximum.....	19°,7.
Tension de la vapeur....	{	Minimum.....	2 millim. 6 le 10 février à 7 h. 15 du soir.
		Maximum.....	5 millim. 6 le 13 février à 7 heures du soir.
Humidité relatifé.....	{	Minimum.....	18 le 10 février à 7 h. 15 du soir.
		Maximum.....	74 le 14 février à 6 heures et demie du matin.
Nombre de jours de pluie.....			2.
Hauteur totale de pluie tombée.....			> 5 millim. 5.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE FICHE (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.	"	"	"	"	0	"	3	Cirrus.	Camp du 15 au 16 février, dans un petit oued; emplacement abrité de tous les côtés contre les vents.
"	"	"	"	N. O.	1	"	0	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
4.2	50	0	"	"	0	"	0	"	
3.3	69	3	"	"	0	"	0	"	Camp du 16 au 17 février, aux Gour Ouargla, dans une anse formée à l'Ouest et au Nord par les groupes de monticules isolés, hauts d'environ 50 mètres, et à l'Est par une chaîne de dunes de hauteur analogue; la largeur de l'anse de l'Est à l'Ouest n'a pas 1 kilomètre.
"	"	"	"	S. O.	2	"	0	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
3.6	39	0	"	"	0	"	1	Cirrus.	
2.9	47	3	"	"	0	"	0	"	Le camp est posé à El-Goléa, dans un grand espace vide au milieu de l'oasis et au pied ouest de la Casbah. A 1 kilomètre environ vers l'Est s'élève un grand escarpement Nord-Sud, haut de 72 mètres. L'emplacement est découvert au Nord, au Sud et à l'Ouest. Le sol est formé d'un limon sableux, nu.
"	"	"	"	"	0	"	0	"	
3.1	25	0	31.0	"	0	"	0	"	

(8 JOURS). — D'HASSI-CHAREF À EL-GOLÉA.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température ...	Thermomètre fronde.....	5°,0	16°,9	12°,3
	Thermomètre sec.....	4°,6	"	12°,0
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	3 millim. 8	"	3 millim. 6
	Humidité relative.....	59	"	35
Nébulosité.....		2,0	0,3	1,9
Force du vent.....		0,8	1,8	1,1
Nombre de jours de vent	du Nord.....	1	3	1
	du Nord-Est.....	"	1	"
	de l'Est.....	"	"	"
	du Sud-Est.....	"	"	"
	du Sud.....	1	"	1
	du Sud-Ouest.....	"	1	"
	de l'Ouest.....	"	"	"
du Nord-Ouest.....	3	1	2	

CINQUIÈME PÉRIODE, DU 18 AU 23 FÉVRIER 1880 INCLUS.

(Arrêt de 6 jours à El-Goléa.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉS.	ALTITUDES PROVISOIRES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FROUDE.				ÉVAPORATION TOTALE des 24 heures.	PLUIES.		
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7	4 ^b	7	Moyennes.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.
							m.	s.	s.					
18 fév..	El-Goléa....	30° 34' 47", 1	386	degr. 5,4	degr. 22,2	degr. 13,6	degr. 6,4	degr. 21,2	degr. 14,4	degr. 14,0	millim. 9,1	"	"	"
19 fév..	Idem.....			3,4	22,8	22,9	10,2	19,4	11,6	13,7	9,7	"	"	"
20 fév..	Idem.....			1,8	23,8	22,8	6,6	19,4	13,2	13,1	8,5	"	"	"
21 fév..	Idem.....	"	"	5,2	21,8	23,5	10,9	22,2	11,9	15,0	10,5	"	"	"
22 fév..	Idem.....			9,7	"	"	12,9	23,7	17,4	18,0	9,2	"	"	"
23 fév..	Idem.....			6,7	24,5	25,6	9,4	24,4	16,2	16,7	11,1	"	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à El-Goléa.....	Abri dressé.	18 février.....	7 ^h 15 m.	734,5	"	"	734,5	6,2	1,7	4,5
		Idem.....	1 ^h s.	734,4	"	"	734,4	20,7	10,5	10,2
		Idem.....	6 ^h 30 s.	736,5	"	"	736,5	14,4	6,4	8,0
		19 février.....	7 ^h 15 m.	734,7	"	"	734,7	10,5	4,9	5,6
		Idem.....	8 ^h 30 m.	"	"	"	"	13,1 fr.	"	"
		Idem.....	9 ^h 30 m.	"	"	"	"	15,4 fr.	"	"
		Idem.....	10 ^h 30 m.	"	"	"	"	17,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	19,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	20,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 15 s.	736,5	"	"	736,5	20,3	9,4	10,9
		Idem.....	2 ^h 45 s.	"	"	"	"	20,7 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h s.	"	"	"	"	22,7 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 15 s.	"	"	"	"	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 45 s.	"	"	"	"	17,1 fr.	"	"
		Idem.....	7 ^h 45 s.	737,4	"	"	737,4	11,1	5,7	5,4
		20 février.....	7 ^h m.	735,3	"	"	735,3	7,2	5,4	1,8
		Idem.....	9 ^h 15 m.	"	737,8	736,9	737,4	13,9	"	"
		Idem.....	10 ^h 15 m.	"	738,0	736,6	737,3	17,4	"	"
		Idem.....	11 ^h 15 m.	"	736,9	736,5	736,7	19,2	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	733,9	"	"	733,9	20,2	9,8	10,4
		Idem.....	1 ^h 15 s.	"	735,5	735,8	735,7	20,6	"	"
		Idem.....	7 ^h 30 s.	736,4	"	"	736,4	11,9	6,0	5,9
		21 février.....	7 ^h m.	734,5	735,6	737,1	735,7	10,9	6,2	4,7
		Idem.....	8 ^h m.	"	738,4	738,4	738,4	11,6	"	"
		Idem.....	11 ^h 10 m.	"	737,3	737,9	737,6	19,9	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	733,3	735,3	736,8	735,1	21,6	10,6	11,0
		Idem.....	7 ^h 30 s.	735,3	"	"	735,3	18,4	7,6	10,8
		22 février.....	7 ^h m.	733,2	"	"	733,2	13,0	6,2	6,8
Idem.....	1 ^h s.	732,8	"	"	732,8	24,4	11,1	13,3		
Idem.....	2 ^h s.	732,8	"	"	732,8	24,4	"	"		
Idem.....	6 ^h 30 s.	733,0	"	"	733,0	18,2	9,4	8,8		
Idem.....	9 ^h 50 s.	730,9	"	"	730,9	15,0	"	"		
23 février.....	7 ^h m.	730,7	"	"	730,7	9,5	"	"		
Idem.....	7 ^h 30 m.	731,4	731,4	731,4	731,4	9,7	4,5	5,2		
Idem.....	8 ^h 30 m.	"	732,7	733,0	732,9	14,0	"	"		
Idem.....	9 ^h 30 m.	"	732,6	733,5	733,1	17,6	"	"		
Idem.....	10 ^h 30 m.	"	732,3	733,2	732,8	20,6	"	"		
Idem.....	11 ^h 30 m.	"	731,4	733,4	732,4	22,6	"	"		
Idem.....	12 ^h 30 m.	"	730,6	730,9	730,8	24,5	"	"		
Idem.....	1 ^h s.	730,3	"	"	730,3	24,6	10,7	13,9		
Idem.....	1 ^h 30 s.	"	729,9	730,3	730,1	24,8	"	"		
Idem.....	2 ^h 30 s.	"	729,7	729,8	729,8	25,4	"	"		
Idem.....	3 ^h 30 s.	"	729,7	729,4	729,6	26,0	"	"		
Idem.....	4 ^h 30 s.	"	729,4	729,5	729,5	24,9	"	"		
Idem.....	6 ^h s.	"	729,3	729,8	729,6	21,2	"	"		
Idem.....	8 ^h s.	729,7	"	"	729,7	16,4	6,4	10,0		

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
2.5	35	1	54,0	N.	1	"	2	Cirrus. Nuages blancs légers.	
3.4	18	"	86,0	N.	1	"	3		
2.4	20	"	129,0	N.	1	"	1		
3.1	33	1	173,5	N.	2	"	0		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
2.3	13	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	196,0	N.	2	"	0		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
3.6	36	"	219,0	O.	1	"	0		
5.6	74	1	234,0	"	1	"	0		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
2.8	16	"	265,0	N.	2	"	0		
3.5	33	"	304,0	"	0	"	0		
4.3	44	1	308,0	"	0	"	1	Cirrus; petits nuages. Je me suis rendu, avec M. Choisy, au Guern el-Chouff, à une journée plus au Sud, au passage des grandes dunes. Les températures suivantes ont été constatées en cours de marche, à l'aide du thermomètre fronde 7896. 20 février... { 1 ^h s. — 21°,4 { 3 ^h s. — 21°,4 21 février... { 1 ^h s. — 23°,4	
"	"	"	"	"	"	"	"		
2.9	15	"	356,0	N. E.	2	"	0		
1.3	8	"	409,0	N. E.	1	"	4	Cirrus. Nuages blancs légers.	
3.0	26	1	429,0	"	0	"	3	Nuages blancs légers.	
1.9	8	"	474,0	"	0	"	0		
3.5	23	"	501,0	"	0	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"	Nuages de moyenne hauteur.	
3.1	35	0	528,0	"	0	"	4		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
1.3	6	"	554,0	N. O.	1	"	1		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
1.2	8	"	612,0	"	0	"	0		

RÉSUMÉ DU 18 AU 23 FÉVRIER 1880 (6 JOURS). — ARRÊT À EL-GOLÉA.

Pression barométrique . . .	{	Minimum	729 mill. 5 le 23 février à 4 heures 30 soir.
		Maximum	738 mill. 9 le 20 février à 1 heure du soir.
Température	{	Minimum absolu	1°,8 le 20 février.
		Moyenné des minimum	5°,3.
		Maximum absolu	24°,5 le 23 février.
		Moyenne des maximum	22°,9.
Tension de la vapeur	{	Minimum	1 millim. 2 le 23 février à 8 heures du soir.
		Maximum	5 millim. 6 le 20 février à 7 heures du matin.
Humidité relative	{	Minimum	6 le 23 février à 1 heure du soir.
		Maximum	74 le 20 février à 7 heures du matin.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Pression barométrique		734 millim. 1	734 millim. 7	735 millim. 7
Température	Thermomètre fronde	9°,4	21°,7	14°,1
	Thermomètre sec	9°,6	22°,0	14°,8
Hygrométrie	Tension de la vapeur	3 millim. 6	2 millim. 4	2 millim. 6
	Humidité relative	41	12	21
Nébulosité		2,0	0,7	1,0
Force du vent		0,7	1,3	0,5
Nombre de jours de vent	du Nord	2	2	1
	du Nord-Est	"	1	1
	de l'Est	"	"	"
	du Sud-Est	"	"	"
	du Sud	"	"	"
	du Sud-Ouest	"	"	"
	de l'Ouest	"	"	1
	du Nord-Ouest	"	1	"

Évaporation en 24 heures	{	Moyenne	9 millim. 7.
		Maxima	11 millim. 1.

SIXIÈME PÉRIODE, DU 24 FÉVRIER AU 9 MARS 1880 INCLUS.

(15 jours, dont 14 de marche et 1 d'arrêt, d'El-Goléa à Ouargla.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉES.	ALTITUDES PROVISOIRES. mèt.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FROIDE.				ÉVAPORATION TOTALE des 24 heures. millim.	PLUIES.		
				Minima. degr.	Maxima. degr.	Moyennes. degr.	7 ^h m.	1 ^h s.	7 ^h s.	Moyennes. degr.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.
24 févr.	El-Goléa.....			4,4	21,5 fr.	14,8	9,2	24,4	19,4	17,7	"	"	"	"
25 févr.	Idem.....			11,8	29,4 fr.	20,6	13,4	28,1	17,9	19,8	"	Gouttes.	Gouttes.	"
26 févr.	Idem.....			11,5	30,4 fr.	20,9	15,5	26,4	19,9	20,6	"	Petite pluie.	Gouttes.	"
27 févr.	Idem.....			11,3	26,4 fr.	18,9	15,1	23,4	15,6	18,0	"	"	"	"
28 févr.	Idem.....			8,2	22,4 fr.	15,3	8,6	19,4	15,7	14,6	"	"	Gouttes.	"
29 févr.	Idem.....	30° 34' 47",1	386	9,3	18,4 fr.	13,9	10,3	17,8	15,6	14,6	"	5,5	Gouttes.	"
1 ^{er} mars.	Idem.....			9,0	20,1 fr.	14,6	10,5	18,4	16,9	15,3	"	"	Gouttes.	"
2 mars.	Idem.....			8,3	13,4 fr.	10,9	9,9	13,4	11,4	11,6	"	3,3	Petite pluie.	"
3 mars.	Idem.....			9,0	13,9 fr.	11,5	9,6	13,9	10,9	11,5	"	3,3	Petite pluie.	"
4 mars.	Idem.....			8,5	17,4 fr.	13,0	9,2	16,4	13,4	13,0	"	Petite pluie.	Gouttes.	"
5 mars.	Idem.....			6,0	24,7	15,4	7,9	18,0	16,4	14,1	"	Rosée.	"	"
6 mars.	Hassi-el-Aïcha.			8,1	19,6	13,9	9,2	17,4	16,4	14,3	8,1	"	Gouttes.	"
7 mars.	Idem.....		162	9,3	17,2	13,3	10,6	16,2	14,3	13,7	"	"	Petite pluie.	"
8 mars.	Idem.....			10,2	16,6	13,4	11,1	14,4	15,4	13,6	"	11,4	Petite pluie.	"
9 mars.	Ouargla.....	31° 57' 10",5	154	10,3	19,2	14,8	12,4	11,9	16,0	15,4	"	"	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRES		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
El-Golâa.....	Abri dressé.	24 février.....	6 ^h 30 m.	730,2	"	"	730,2	9,6	2,5	7,1
		Idem.....	7 ^h 45 m.	"	731,5	731,7	731,6	10,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	24,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 45 s.	"	732,7	734,0	733,4	24,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	25,1 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 40 s.	"	"	"	"	24,4 fr.	"	"
Feidjet-Turki.....		25 février.....	6 ^h 30 m.	733,5	734,0	734,1	733,9	12,8	6,2	6,6
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	"	"	"	14,4 fr.	"	"
		Idem.....	8 ^h 5 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	28,1 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	"	"	"	27,4 fr.	"	"
		Idem.....	3 ^h s.	"	732,8	733,0	732,9	30,6	"	"
		Idem.....	3 ^h 15 s.	"	"	"	"	29,4 fr.	"	"
		Idem.....	5 ^h 20 s.	"	732,9	733,2	733,1	26,1	"	"
		Idem.....	7 ^h s.	735,5	733,4	733,4	734,1	18,4	8,6	9,8
		Idem.....	10 ^h s.	735,4	"	"	735,4	"	"	"
Mechgarden.....		26 février.....	6 ^h 30 m.	732,8	"	"	732,8	14,9	9,9	5,0
		Idem.....	7 ^h 35 m.	"	733,5	733,1	733,3	17,6 fr.	"	"
		Idem.....	8 ^h 35 m.	"	730,8	731,3	731,1	21,9 fr.	"	"
		Idem.....	9 ^h 35 m.	"	731,3	731,2	731,3	25,4 fr.	"	"
		Idem.....	10 ^h 35 m.	"	732,1	732,4	732,3	26,0 fr.	"	"
		Idem.....	11 ^h 35 m.	"	731,7	732,1	731,9	26,4 fr.	"	"
		Idem.....	Midi 30.	"	732,1	732,3	732,2	27,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	26,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	732,9	733,0	732,9	28,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 10 s.	"	731,9	733,9	732,9	27,9 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h 30 s.	"	731,3	732,2	731,8	27,4	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	"	731,4	732,9	732,2	24,6	"	"
		Idem.....	7 ^h 30 s.	733,2	731,6	732,1	732,3	20,4	12,5	7,9
		Camp.....		27 février.....	6 ^h 30 m.	728,9	728,3	728,5	728,6	14,9	10,4	4,5
Idem.....	8 ^h 15 m.			"	727,2	725,6	726,4	18,4 fr.	"	"
Idem.....	9 ^h 15 m.			"	725,7	726,0	725,9	19,4 fr.	"	"
Idem.....	10 ^h 15 m.			"	723,8	724,5	724,2	21,9 fr.	"	"
Idem.....	11 ^h 30 m.			"	719,8	721,0	720,4	23,4 fr.	"	"
Idem.....	Midi 30.			"	716,9	717,8	717,4	23,4 fr.	"	"
Idem.....	1 ^h s.			"	"	"	"	23,4 fr.	"	"
Idem.....	1 ^h 30 s.			"	717,9	719,2	718,6	24,4 fr.	"	"
Idem.....	2 ^h 5 s.			720,6	720,6	720,6	720,6	26,2 fr.	"	"
Idem.....	4 ^h s.			"	720,0	720,7	720,4	26,4	"	"
Idem.....	5 ^h 30 s.			"	720,4	720,1	720,3	20,2	"	"
Idem.....	7 ^h s.			722,4	718,3	720,4	720,4	15,9	8,7	7,2

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
1.2	13	0	630,0	"	0	"	2	Cirrus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	S. E.	1	"	2	Cirrus, cirro-cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
2.6	16	0	"	"	0	"	6	Cumulus au N. O., cirrus au zénith.	
3.1	28	6	"	N. O.	1	S. O.	9	Cumulus, éclaircie au Sud.	
"	"	"	"	S. E.	1	S. O.	9	"	
"	"	"	"	"	3	"	"	"	
"	"	"	"	S.	4	"	9	Cumulus, éclaircie au Nord.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
2.5	16	0	"	"	0	O.	6	Cumulus.	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
5.1	49	0	"	"	0	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	S. O.	1	"	7	Cumulus, éclaircie au Nord.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
6.1	34	0	"	"	0	"	10	Cumulus.	
6.7	53	0	"	N. E.	2	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	N. E.	4	S.	10	Idem.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	E.	2	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
4.1	30	0	"	"	0	"	5	"	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Camp.....		28 février.....	6 ^h m.	723,1	"	"	723,1	9,2	8,6	0,6
		Idem.....	6 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	7 ^h m.	"	722,2	722,2	722,2	10,8 fr.	"	"
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	8 ^h m.	"	723,2	723,3	723,2	12,7 fr.	"	"
		Idem.....	9 ^h m.	"	723,6	723,4	723,5	15,6 fr.	"	"
		Idem.....	10 ^h m.	"	723,6	723,4	723,5	17,4 fr.	"	"
		Idem.....	11 ^h m.	"	722,6	723,3	723,0	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	Midi.	"	723,8	723,7	723,8	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	723,1	723,7	723,4	19,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	722,9	723,2	723,1	21,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 30 s.	720,4	725,0	725,0	723,5	22,4 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h s.	"	725,2	725,7	725,5	19,4	"	"
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	725,6	725,9	725,8	17,0	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
Camp.....		Idem.....	7 ^h s.	729,4	726,2	726,5	727,4	16,2	"	"
		Idem.....	9 ^h s.	728,0	"	"	728,0	"	"	"
Camp.....		29 février.....	6 ^h 45 m.	728,8	"	"	728,8	9,9	9,9	0,0
		Idem.....	7 ^h 35 m.	"	728,8	728,5	728,7	11,8 fr.	"	"
		Idem.....	8 ^h 35 m.	"	728,2	727,7	728,0	12,9 fr.	"	"
		Idem.....	9 ^h 35 m.	"	728,7	728,6	728,7	13,4 fr.	"	"
		Idem.....	10 ^h 35 m.	"	730,5	731,2	730,9	15,4 fr.	"	"
		Idem.....	11 ^h 35 m.	"	728,4	729,1	728,8	16,9 fr.	"	"
		Idem.....	Midi 35.	"	729,7	730,0	729,9	17,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	17,8 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h 35 s.	"	729,6	730,0	729,8	18,1 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 35 s.	"	730,3	731,0	730,7	17,7 fr.	"	"
		Idem.....	3 ^h 10 s.	731,1	730,9	731,4	731,1	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	4 ^h 30 s.	"	730,5	731,3	730,9	18,4	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	"	730,5	730,9	730,7	17,2	"	"
		Idem.....	7 ^h 45 s.	733,5	731,0	731,0	731,8	15,5	11,6	3,9
	Camp.....		1 ^{er} mars.....	6 ^h m.	732,9	"	"	732,9	9,9	7,5	2,4
		Idem.....	7 ^h m.	"	730,9	730,9	730,9	10,6 fr.	"	"
		Idem.....	8 ^h m.	"	732,1	732,7	732,4	11,2 fr.	"	"
		Idem.....	9 ^h m.	"	732,5	732,5	732,5	13,4 fr.	"	"
		Idem.....	10 ^h m.	"	733,2	732,8	733,0	14,6 fr.	"	"
		Idem.....	11 ^h m.	"	733,5	733,1	733,3	16,6 fr.	"	"
		Idem.....	Midi.	"	732,4	732,1	732,3	17,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	"	732,2	732,0	732,1	18,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 15 s.	"	731,2	731,1	731,2	19,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h 45 s.	"	731,3	731,2	731,2	20,1 fr.	"	"
		Idem.....	3 ^h s.	732,1	"	"	732,4	"	"	"
		Idem.....	4 ^h s.	"	730,7	731,3	731,0	24,4	"	"
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	731,4	735,4	733,4	17,0	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	733,0	"	"	733,0	17,0	12,0	5,0
		Idem.....	7 ^h s.	"	732,0	731,5	731,8	15,0	"	"
	Idem.....	8 ^h 30 s.	734,2	"	"	734,2	"	"	"	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET			
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.	
					1.	2.		sec.	monillé.		
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.	
Camp.....		2 mars.....	6 ^h m.	733,4	"	"	733,4	8,7	8,7	0	
		Idem.....	7 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"	
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"	
		Idem.....	7 ^h 40 m.	"	731,9	731,3	731,6	9,2 fr.	"	"	
		Idem.....	8 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"	
		Idem.....	8 ^h 40 m.	"	733,1	732,5	732,8	9,7 fr.	"	"	
		Idem.....	9 ^h 40 m.	"	733,1	733,1	733,1	12,6 fr.	"	"	
		Idem.....	10 ^h 40 m.	"	735,1	734,3	734,7	12,9 fr.	"	"	
		Idem.....	11 ^h 40 m.	"	734,4	733,8	734,2	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	Midi 40.	"	734,4	733,3	733,9	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	1 ^h 40 s.	"	734,4	732,8	733,6	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	734,4	733,5	733,9	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	2 ^h 40 s.	"	736,7	734,5	735,6	13,4 fr.	"	"	
		Idem.....	3 ^h 30 s.	737,3	"	"	737,3	"	"	"	
		Idem.....	4 ^h s.	"	737,3	736,3	736,8	13,4	"	"	
		Idem.....	6 ^h s.	737,5	"	"	737,5	11,9	9,4	2,5	
	Idem.....	8 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"		
Près d'Hassi-Berkan.....		3 mars.....	6 ^h m.	740,9	"	"	740,9	9,7	8,6	1,1	
		Idem.....	7 ^h 35 m.	"	730,9	740,3	735,6	10,1 fr.	"	"	
		Idem.....	8 ^h 35 m.	"	742,5	741,4	742,0	10,4 fr.	"	"	
		Idem.....	9 ^h 35 m.	"	741,0	740,0	740,5	11,6 fr.	"	"	
		Idem.....	10 ^h 35 m.	"	742,9	741,5	742,2	12,6 fr.	"	"	
		Idem.....	Midi 5.	"	741,1	740,5	740,8	12,9 fr.	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	"	742,1	740,9	741,5	13,9 fr.	"	"	
		Idem.....	2 ^h 5 s.	"	742,6	742,1	742,4	12,4 fr.	"	"	
		Idem.....	3 ^h s.	"	742,9	742,3	742,6	12,4	"	"	
		Idem.....	4 ^h s.	743,9	"	"	743,9	"	"	"	
		Idem.....	5 ^h s.	"	744,1	743,6	743,9	11,8	"	"	
		Idem.....	6 ^h s.	"	"	"	"	11,2	8,6	2,6	
		Idem.....	7 ^h s.	"	744,0	743,4	743,7	10,9	"	"	
		Idem.....	8 ^h s.	746,6	"	"	746,6	"	"	"	
	Camp.....		4 mars.....	6 ^h m.	745,7	"	"	745,7	9,2	8,6	0,6
			Idem.....	6 ^h 45 m.	"	744,7	743,5	744,1	9,6 fr.	"	"
			Idem.....	7 ^h 45 m.	"	745,5	745,3	745,4	11,0 fr.	"	"
		Idem.....	8 ^h 45 m.	"	745,9	745,5	745,7	11,6 fr.	"	"	
		Idem.....	9 ^h 45 m.	"	745,6	745,3	745,5	11,6 fr.	"	"	
		Idem.....	11 ^h 15 m.	"	745,6	745,5	745,6	14,6 fr.	"	"	
		Idem.....	Midi 35.	"	746,7	746,3	746,5	14,6 fr.	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	16,4 fr.	"	"	
		Idem.....	1 ^h 35 s.	"	746,5	746,1	746,3	16,4 fr.	"	"	
		Idem.....	2 ^h 35 s.	"	747,1	747,0	747,1	16,9 fr.	"	"	
		Idem.....	3 ^h s.	"	747,5	746,8	747,2	17,4 fr.	"	"	
		Idem.....	3 ^h 30 s.	747,6	"	"	747,6	"	"	"	
		Idem.....	4 ^h s.	"	748,6	748,1	748,4	17,2	"	"	
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	748,4	747,9	748,2	13,8	"	"	
		Idem.....	7 ^h 45 s.	750,5	749,2	749,0	749,6	14,0	9,2	4,8	
Près d'Hassi-Bedjedian.....											

HYGROMÉTRIE		OZONE (0 à 24).	ÉVAPOROMÈTRE PICHÉ. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
8.4	100	2	"	N. E.	2	O.	9	Cumulus sombres.	<p>Dans la soirée du 1^{er} mars, arc-en-ciel de lune. Pendant la nuit, plusieurs averses; tonnerre. Le 2 mars, à 6 heures du matin, le pluviomètre indique 3 millim. 3 d'eau tombée. Pendant la matinée, petite pluie. Toute la journée, vent froid et humidité. Camp du 2 au 3 mars, au milieu d'une dépression demi-circulaire d'une quinzaine de mètres de hauteur, communiquant au Sud-Est avec la vallée d'Hassi-Berkan; sol limoneux.</p>
"	"	"	"	"	0	"	9	"	
"	"	"	"	O.	1	O.	9	Cumulus noirs et bas venant de l'O. Au-dessous, cumulus blancs.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	1	"	9	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	N. E.	3	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
7.3	70	0	"	N. E.	3	"	10	Cumulus.	
"	"	0	"	N. E.	4	"	"	"	
7.7	85	5	"	N. E.	3	N. E.	10	Cumulus bas venant de l'O. Au-dessus, nimbus moins sombres.	<p>Pendant la nuit, pluie. Le 3 mars, à 6 heures du matin, le pluviomètre indique 3 millim. 3 d'eau tombée. Même temps que la veille. A plusieurs reprises, gouttes de pluie; vers 4 heures du soir, petite pluie. Camp du 3 au 4 mars. Plaine de calcaire poli et nu.</p>
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	N. E.	3	O.	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
6.8	69	0	"	N. E.	1	"	9	Cumulus.	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
8.0	92	18	"	"	0	"	10	Cumulus.	<p>Pendant la nuit, un peu de pluie. Pendant la journée, gouttes de pluie. Camp du 4 au 5 mars près d'Hassi-Bedjedian. Ce camp, ainsi que ceux des jours suivants, est dans le lit de l'Oued Mya; sol de sables et graviers fins, quelquefois avec croûte gypseuse, blanc bleuâtre poli; plus ou moins de touffes vertes.</p>
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	E.	2	O.	8	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
5.8	48	0	"	N. E.	1	"	10	Cumulus.	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Près d'Hassi-Bedjedian.		5 mars.....	6 ^h m.	748,1	"	"	748,1	7,7	7,2	0,5
		<i>Idem</i>	6 ^h 45 m.	"	748,5	748,3	748,4	9,0 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h 45 m.	"	750,2	733,0	742,6	9,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	8 ^h 45 m.	"	750,4	751,2	750,8	12,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h 45 m.	"	750,9	751,5	751,2	14,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	10 ^h 30 m.	"	752,3	752,4	752,4	16,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	11 ^h 30 m.	752,8	"	"	752,8	"	"	"
		<i>Idem</i>	Midi 30.	"	"	"	"	17,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	750,5	750,5	751,0	750,7	18,2	11,5	6,7
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	749,8	750,2	749,6	749,9	19,2	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h s.	749,7	749,5	749,5	749,6	18,3	"	"
		<i>Idem</i>	4 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	5 ^h s.	749,2	749,6	749,8	749,5	16,9	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h 10 s.	749,3	"	"	749,3	16,7	9,9	6,8
		<i>Idem</i>	7 ^h 15 s.	749,8	749,3	749,8	749,6	14,6	"	"
Séjour à Hassi-el-Aïcha.	Abri dressé.	6 mars.....	7 ^h m.	749,3	749,8	749,1	749,4	9,4	8,4	1,0
		<i>Idem</i>	8 ^h m.	750,3	749,8	749,9	749,9	11,8	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h m.	750,3	750,0	750,5	750,3	13,7	"	"
		<i>Idem</i>	10 ^h m.	750,4	750,4	750,4	750,4	14,2	"	"
		<i>Idem</i>	11 ^h m.	749,8	750,2	750,0	750,0	17,1	"	"
		<i>Idem</i>	Midi.	748,9	749,0	749,2	749,0	18,6	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	748,9	748,7	749,0	748,9	17,4	11,8	5,6
		<i>Idem</i>	2 ^h s.	747,9	747,9	747,9	747,9	18,0	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h s.	747,4	747,5	747,5	747,5	18,2	"	"
		<i>Idem</i>	4 ^h 30 s.	"	"	"	"	17,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	5 ^h s.	747,8	747,7	748,0	747,8	17,0	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	748,4	"	"	748,4	16,1	11,1	5,0
		<i>Idem</i>	7 ^h 30 s.	748,8	747,8	748,0	748,2	14,2	"	"
Près d'Hassi-el-Kebach.		7 mars.....	6 m.	747,2	"	"	747,2	10,7	9,4	1,3
		<i>Idem</i>	7 ^h 15 m.	"	748,8	747,7	748,3	11,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	8 ^h 15 m.	"	748,0	747,7	747,8	11,8 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h 15 m.	"	748,7	748,3	748,5	14,0 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	10 ^h 15 m.	"	749,3	748,2	748,8	16,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	11 ^h 45 m.	"	748,6	747,6	748,1	17,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	Midi 45.	"	747,4	746,6	747,0	16,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	16,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 45 s.	"	748,0	747,2	747,6	14,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h s.	"	747,9	746,8	747,4	14,9	"	"
		<i>Idem</i>	4 ^h s.	747,7	"	"	747,7	"	"	"
		<i>Idem</i>	5 ^h 30 s.	"	747,8	747,0	747,4	14,3	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	"	"	"	13,4	12,1	1,3	
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	"	747,5	746,9	747,2	12,2	"	"
		<i>Idem</i>	8 ^h s.	"	"	"	"	"	"	
		<i>Idem</i>	9 ^h s.	748,8	"	"	748,8	"	"	"

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 25).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.3	93	11	"	N. E.	1	E.	4	Le matin, forte rosée; dans la journée, gouttes de pluie. Maximum de température vers midi 30. Le camp est posé près d'Hassi-el-Aïcha.	
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
6.1	39	"	6,5	N. E.	1	"	6		
"	"	"	6,5	"	"	"	"		
"	"	"	6,5	"	"	"	"		
"	"	"	27,0	N. E.	1	"	5		
"	"	"	27,0	"	"	"	"		
5.0	29	"	33,0	E.	4	"	3		
"	"	"	33,0	"	"	"	"		
7.6	87	"	45,5	N. E.	1	N. E.	7	Cumulus bas venant du N. E. Nuages au-dessus. Eclaircie au N.	
"	"	"	45,5	"	"	"	"		
"	"	"	45,5	"	"	"	"		
"	"	"	45,5	"	"	"	"		
"	"	"	45,5	"	"	"	"		
7.0	47	"	77,0	N. E.	3	"	8		
"	"	"	77,0	"	"	"	"		
"	"	"	77,0	"	"	"	"		
"	"	"	77,0	"	"	"	"		
"	"	"	110,5	"	"	"	"		
6.9	50	"	114,0	N. E.	1	"	1		
"	"	"	114,0	"	"	"	"		
8.0	83	"	131,0	N. E.	4	S. O.	8	Toute la journée, temps couvert; vent fort du Nord-Est, soulevant beaucoup de poussière de sable. A partir de 1 heure du soir, pendant l'après-midi et la soirée, petites pluies intermittentes. Camp du 7 au 8 mars près d'Hassi-bel-Kebach. A 8 heures du soir, coup de vent.	
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	N. E.	5	"	10		
"	"	"	"	"	"	"	"		
"	"	"	"	"	"	"	"		
9.8	85	0	"	N. E.	4	"	10		
"	"	0	"	"	"	"	"		
"	"	0	"	N.	6	"	"		
"	"	0	"	N.	2	"	10		

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Près d'Hassi-bel-Kebach.		8 mars.....	6 ^h m.	747,8	"	"	747,8	10,8	10,6	0,2
		<i>Idem</i>	7 ^h 45 m.	"	748,8	747,2	748,0	12,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h m.	"	748,7	747,6	748,2	13,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	10 ^h m.	"	749,4	748,2	748,8	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	11 ^h 30 m.	"	749,7	748,1	748,9	14,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	Midi 30.	"	748,3	746,8	747,6	16,0 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	14,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h 30 s.	"	748,3	746,8	747,6	14,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	2 ^h 10 s.	"	747,6	746,1	746,9	16,2 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	3 ^h 30 s.	"	746,3	745,4	745,9	16,8	"	"
		<i>Idem</i>	5 ^h 15 s.	"	747,3	746,1	746,7	15,6	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	"	747,3	"	747,3	15,4	13,4	2,0
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	"	747,5	746,1	746,8	15,2	"	"
		Près d'Hassi-ben-Keneissa.		9 mars.....	6 ^h m.	748,8	"	"	748,8	12,1	10,8	1,3
<i>Idem</i>	6 ^h 45 m.			"	751,9	750,2	751,1	12,5 fr.	"	"
<i>Idem</i>	7 ^h 45 m.			"	752,2	750,3	751,2	13,1 fr.	"	"
<i>Idem</i>	8 ^h 45 m.			"	753,3	751,9	752,6	14,6 fr.	"	"
<i>Idem</i>	9 ^h 45 m.			"	754,4	752,5	753,5	15,6 fr.	"	"
<i>Idem</i>	11 ^h 15 m.			"	754,6	752,8	753,7	17,2 fr.	"	"
<i>Idem</i>	Midi 15.			"	754,5	752,8	753,7	17,4 fr.	"	"
<i>Idem</i>	1 ^h s.			"	"	"	"	17,9 fr.	"	"
<i>Idem</i>	1 ^h 15 s.			"	754,5	752,7	753,6	17,9 fr.	"	"
<i>Idem</i>	2 ^h 15 s.			"	754,1	752,6	753,4	18,6 fr.	"	"
<i>Idem</i>	2 ^h 45 s.			"	754,0	752,5	753,3	19,4 fr.	"	"
<i>Idem</i>	4 ^h s.			"	752,7	752,9	752,8	17,6	"	"
<i>Idem</i>	5 ^h 30 s.			"	752,6	752,6	752,6	16,8	"	"
<i>Idem</i>	6 ^h 30 s.			753,5	"	"	753,5	15,7	12,4	3,3
<i>Idem</i>	7 ^h s.	"	752,5	752,7	752,6	15,4	"	"		
Séjour à Ouargla.....	Abri dressé.									

RÉSUMÉ DU 24 FÉVRIER AU 9 MARS 1880 INCLUS

Température.....	Minimum absolu.....	6°,0 le 5 mars.
	Moyenne des minimum.....	9°,0.
	Maximum absolu.....	30°,4 le 26 février.
	Moyenne des maximum.....	20°,7.
Tension de la vapeur.....	Minimum.....	1 millim. 2 le 24 février à 6 h. 30 du matin.
	Maximum.....	10 millim. 3 le 8 mars à 6 heures du soir.
Humidité relative.....	Minimum.....	13 le 24 février à 6 h. 30 du matin.
	Maximum.....	100 les { 29 février à 6 h. 15 du matin. 2 mars à 6 heures du matin.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPOROMÈTRE PICES. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
9.4	97	2	"	N.	3	N. E.	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	N. N. E.	4	N. N. E.	10	Deux étages de cumulus, l'étage inférieur se mouvant dans la direction du vent.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
10.3	78	0	"	N. N. E.	2	N. E.	9	Deux étages de cumulus.	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
8.9	84	7	"	N. E.	1	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	N. E.	1	"	9	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
8.8	65	0	10,0	N. E.	1	"	1	Cumulus au N.	
"	"	0	10,0	"	"	"	"	"	

(14 JOURS). — D'EL-GOLÉA À OUARGLA.

Nombre de jours	}	de pluie.....	12.
		de forte rosée.....	1.
		d'orage avec tonnerre.....	2.
		d'éclairs sans tonnerre.....	1.
Hauteur de pluie tombée..	}	totale.....	> 23 millim. 5
		en une heure.....	1 millim. 3.

CHEMIN DE FER TRANSSAHARIEN.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température	Thermomètre fonde	10°,8	19°,1	15°,7
	Thermomètre sec	10°,6	"	15°,6
Hygrométrie	Tension de la vapeur	7 millim. 1	"	6 millim. 5
	Humidité relative	75	"	50
Nébulosité		7,9	8,4	6,4
Force du vent		1,4	2,5	1,6
Nombre de jours de vent	du Nord	1	"	1
	du Nord-Est	8	8	6
	de l'Est	"	3	1
	du Sud-Est	"	1	"
	du Sud	"	1	"
	du Sud-Ouest	"	1	"
	de l'Ouest	"	"	"
	du Nord-Ouest	1	"	"

SEPTIÈME PÉRIODE, DU 10 AU 17 MARS 1880 INCLUS.

(Arrêt de 8 jours à Ouargla.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉS.	ALTITUDES PROVÉES. mèt.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FONDÉ.				ÉVAPORATION des 24 heures. millim.	PLUIES.		
				Minima. degr.	Maxima. degr.	Moyennes. degr.	7 ^h m.	1 ^h s.	7 ^h s.	Moyennes. degr.		7 ^h m.	7 ^h s.	s/4 heures.
10 mars.	Ouargla.....	31° 57' 10",5	154	12,7	20,8	16,8	13,5	18,9	15,7	16,0	8,1	"	"	"
11 mars.	Idem.....			10,8	20,9	15,9	11,7	19,9	14,9	15,5	8,2	"	"	"
12 mars.	Idem.....			4,2	22,7	13,5	10,4	19,3	10,3	13,3	5,7	"	"	"
13 mars.	Idem.....			4,6	28,5	16,6	9,4	23,2	18,4	17,0	5,6	"	"	"
14 mars.	Idem.....			6,8	22,4	14,6	12,4	19,5	16,4	16,1	7,5	"	"	"
15 mars.	Idem.....			6,2	25,8	16,0	10,8	22,9	17,4	17,0	7,2	"	"	"
16 mars.	Idem.....			4,1	28,2	16,9	10,9	23,3	26,9	20,4	7,4	"	"	"
17 mars.	Idem.....			4,3	27,4	15,9	6,9	24,2	22,7	17,9	8,2	"	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES				TEMPÉRATURE ET			
				CORRIGÉES.				THERMOMÈTRE			DIFFÉ- RENCES.
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	sec.	mouillé.	degrés.	
millim.	1.	2.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.					
		10 mars.....	7 ^h m.	756,6	756,3	756,3	756,4	13,2	"	"	
		Idem.....	7 ^h 30 m.	756,8	"	"	756,8	13,7	11,9	1,8	
		Idem.....	8 ^h m.	757,0	756,6	756,7	756,8	14,1	"	"	
		Idem.....	9 ^h m.	757,2	757,1	757,1	757,1	15,4	"	"	
		Idem.....	10 ^h 30 m.	757,4	757,3	757,4	757,4	18,0	"	"	
		Idem.....	11 ^h m.	757,4	756,9	756,9	757,1	18,0	"	"	
		Idem.....	12 ^h m.	757,1	756,8	756,8	756,9	18,9	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	756,1	755,8	756,8	756,2	18,9	11,9	7,0	
		Idem.....	2 ^h s.	755,1	754,8	756,6	755,4	21,7	"	"	
		Idem.....	3 ^h s.	755,4	755,0	755,4	755,3	19,4	"	"	
		Idem.....	5 ^h s.	755,9	754,9	755,9	755,6	17,8	"	"	
		Idem.....	6 ^h s.	756,1	"	"	756,1	15,7	10,9	4,8	
		Idem.....	7 ^h s.	756,2	755,7	756,1	756,0	15,2	"	"	
		11 mars.....	7 ^h m.	758,5	758,4	758,0	758,3	11,8	10,3	1,5	
		Idem.....	8 ^h m.	758,7	758,9	758,2	758,6	12,7	"	"	
		Idem.....	9 ^h m.	758,7	759,2	758,8	758,9	14,2	"	"	
		Idem.....	10 ^h m.	758,6	759,2	759,1	759,0	16,6	"	"	
		Idem.....	11 ^h m.	758,4	758,8	758,4	758,5	18,4	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	757,5	757,8	757,9	757,7	19,4	11,2	8,2	
		Idem.....	2 ^h s.	757,3	757,0	757,4	757,2	19,6	"	"	
		Idem.....	4 ^h s.	756,9	756,9	756,9	756,9	19,3	"	"	
		Idem.....	4 ^h 30 s.	757,4	"	"	757,4	17,5	"	"	
		Idem.....	6 ^h s.	757,5	757,5	757,7	757,6	15,8	"	"	
		Idem.....	7 ^h s.	757,5	"	"	757,5	15,1	9,4	5,5	
		Idem.....	8 ^h 30 s.	758,2	"	"	758,2	12,5	"	"	
Séjour à Ouargla.....	Abri dressé.	12 mars.....	6 ^h 30 m.	757,4	"	"	757,4	9,4	"	"	
		Idem.....	7 ^h m.	"	758,7	758,2	758,5	9,5	"	"	
		Idem.....	7 ^h 15 m.	"	"	"	"	11,0	8,6	2,4	
		Idem.....	9 m.	"	758,9	759,4	759,1	17,4	"	"	
		Idem.....	11 ^h m.	"	758,1	758,6	758,3	19,2	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	757,4	757,4	757,4	757,4	21,4	13,4	8,0	
		Idem.....	3 ^h s.	"	756,5	757,1	756,8	22,0	"	"	
		Idem.....	5 ^h s.	"	756,0	757,0	756,5	18,6	"	"	
		Idem.....	9 ^h s.	756,7	"	"	756,7	10,1	7,7	2,4	
		13 mars.....	7 ^h m.	756,2	756,3	756,2	756,2	11,2	8,4	2,8	
		Idem.....	9 ^h m.	"	756,6	757,0	756,8	18,6	"	"	
		Idem.....	11 ^h m.	"	755,7	755,6	755,7	22,3	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	755,8	754,6	754,9	755,1	23,6	14,4	9,2	
		Idem.....	3 ^h s.	"	753,2	753,8	753,5	22,9	"	"	
		Idem.....	5 ^h s.	"	753,1	753,1	753,1	20,1	"	"	
		Idem.....	7 ^h s.	753,4	753,4	753,2	753,3	18,6	11,4	7,2	
		14 mars.....	7 ^h m.	755,1	755,1	754,9	755,1	12,6	9,2	3,4	
		Idem.....	9 ^h m.	"	756,4	756,6	756,5	16,2	"	"	
		Idem.....	11 ^h m.	"	756,1	756,2	756,2	19,1	"	"	
		Idem.....	1 ^h s.	755,2	754,9	754,7	754,9	19,6	11,9	7,7	
		Idem.....	2 ^h 30 s.	753,7	"	"	753,7	22,1	"	"	
		Idem.....	3 ^h s.	"	754,1	753,9	754,0	20,3	"	"	
		Idem.....	5 ^h s.	"	754,2	753,9	754,1	17,7	"	"	
		Idem.....	6 ^h s.	754,0	"	"	754,0	16,6	11,4	5,2	
		Idem.....	7 ^h s.	"	754,6	754,3	754,5	14,4	"	"	

HYGROMÉTRIE.		OZONE (n à 21.)	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
9.3	80	4	27,0	N. E.	1	N. E.	10	Cumulus.	Le matin, brume au-dessus de la ville et de l'oasis.
"	"	0	27,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	27,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	27,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	27,0	"	"	"	"	"	
6.2	38	0	55,0	N. E.	2	"	1	Cumulus proprement dits, au Nord.	
"	"	0	55,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	55,0	"	"	"	"	"	
6.8	52	0	91,0	N. E.	1	N. E.	6	Cumulus.	
"	"	0	91,0	"	"	"	"	"	
8.4	82	0	111,0	N. E.	1	E.	10	Cumulus.	Le matin, brume sur l'oasis.
"	"	0	111,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	111,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	111,0	"	"	"	"	"	
5.0	29	0	138,5	"	1	"	2	"	
"	"	0	138,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	138,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	138,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	138,5	"	"	"	"	"	
5.5	43	0	173,5	N. E.	1	"	2	Cirrus. Cumulus au N. O.	
"	"	0	173,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	173,5	"	"	"	"	"	Le matin, brume sur l'oasis.
"	"	0	173,5	"	"	"	"	"	
6.9	70	0	181,0	E.	1	"	0	"	
"	"	0	181,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	181,0	"	"	"	"	"	
6.7	35	0	203,0	E.	1	"	0	"	
"	"	0	203,0	"	"	"	"	"	
6.4	70	0	230,0	"	0	"	0	"	
6.6	66	0	233,5	"	0	"	0	"	Le matin, brume sur l'oasis.
"	"	0	233,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	233,5	"	"	"	"	"	
6.7	31	0	259,5	N. E.	1	"	0	"	
"	"	0	259,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	259,5	"	"	"	"	"	
5.7	36	0	286,5	"	0	"	0	"	
6.6	61	0	298,0	S. E.	1	"	2	"	Le matin, brume sur l'oasis.
"	"	0	298,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	298,0	"	"	"	"	"	
5.9	33	0	331,0	S. E.	2	"	2	Cumulus.	
"	"	0	331,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	331,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	331,0	"	"	"	"	"	
6.9	49	0	361,0	S. E.	1	"	1	"	
"	"	0	361,0	"	"	"	"	"	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à Ouargla.....	Abri dressé.	15 mars.....	7 ^h m.	755,9	"	"	755,9	11,1	9,0	2,1
		Idem.....	1 ^h s.	755,0	754,5	754,9	754,8	23,2	13,6	9,6
		Idem.....	3 ^h s.	"	753,7	753,9	753,8	21,7	"	"
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	753,9	754,0	754,0	18,8	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	753,5	"	"	753,5	17,5	12,7	4,8
		Idem.....	7 ^h s.	"	754,2	754,3	754,3	15,4	"	"
		16 mars.....	7 ^h m.	754,4	754,7	754,7	754,6	10,9	8,5	2,4
		Idem.....	9 ^h m.	"	755,9	756,1	756,0	18,3	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	754,2	754,0	754,4	754,2	23,2	14,6	8,6
		Idem.....	3 ^h s.	"	753,9	753,4	753,7	23,9	"	"
		Idem.....	5 ^h s.	"	753,2	753,7	753,5	21,0	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	753,8	"	"	753,8	27,0	13,9	13,1
		Idem.....	7 ^h s.	"	753,9	753,8	753,6	13,8	"	"
		17 mars.....	5 ^h 45 m.	"	"	"	"	5,4 fr.	"	"
		Idem.....	6 ^h m.	754,0	"	"	754,0	5,9	"	"
		Idem.....	6 ^h 20 m.	753,9	"	"	753,9	6,9	4,2	2,7
		Idem.....	1 ^h s.	752,1	"	"	752,1	24,2	14,1	10,1
		Idem.....	2 ^h s.	753,2	"	"	753,2	19,6	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	750,4	"	"	750,4	22,9	12,9	10,0

RÉSUMÉ DU 10 AU 17 MARS INCLUS

Pression barométrique...	Minimum.....	750 millim. 4 le 17 mars à 6 heures du soir.
	Maximum.....	759 mill. 1 le 12 mars à 9 heures du matin.
Température.....	Minimum absolu.....	4°,1 le 16 mars.
	Moyenne des minimum.....	6°,7.
	Maximum absolu.....	28°,5 le 13 mars.
	Moyenne des maximum.....	24°,6.
Tension de la vapeur.....	Minimum.....	4 millim. 0 le 16 mars à 6 heures du soir.
	Maximum.....	9 millim. 3 le 10 mars à 7 heures 30 du soir.
Humidité relative.....	Minimum.....	15 le 16 mars à 6 heures du soir.
	Maximum.....	82 le 11 mars à 7 heures du matin.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions).	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
7,3	74	0	374,0	N. E.	1	"	0	Cumulus proprement dits.	Le matin, brume sur l'oasis.
5,8	27	0	405,0	N. E.	2	"	2		
"	"	0	405,0	"	"	"	"		
"	"	0	405,0	"	"	"	"		
8,0	54	0	433,0	"	"	"	"		
"	"	0	433,0	"	"	"	"	"	"
6,9	69	0	442,0	"	0	"	0	"	Le matin, brume sur l'oasis.
"	"	0	442,0	"	"	"	"		
7,2	31	0	473,0	S. E.	1	"	0	Nuages à l'Ouest.	
"	"	0	473,0	"	"	"	"		
"	"	0	473,0	"	"	"	"		
"	"	0	473,0	"	"	"	"		
"	15	0	507,0	"	0	"	1		
4,0	"	0	507,0	"	"	"	"	"	"
"	"	0	507,0	"	"	"	"	Cirrus.	Le matin, brume sur l'oasis. Dans la journée, l'atmosphère est troublée par des poussières fines en suspension. (Présage du vent du Sud ou siroco, et du commencement des chaleurs). Nota. D'après renseignements, les vents domi- nants à Ouargla sont, en hiver, les vents du Nord et, en été, les vents du Sud.
"	"	0	507,0	"	"	"	"		
4,6	61	0	520,0	"	0	"	2		
5,9	26	0	555,0	S. E.	1	"	3		
"	25	0	555,0	"	"	"	"		
5,1	"	0	589,0	S. E.	1	"	2		
"	"	0	589,0	"	"	"	"		

(8 JOURS). — ARRÊT À OUARGLA.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Pression barométrique		755 millim. 8	755 millim. 3	754 millim. 4
Température	Thermomètre fronde	10°,8	21°,4	17°,8
	Thermomètre sec	11°,2	21°,7	17°,9
Hygrométrie	Tension de la vapeur	7 millim. 1	6 millim. 2	6 millim. 0
	Humidité relative	70	31	43
Nébulosité		3,0	1,3	1,5
Force du vent		0,6	1,4	0,4
Nombre de jours de vent	du Nord	"	"	"
	du Nord-Est	3	3	2
	de l'Est	1	1	"
	du Sud-Est	1	3	2
	du Sud	"	"	"
	du Sud-Ouest	"	"	"
	de l'Ouest	"	"	"
	du Nord-Ouest	"	"	"

Évaporation en 24 heures. { Moyenne..... 7 millim. 2.
Maxima..... 8 millim. 2.

HUITIÈME PÉRIODE, DU 18 AU 29 MARS 1880 INCLUS.

(19 jours, dont 11 de marche et 1 d'arrêt, d'Ouargla à Touggourt.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉS.	ALTITUDES PROVISAIRES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FONDS.				ÉVAPORATION TOTALE des 24 heures.	PLUIES.		
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h	1 ^h	7 ^h	Moyennes.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.
							m.	s.	s.					
18 mars.	Ouargla.....			degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	millim.			
19 mars.	Idem.....	31° 57' 10",5	154	5,1	30,8	18,0	5,5	27,4	22,9	18,6	"	"	"	"
20 mars.	Idem.....			10,7	29,5	20,1	12,2	27,4	23,9	21,2	"	"	"	"
21 mars.	Hassi-Hafert- Chaouch...			12,0	20,2	16,1	12,9	17,9	16,9	15,9	> 25	"	"	"
22 mars.	Idem.....			10,8	15,6	13,2	11,7	14,4	13,4	13,2	11,8	Petite pluie.	"	"
23 mars.	Idem.....			7,4	22,9	14,7	7,9	19,4	17,4	14,9	"	Rosée.	"	"
24 mars.	Idem.....			8,9	23,0	16,0	9,5	21,6	18,9	16,7	"	Rosée.	"	"
25 mars.	Idem.....		145	11,6	23,2	17,4	12,6	19,4	17,8	16,6	"	Petite pluie.	"	"
26 mars.	Idem.....	7,1		23,0	15,1	8,9	21,6	18,2	16,2	"	"	"	"	
27 mars.	Idem.....	11,2		25,0	18,1	12,4	22,6	18,9	18,0	"	"	Gouttes.	"	
28 mars.	Idem.....	12,0		17,7	14,9	"	16,6	14,9	"	"	Petite pluie.	Petite pluie.	"	
29 mars.	Touggourt...	33° 5' 0",8	95	7,9	26,7	17,3	11,4	26,2	25,4	21,0	"	"	Pluie.	"
				11,2	19,6	15,4	10,9	"	15,6	"	"	"	Gouttes.	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Ouargla.....	Abri dressé.	18 mars.....	6 ^h m.	749,7	"	"	749,7	"	"	"
		<i>Idem</i>	Midi 45.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	746,7	"	"	746,7	27,6	16,9	10,7
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	747,5	"	"	747,5	23,2	12,6	10,6
Gour Bekra.....	Abri dressé.	19 mars.....	5 ^h 45 m.	"	744,9	744,3	744,6	11,8 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	6 ^h m.	746,0	"	"	746,0	11,9	7,6	4,3
		<i>Idem</i>	6 ^h 45 m.	"	746,0	745,4	745,7	14,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	8 ^h m.	"	746,1	745,8	746,0	19,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h 30 m.	"	746,1	746,4	746,3	24,9 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h 45 m.	"	746,4	746,3	746,4	23,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	10 ^h m.	745,2	"	"	745,2	"	"	"
		<i>Idem</i>	Midi 15.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	746,1	"	"	746,1	27,4	14,9	12,5
		<i>Idem</i>	6 ^h 45 s.	745,2	"	"	745,2	24,4	12,6	11,8
Arrêt à Hassi-Hafert- Chaouch.....	Abri dressé.	20 mars.....	5 ^h 30 m.	746,4	"	"	746,4	12,5	9,7	2,8
		<i>Idem</i>	6 ^h m.	"	746,6	746,0	746,3	12,6 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	7 ^h m.	"	748,3	747,2	747,8	13,0 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	8 ^h m.	"	748,5	746,8	747,7	13,8 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h m.	"	749,7	749,8	749,8	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem</i>	9 ^h 30 m.	750,9	"	"	750,9	"	"	"
		<i>Idem</i>	11 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	748,8	"	"	748,8	17,9	13,6	4,3
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	744,5	"	"	744,5	17,2	10,4	6,8
		<i>Idem</i>	7 ^h m.	745,5	"	"	745,5	11,7	8,9	2,8
<i>Idem</i>	1 ^h s.	745,7	"	"	745,7	14,2	10,2	4,0		
<i>Idem</i>	7 ^h s.	748,7	"	"	748,7	13,3	9,6	3,7		
<i>Idem</i>	8 ^h s.	748,9	"	"	748,9	"	"	"		

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPOROMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
"	"	0	"	"	1	"	1	Cirro-stratus.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.9	29	0	0	E.	1	"	2	Nébulus et cirrus.	
4.5	30	0	41,0	"	0	"	1	Nuages au N. E.	
"	"	0	"	"	"	"	"	"	
5.2	50	0	"	N.	1	"	5	Petits cirrus, cirro-stratus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
5.1	19	0	17,0	S. E.	1	"	5	Cumulus proprement dits et cirrus.	
3.8	17	0	"	S. E.	2	O.	10	Cumulus.	
"	"	0	"	E.	4	O.	10	"	
7.3	68	2	"	E.	3	"	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
9.0	59	0	39,0	E.	5	"	10	"	
5.3	37	0	> 125,0 0	E.	6	O.	10	"	
6.8	67	10	> 125,0 0	E.	4	"	0	"	
6.9	57	2	56,0	E.	6	E.	10	"	
6.7	59	2	93,0	N. E.	3	"	4	"	
"	"	2	103,0	N. E.	1	"	0	"	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET					
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCE.			
					1.	2.		sec.	mouillé.				
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.			
Arrêt à Hassi-Hafert- Chaouch	Abri dressé.	29 mars.....	5 ^h 30 m.	748,6	"	"	748,6	7,9	7,4	0,5			
		Idem.....	6 ^h m.	"	749,3	748,5	748,9	8,3 fr.	"	"			
		Idem.....	7 ^h m.	"	748,3	747,3	747,6	9,1 fr.	"	"			
		Idem.....	8 ^h m.	"	749,0	748,2	748,6	11,3 fr.	"	"			
		Idem.....	9 ^h m.	"	748,5	748,8	748,7	12,4 fr.	"	"			
		Idem.....	9 ^h 30 m.	748,7	749,7	747,9	748,8	14,8 fr.	"	"			
	Camp.....	Abri dressé.	Idem.....	2 ^h 10 s.	748,2	"	"	748,2	18,6	12,2	6,4		
			Idem.....	3 ^h s.	"	746,8	745,6	746,2	19,0	"	"		
			Idem.....	5 ^h 15 s.	"	746,5	745,5	746,0	18,0	"	"		
			Idem.....	6 ^h s.	746,7	"	"	746,7	17,6	12,9	4,7		
		Idem.....	Idem.....	Idem.....	7 ^h s.	"	746,0	745,2	745,6	16,6	"	"	
				Idem.....	23 mars.....	5 ^h 30 m.	746,6	"	"	746,6	9,4	8,9	0,5
				Idem.....	5 ^h 45 m.	"	746,5	744,9	745,7	9,5 fr.	"	"	
				Idem.....	6 ^h 45 m.	"	746,4	745,3	745,9	10,3 fr.	"	"	
Près d'Hassi-Sidi-Moha- med	Abri dressé.	Idem.....	7 ^h 45 m.	"	747,5	745,6	746,6	12,4 fr.	"	"			
		Idem.....	8 ^h 45 m.	"	747,4	745,7	746,6	14,7 fr.	"	"			
		Idem.....	9 ^h 30 m.	747,8	747,4	746,1	747,1	15,6 fr.	"	"			
		Idem.....	11 ^h 45 m.	"	"	"	"	"	"	"			
		Idem.....	1 ^h s.	745,7	"	"	745,1	21,6	15,2	6,4			
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	745,1	744,4	744,8	21,6	"	"			
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	745,6	744,8	745,2	20,6	"	"			
		Idem.....	3 ^h 30 s.	"	745,7	744,9	745,3	19,8	"	"			
	Idem.....	Idem.....	Idem.....	5 ^h s.	"	744,4	743,0	743,7	19,4	"	"		
			Idem.....	6 ^h s.	746,8	"	"	746,8	19,0	13,6	5,4		
			Idem.....	6 ^h 30 s.	"	746,3	745,4	745,9	18,6	"	"		
			Idem.....	8 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"		
			Idem.....	24 mars.....	6 ^h 30 m.	750,7	"	"	750,7	12,5	11,7	0,8	
			Idem.....	8 ^h m.	"	751,3	749,8	750,6	14,8 fr.	"	"		
Dra Gaddechi.....	Abri dressé.	Idem.....	9 ^h m.	"	752,9	751,2	752,1	16,6 fr.	"	"			
		Idem.....	10 ^h m.	"	754,3	752,8	753,6	18,2 fr.	"	"			
		Idem.....	10 ^h 45 m.	752,8	752,4	751,6	752,3	19,6 fr.	"	"			
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"			
		Idem.....	2 ^h 30 s.	752,7	"	"	752,7	19,2	14,7	4,5			
		Idem.....	3 ^h s.	"	752,9	751,7	752,3	22,0	"	"			
		Idem.....	4 ^h 30 s.	"	753,0	751,6	752,3	21,4	"	"			
		Idem.....	5 ^h s.	"	753,3	752,2	752,8	21,4	"	"			
		Idem.....	6 ^h s.	754,1	753,7	751,9	752,8	17,9	12,9	5,0			
		El-Mergueb.....	Abri dressé.	Idem.....	25 mars.....	5 ^h 30 m.	756,2	"	"	756,2	8,3	8,2	0,1
Idem.....	6 ^h m.			"	756,5	754,6	755,5	8,6 fr.	"	"			
Idem.....	7 ^h m.			"	757,3	755,3	756,3	12,9 fr.	"	"			
Idem.....	8 ^h m.			"	759,6	758,1	758,9	14,6 fr.	"	"			
Idem.....	9 ^h m.			"	758,9	757,4	758,2	16,2 fr.	"	"			
Idem.....	9 ^h 45 m.			759,3	759,8	757,9	758,8	18,6 fr.	"	"			
Idem.....	11 ^h 30 m.			"	"	"	"	"	"	"			
Idem.....	1 ^h s.			758,8	"	"	758,8	22,2	13,6	8,6			
Idem.....	2 ^h s.			"	757,4	756,1	756,8	22,4	"	"			
Idem.....	3 ^h s.			"	757,4	"	757,4	21,4	"	"			
Idem.....	4 ^h s.			"	757,6	"	757,6	20,0	"	"			
Idem.....	5 ^h 30 s.			"	757,2	755,4	756,3	19,2	"	"			
Idem.....	6 ^h s.			758,2	757,3	755,5	757,0	18,3	13,4	4,9			

HYGROMÉTRIE.		OZONE. (0 à 21.)	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.4	93	14	118,0	N. E.	1	"	3	Cumulus à l'E. Nimbus. Cirrus.	Pendant la nuit, atmosphère limpide et ciel pur. Le matin du 22 mars, très forte rosée.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6.8	42	0	0	N. E.	1	"	1	Cumulus proprement dits.	"
"	"	0	0	"	"	"	"	"	"
"	"	0	0	"	"	"	"	"	"
8.3	55	1	29,0	E.	1	E.	2	"	"
"	"	1	"	"	"	"	"	"	"
8.2	93	7	"	N. E.	1	"	0	"	Le matin, rosée abondante; très forte brume obscurcissant le soleil levant et s'élevant à une hauteur notable au-dessus de l'horizon; elle se dissipe vers 7 heures du matin.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	L'après-midi, le vent se met à souffler du Nord-Nord-Est et le ciel se couvre.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	A 5 heures du soir, le vent est fort et soulève des sables; la pluie est menaçante; le vent tombe ensuite.
9.0	46	1	21,0	N. N. E.	2	"	4	Cumulus.	Camp du 22 au 25 mars, près d'Hassi-Sidi-Mohamed.
"	"	"	21,0	"	"	"	"	"	"
"	"	"	21,0	"	"	"	"	"	"
"	"	"	21,0	"	"	"	"	"	"
"	"	"	21,0	"	"	"	"	"	"
8.4	51	"	48,0	N. N. E.	4	"	10	Cumulus bas et noirs.	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	0	"	10	"	"
9.8	91	"	"	N. N. E.	1	N. E.	8	Cumulus.	Pendant la nuit, le vent a changé plusieurs fois de direction; rafales; pluie. Le 24, au matin, le pluviomètre ne donne pas d'indication sensible.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	Camp du 24 au 25 mars, au Dra Gaddechi, dans une tranchée naturelle de direction Nord-Nord-Est-Sud-Sud-Ouest et d'une vingtaine de mètres de hauteur.
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9.8	59	3	9,0	N. E.	2	N. E.	2	Cumulus.	"
"	"	3	9,0	"	"	"	"	"	"
"	"	3	9,0	"	"	"	"	"	"
"	"	3	9,0	"	"	"	"	"	"
8.1	53	3	32,0	N. E.	1	N. E.	1	Cumulo-stratus.	"
8.1	99	5	"	"	0	"	1	Stratus à l'E.	Camp du 25 au 26 mars, au pied du mamelon d'El-Mergueb, qui abrite au Sud-Est.
"	"	"	"	"	1	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6.4	32	0	10,0	"	0	"	1	Stratus à l'E.	"
"	"	0	10,0	"	"	"	"	"	"
"	"	0	10,0	"	"	"	"	"	"
"	"	0	10,0	"	"	"	"	"	"
8.5	54	1	32,0	E.	1	"	1	Stratus.	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baromètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉRENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
El-Mergueb.....		26 mars.....	5 ^h 30 m.	757,4	"	"	757,4	12,0	9,4	2,6
		<i>Idem.</i>	5 ^h 45 m.	"	757,0	755,5	756,3	12,2 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h 45 m.	"	757,1	755,6	756,4	15,2 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h 45 m.	"	757,6	756,0	756,8	15,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	8 ^h 45 m.	"	757,5	756,1	756,8	17,4 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	9 ^h 45 m.	755,5	757,0	755,4	756,0	21,0 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	11 ^h 45 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	756,2	755,5	754,2	755,3	22,2	14,0	8,2
		<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	754,5	752,7	753,6	23,0	"	"
Zébart-Achour.....	Abri dressé.	<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	753,9	752,6	753,3	24,4	"	"
		<i>Idem.</i>	4 ^h s.	"	754,1	752,8	753,5	22,7	"	"
		<i>Idem.</i>	5 ^h s.	"	753,7	752,2	753,0	21,8	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h s.	755,4	753,7	752,3	753,8	18,4	12,8	5,6
		<i>Idem.</i>	8 ^h s.	756,1	"	"	756,1	"	"	"
		27 mars.....	5 ^h 45 m.	758,4	"	"	758,4	12,8	12,3	0,5
		<i>Idem.</i>	6 ^h 15 m.	"	753,6	752,1	752,9	12,8 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h 15 m.	"	754,9	755,3	755,1	13,0 fr.	"	"
<i>Idem.</i>	8 ^h 15 m.	"	756,9	754,5	755,7	14,3 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	9 ^h 30 m.	"	757,0	755,4	756,2	15,7 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	10 ^h 30 m.	759,1	756,8	755,2	757,0	15,3 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	Midi.	"	"	"	"	"	"	"		
<i>Idem.</i>	1 ^h s.	757,3	754,9	754,6	755,6	16,3	13,1	3,2		
<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	754,5	754,1	754,3	17,3	"	"		
<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	753,8	753,6	753,7	16,5	"	"		
Bledet-Amar.....	Abri dressé.	<i>Idem.</i>	4 ^h 30 s.	"	753,2	752,7	753,0	15,6	"	"
		<i>Idem.</i>	5 ^h s.	"	752,7	752,3	752,5	15,7	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h s.	"	752,7	752,3	752,5	15,1	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h s.	753,8	"	"	753,8	15,1	"	"
		28 mars.....	5 ^h 30 m.	750,1	"	"	750,1	11,3	9,4	1,9
		<i>Idem.</i>	6 ^h m.	"	749,6	748,7	749,2	11,6 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h m.	"	750,3	749,5	749,9	14,9 fr.	"	"
<i>Idem.</i>	7 ^h 20 m.	"	748,9	748,7	748,8	15,0 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	8 ^h m.	"	750,2	750,3	750,3	16,0 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	8 ^h 30 m.	749,9	749,6	749,9	749,8	18,5 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	Midi.	"	747,8	747,0	747,4	24,1	"	"		
<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	747,3	745,5	746,4	25,7	15,1	10,6		
<i>Idem.</i>	2 ^h s.	"	745,7	745,1	745,4	25,5	"	"		
<i>Idem.</i>	3 ^h s.	"	744,6	744,3	744,5	26,4	"	"		
Temassin.....	Abri dressé.	<i>Idem.</i>	4 ^h s.	"	744,7	744,5	744,6	25,6	"	"
		<i>Idem.</i>	5 ^h s.	744,8	743,7	742,9	743,8	24,9	15,1	9,8
		<i>Idem.</i>	6 ^h 30 s.	"	"	"	"	"	"	"
		29 mars.....	5 ^h 30 m.	746,2	"	"	746,2	11,4	7,5	3,9
		<i>Idem.</i>	6 ^h m.	"	744,8	744,0	744,4	11,7 fr.	"	"
		<i>Idem.</i>	7 ^h m.	"	746,1	744,9	745,5	13,3 fr.	"	"
<i>Idem.</i>	8 ^h m.	"	748,1	746,9	747,5	15,5 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	9 ^h m.	"	747,3	747,2	747,3	17,3 fr.	"	"		
<i>Idem.</i>	9 ^h 30 m.	747,6	747,8	746,6	747,3	18,3 fr.	"	"		
Séjour à Touggourt.....		<i>Idem.</i>	1 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	4 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem.</i>	6 ^h s.	748,7	"	"	748,7	15,9	10,8	5,1

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE. (Nombre de divisions.)	VENTS.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.9	69	A	"	"	0	"	8	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	S.	1	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.0	35	0	15,5	S. E.	1	O.	6	Stratus et cumulus proprement dits.	
"	"	0	15,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	15,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	15,5	"	"	"	"	"	
"	"	0	15,0	"	"	"	"	"	
7.7	49	0	53,0	N.	3	"	10	Cirrus.	
"	"	0	"	N. E.	1	O.	3	Cirro-stratus au N.	
10.4	94	5	"	N. E.	2	S.	10	Cumulus.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
9.3	67	0	5,0	N. E.	3	"	8	Cumulus.	
"	"	0	5,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	5,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	5,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	5,0	"	"	"	"	"	
"	"	0	5,0	"	"	"	"	"	
"	"	2	18,0	S. E.	2	"	3	Cumulo-stratus à l'E.	
7.7	76	11	"	N. E.	1	"	1	Stratus à l'E.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
6.4	96	0	3,9	E.	3	"	10	Cumulus.	
"	"	0	3,9	"	"	"	"	"	
"	"	0	3,9	"	"	"	"	"	
"	"	0	3,9	"	"	"	"	"	
6.9	29	0	88,0	E.	4	E.	10	Cumulus.	
"	"	0	"	E.	6	"	10	"	
5.4	54	1	"	O. S. O.	3	"	1	Stratus à l'E.	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	S. O.	5	"	"	"	
"	"	"	"	S. O.	4	"	"	"	
"	"	"	0	S. O.	5	"	"	"	
6.5	49	"	32,0	S. O.	3	"	10	"	

RÉSUMÉ DU 18 AU 20 MARS INCLUS (12 JOURS). — D'OUARGLA À TOUGGOURT.

Température.....	{	Minimum absolu.....	5°,1 le 18 mars.
		Moyenne des minimum.....	9°,7.
		Maximum absolu.....	30°,8 le 18 mars.
		Moyenne des maximum.....	23°,0.
Tension de la vapeur.....	{	Minimum.....	3 millim. 8 le 19 mars à 6 h. 45 du soir.
		Maximum.....	10 millim. 4 le 27 mars à 5 h. 45 du matin.
Humidité relative.....	{	Minimum.....	17 le 19 mars à 6 h. 45 du soir.
		Maximum.....	99 le 25 mars à 5 h. 30 du matin.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température.....	Thermomètre fronde.....	10°,5	21°,3	18°,7
	Thermomètre sec.....	11°,1	"	18°,8
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	7 millim. 6	"	6 millim. 8.
	Humidité relative.....	78	"	44
Nébulosité.....		4,0	5,4	6,0
Force du vent.....		1,5	2,4	2,5
Nombre de jours de vent	du Nord.....	1	"	1
	du Nord-Est.....	4	3	2
	de l'Est.....	2	4	4
	du Sud-Est.....	"	2	2
	du Sud.....	"	"	"
	du Sud-Ouest.....	"	1	1
	de l'Ouest.....	"	"	"
	du Nord-Ouest.....	"	"	"

Nombre de jours.....	{	de pluie.....	6.
		de forte rosée.....	2.
Evaporation maxima en 24 heures.....			> 25 millimètres.

NEUVIÈME PÉRIODE, DU 30 MARS AU 1^{ER} AVRIL INCLUS.

(Arrêt de 3 jours à Touggourt.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉES.	ALTITUDES PROBABLES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE PROFOND.				ÉVAPORATION TOITALE des 24 heures.	PLUIES.		
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h m.	1 ^h s.	7 ^h s.	Moyennes.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.
30 mars.	Touggourt...	33° 5' 0",8	mèt. 95	degr. 6,5	degr. 24,5	degr. 15,5	degr. 11,9	degr. 22,2	degr. 18,9	degr. 17,7	millim. 12,0	Gouttes.	"	"
31 mars.	<i>Idem</i>	"	"	degr. 7,9	degr. 25,3	degr. 16,3	degr. 12,4	degr. 21,4	degr. 18,9	degr. 17,6	millim. 10,3	"	"	"
1 ^{er} avril.	<i>Idem</i>	"	"	degr. 4,3	degr. 24,3	degr. 14,3	degr. 9,8	degr. 21,2	degr. 20,5	degr. 17,2	millim. 7,7	"	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET DIFFÉRENCES.		
				GRAND baromètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉRENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Séjour à Touggourt.....	Abri dressé.	30 mars.....	6 ^h m.	"	747,4	747,4	747,4	9,3	"	"
		Idem.....	7 ^h m.	"	"	"	"	11,3	9,1	2,2
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	747,6	748,1	747,9	12,4	"	"
		Idem.....	8 ^h 30 m.	"	747,7	749,4	748,6	17,3	"	"
		Idem.....	9 ^h 15 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	9 ^h 30 m.	"	748,5	749,0	748,8	19,5	"	"
		Idem.....	10 ^h 30 m.	"	748,7	749,4	749,1	20,3	"	"
		Idem.....	11 ^h 30 m.	"	748,7	749,2	749,0	22,0	"	"
		Idem.....	12 ^h m.	"	747,7	748,7	748,2	22,7	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	752,1	"	"	752,1	22,8	16,5	6,3
		Idem.....	1 ^h 30 s.	"	747,2	748,6	747,9	22,9	"	"
		Idem.....	3 ^h 30 s.	"	748,1	749,1	748,6	23,0	"	"
		Idem.....	4 ^h s.	"	748,3	748,6	748,5	22,2	"	"
		Idem.....	5 ^h s.	"	748,6	750,3	749,5	21,5	"	"
		Idem.....	6 ^h 30 s.	752,0	749,0	750,5	750,5	18,5	13,5	5,0
		31 mars.....	6 ^h m.	"	753,9	754,8	754,4	9,8	"	"
		Idem.....	7 ^h m.	757,2	754,3	755,0	754,7	12,1	8,8	3,3
		Idem.....	12 ^h m.	"	754,5	756,5	755,5	12,7	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	756,5	753,6	754,7	754,2	20,8	12,1	8,7
		Idem.....	2 ^h 30 s.	"	753,7	754,2	754,0	20,3	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	756,4	"	"	756,4	18,7	12,7	6,0
		1 ^{er} avril.....	6 ^h m.	"	752,5	753,0	752,8	7,9	"	"
		Idem.....	6 ^h 15 m.	756,2	"	"	756,2	9,3	6,8	2,5
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	752,6	753,2	752,9	11,3	"	"
		Idem.....	8 ^h 30 m.	"	753,3	753,9	753,6	16,3	"	"
		Idem.....	9 ^h 30 m.	"	753,3	753,5	753,4	20,3	"	"
		Idem.....	10 ^h m.	753,5	"	"	753,5	19,3	"	"
		Idem.....	10 ^h 30 m.	"	753,6	753,4	753,5	22,1	"	"
		Idem.....	12 ^h 30 m.	"	751,9	753,1	752,5	23,4	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	754,1	"	"	754,1	"	"	"
Idem.....	2 ^h s.	"	750,9	751,9	751,4	25,2	"	"		
Idem.....	3 ^h 30 s.	"	749,0	751,0	750,0	24,3	"	"		
Idem.....	4 ^h 30 s.	"	749,9	751,0	750,5	23,9	"	"		
Idem.....	5 ^h 30 s.	"	750,0	750,8	750,4	21,9	"	"		
Idem.....	6 ^h s.	753,9	750,2	750,4	751,5	20,3	15,1	5,2		

RÉSUMÉ DU 30 MARS AU 1^{er} AVRIL INCLUS

Pression barométrique...	Minimum.....	747 millim. 4 le 30 mars à 6 heures du m.
	Maximum.....	756 millim. 4 le 31 mars à 6 heures du s.
Température.....	Minimum absolu.....	4°,3 le 1 ^{er} avril.
	Moyenne des minimum.....	6°,0.
	Maximum absolu.....	25°,3 le 31 mars.
	Moyenne des maximum.....	24°,7.

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 92).	ÉVAPOROMÈTRE PICHÉ. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.3	73	0	0	O.	4	1	Cumulo-stratus.	A partir de 11 heures du matin et pendant toute la journée, vent et poussière, mais moins fort que la ville.	
"	"	0	0	"	"	"	"		
"	"	0	0	"	"	"	"		
"	"	0	0	"	"	"	"		
"	"	0	0	"	"	"	"		
10.2	48	0	82,0	N. O.	4	5	Nébulus.		
"	"	0	82,0	"	"	"	"		
"	"	0	82,0	"	"	"	"		
"	"	0	82,0	"	"	"	"		
8.5	53	0	112,0	N. O.	1	1	Stratus.		
"	"	0	112,0	"	"	"	"		
6.5	62	2	120,0	"	0	1	Stratus à l'Ouest.		
"	"	0	120,0	"	"	"	"		
5.3	29	2	167,5	O.	1	1	Stratus à l'Ouest.		
"	"	0	167,5	"	"	"	"		
7.4	46	0	198,0	"	0	4	Stratus noirs.		
"	"	0	198,0	"	"	"	"		
5.9	68	2	223,0	"	0	2	Cumulus proprement dits.	Magnifique lever du soleil; couleur rouge foncé des nuages; projection oblique et ombre portée des nuages les uns sur les autres. A 10 heures du soir, petite pluie	
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	0	223,0	"	"	"	"		
"	"	1	255,0	"	"	1	Cumulus proprement dits.		
"	"	1	255,0	"	"	"	"		
"	"	1	255,0	"	"	"	"		
9.7	54	0	294,0	N. E.	1	2	Cumulus à l'Est et à l'Ouest.		

(3 JOURS). — ARRÊT À TOUGGOURT.

Nombre de jours de pluie.....	1
Évaporation en 24 heures. {	Moyenne..... 10 millim. 0.
	Maxima..... 12 millim. 0.
Tension de la vapeur.... {	Minimum..... 5 millim. 3 le 31 mars à 1 heure du soir.
	Maximum..... 10 millim. 2 le 30 mars à 1 heure du soir.
Humidité relative..... {	Minimum..... 29 le 31 mars à 1 heure du soir.
	Maximum..... 73 le 30 mars à 7 heures du matin.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Pression barométrique.....		755 millim. 5	753 millim. 5	752 millim. 8
Température.....	Thermomètre fronde.....	11°,4	21°,6	19°,4
	Thermomètre sec.....	10°,9	21°,8	19°,2
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	6 millim. 6	7 millim. 7	8 millim. 5
	Humidité relative.....	64	39	51
Nébulosité.....		1,3	2,3	2,3
Force du vent.....		0,3	1,7	0,7
Nombre de jours de vent	du Nord.....	"	"	1
	du Nord-Est.....	"	"	"
	de l'Est.....	"	"	"
	du Sud-Est.....	"	"	"
	du Sud.....	"	"	"
	du Sud-Ouest.....	"	"	"
	de l'Ouest.....	1	1	"
	du Nord-Ouest.....	"	1	1

DIXIÈME PÉRIODE, DU 2 AU 16 AVRIL 1880 INCLUS.

(15 jours, dont 14 de marche et 1 d'arrêt, de Touggourt à Biskra.)

PREMIER TABLEAU.

DATES.	LOCALITÉS.	LATITUDES APPROCHÉS.	ALTITUDES PROVISOIRES.	TEMPÉRATURES EXTRÊMES.			THERMOMÈTRE FRONDR.				ÉVAPORATION TOTALS des 24 heures.	PLUIES.		
				Minima.	Maxima.	Moyennes.	7 ^h	1 ^h	7 ^h	Moyenne.		7 ^h m.	7 ^h s.	24 heures.
				degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.	degr.		millim.		
2 avril..	Touggourt..		mét.	7,5	20,6	14,1	10,8	19,6	16,9	15,8	"	Pluie.	"	"
3 avril..	Idem			6,0	22,0	14,0	11,2	18,6	17,6	15,8	"	"	Gouttes de pluie par un temps clair.	"
4 avril..	Idem		95	6,8	28,6	17,7	10,9	24,6	25,2	20,2	"	"	"	"
5 avril..	Idem			6,6	27,1	16,9	11,2	25,9	21,9	19,7	"	"	"	"
6 avril..	Idem	33° 5' 0",8		7,0	27,3	17,2	11,9	24,4	23,9	20,1	"	"	"	"
7 avril..	Idem			10,2	29,3	19,8	12,2	26,9	23,2	20,8	"	"	"	"
8 avril..	Idem		"	6,7	26,6	16,7	13,8	26,3	22,9	21,0	"	"	"	"
9 avril..	Idem			6,8	28,6	17,7	13,9	26,2	23,2	21,1	"	"	"	"
10 avril.	Idem			8,0	26,1	17,1	11,1	22,9	21,4	18,6	"	"	"	"
11 avril.	Idem			14,0	25,6	19,8	15,4	23,9	20,2	19,8	"	"	Gouttes.	"
12 avril.	Camp avant Chegga		31	6,2	24,5	15,4	13,9	22,2	19,9	18,7	"	"	"	"
13 avril.	Idem	33° 3' 95		4,5	31,1	17,8	9,2	26,2	26,4	20,6	"	"	"	"
14 avril.	Idem			8,6	31,6	20,1	11,9	26,9	25,9	21,6	"	"	"	"
15 avril.	Idem			9,8	24,4 fr.	17,1	19,2	24,4	14,7	19,4	"	"	13 ^{mm} 1	"
16 avril.	Biskra	34° 51' 13",8	123	8,5	"	"	14,5	"	"	"	"	Brouillard	"	"

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	humidifié.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	
Touggourt.....	Abri dressé.	2 avril.....	6 ^h 15 m.	753,7	"	"	753,7	10,3	8,5	1,8
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
Chamra.....	Abri dressé.	<i>Idem</i>	1 ^h 45 s.	755,2	"	"	755,2	19,3	13,1	6,2
		<i>Idem</i>	6 ^h 30 s.	756,8	"	"	756,8	16,7	11,3	5,4
Sidi-Rached.....	Abri dressé.	3 avril.....	6 ^h 15 m.	760,2	"	"	760,2	10,8	8,3	2,5
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	761,3	"	"	761,3	18,3	12,6	5,7
		<i>Idem</i>	6 ^h 15 s.	761,6	"	"	761,6	17,3	10,7	6,6
Tamerna-Djeïda.....	Abri dressé.	4 avril.....	6 ^h m.	761,2	"	"	761,2	10,8	8,3	2,5
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	761,1	"	"	761,1	24,3	15,3	9,0
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	759,4	"	"	759,4	24,8	14,3	10,5
Ourdaa.....	Abri dressé.	5 avril.....	5 ^h 30 m.	756,0	"	"	756,0	10,8	8,8	2,0
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	757,5	"	"	757,5	25,5	16,1	9,4
		<i>Idem</i>	5 ^h 30 s.	757,8	"	"	757,8	21,3	13,8	7,5
Oza-ben-Rzig.....	Abri dressé.	6 avril.....	6 ^h m.	759,5	"	"	759,5	11,8	8,5	3,3
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	758,8	"	"	758,8	24,1	14,8	9,3
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	755,2	"	"	755,2	23,3	14,8	8,5
Sidi-Kbelil.....	Abri dressé.	7 avril.....	5 ^h 45 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	758,9	"	"	758,9	26,3	14,8	11,5
		<i>Idem</i>	5 ^h 45 s.	754,6	"	"	754,6	22,8	13,8	9,0
Mraier.....	Abri dressé.	8 avril.....	5 ^h 45 m.	758,6	"	"	758,6	13,3	9,3	4,0
		<i>Idem</i>	11 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	757,8	"	"	757,8	26,1	16,6	9,5
		<i>Idem</i>	7 ^h s.	759,4	"	"	759,4	22,3	14,8	7,5
Mraier.....	Abri dressé.	9 avril.....	5 ^h 30 m.	757,3	"	"	757,3	13,8	8,5	5,3
		<i>Idem</i>	10 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		<i>Idem</i>	1 ^h s.	757,1	"	"	757,1	25,7	12,0	13,7
		<i>Idem</i>	6 ^h s.	755,8	"	"	755,8	22,8	13,8	9,0

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 21).	ÉVAPORIMÈTRE PICHE (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
PRESSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.2	77	0	300,0	"	0	"	1	Stratus à l'Ouest.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.5	45	0	45,5	N. E.	4	"	0	"	
6.8	47	4	72,0	N. E.	2	"	"	"	
6.7	69	2	"	"	0	N. E.	4	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.5	47	0	10,0	N. E.	1	"	3	Cumulus.	
5.6	38	0	23,0	N.	2	"	6	Cumulus.	
6.7	70	3	"	"	0	"	1	Stratus à l'Est.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.5	34	0	17,0	"	0	"	0	"	
5.8	25	0	52,0	S. E.	1	"	1	Cumulus proprement dits.	
7.3	75	3	"	"	0	"	2	Stratus à l'E. et à l'O.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
8.0	33	0	12,0	N.	4	"	1	Cumulus proprement dits.	
7.3	39	0	74,0	N. E.	4	"	6	Cumulus.	
6.3	61	2	"	"	0	"	1	Stratus à l'Est.	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
7.0	32	0	9,0	N. E.	5	"	2	Cumulus proprement dits.	
7.4	35	0	49,0	"	0	"	3	Stratus.	
"	"	0	"	N. E.	1	"	0	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
5.6	23	0	19,0	N. E.	2	"	1	Cirrus à l'Ouest.	
6.4	31	0	54,0	N. E.	1	"	0	"	
6.4	56	0	"	N.	2	"	0	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
3.2	34	0	20,0	N. E.	1	"	1	Cumulus proprement dits, à l'Ouest.	
3.2	40	0	55,0	"	0	"	8	Cumulus et stratus à l'Ouest.	
5.1	44	0	"	"	0	"	"	"	
"	"	0	0	"	"	"	"	"	
2.2	9	0	11,0	N.	1	"	3	Strato-cumulus au N. Cirrus au zénith.	
6.4	31	0	61,0	N.	1	"	4	Cumulus proprement dits et stratus à l'Est.	

LOCALITÉS.	ABRI.	DATES.	HEURES.	PRESSIONS BAROMÉTRIQUES CORRIGÉES.				TEMPÉRATURE ET		
				GRAND baro- mètre.	BAROMÈTRE		MOYENNES.	THERMOMÈTRE		DIFFÉ- RENCES.
					1.	2.		sec.	mouillé.	
				millim.	millim.	millim.	millim.	degrés.	degrés.	degrés.
Oum-el-Tiour.....	Abri dressé.	10 avril.....	5 ^h 30 m.	758,7	"	"	758,7	11,9	9,8	2,1
		Idem.....	12 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	757,1	"	"	757,1	22,3	16,8	5,5
		Idem.....	5 ^h 30 s.	"	"	"	"	21,3	14,8	6,5
Camp.....		11 avril.....	6 ^h m.	751,8	"	"	751,8	15,1	9,3	5,8
		Idem.....	1 ^h s.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	6 ^h s.	754,5	"	"	754,5	"	"	"
Arrêt avant Chegga.....	Abri dressé.	12 avril.....	6 ^h m.	757,8	"	"	757,8	13,5	9,3	4,2
		Idem.....	7 ^h 30 m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	759,6	"	"	759,6	21,1	12,8	8,3
		Idem.....	6 ^h s.	761,8	"	"	761,8	19,5	13,1	6,4
Camp.....	Abri dressé.	13 avril.....	6 ^h m.	764,0	"	"	764,0	8,8	5,9	2,9
		Idem.....	11 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	760,4	"	"	760,4	25,8	16,8	9,0
		Idem.....	6 ^h s.	760,3	"	"	760,3	26,1	11,8	14,3
Bordj de Sââda.....	Abri dressé.	14 avril.....	5 ^h 45 m.	762,3	"	"	762,3	11,5	6,3	5,2
		Idem.....	12 ^h m.	"	"	"	"	"	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	759,0	"	"	759,0	26,7	14,8	11,9
		Idem.....	5 ^h 45 s.	755,8	"	"	755,8	25,7	13,1	12,6
Camp.....		15 avril.....	5 ^h 30 m.	754,8	"	"	754,8	18,8	11,3	7,5
		Idem.....	9 ^h 15 m.	752,2	"	"	752,2	24,4 fr.	"	"
		Idem.....	1 ^h s.	751,1	"	"	751,1	24,4 fr.	"	"
		Idem.....	2 ^h s.	"	"	"	"	20,8	14,8	6,0
		Idem.....	4 ^h s.	752,2	"	"	752,2	17,3 fr.	"	"
		Idem.....	7 ^h s.	749,8	"	"	749,8	14,3	13,3	1,0
Biskra.....		16 avril.....	5 ^h 30 m.	750,0	"	"	750,0	14,1	10,8	3,3
		Idem.....	1 ^h m.	746,6	"	"	746,6	19,4 fr.	"	"

HYGROMÉTRIE.		OZONE (0 à 11).	ÉVAPORIMÈTRE FICHER. (Nombre de divisions.)	VENT.			NÉBULOSITÉ (1 à 10).	ASPECT DES NUAGES.	REMARQUES DIVERSES.
TENSION de la vapeur.	HUMIDITÉ relative.			DIRECTION.	FORCE (0 à 7).	DIRECTION des nuages.			
millim.									
7.8	75	1	"	N. E.	1	"	3	Le matin, forte rosée. Vers 8 heures du matin, le vent se met à souffler fortement de l'E., soulevant une poussière fine; il a augmenté jusqu'à 11 heures du matin; on n'y voit pas à 500 mètres; il a duré toute la journée et n'est tombé que vers la fin de l'après-midi. — Camp du 10 au 11 avril au pied d'un pli de terrain abritant au S. O.	
"	"	0	0	"	"	"	"		
10.9	54	0	19,0	E.	5	"	0		
8.6	46	0	49,0	S. E.	3	"	5		
5.3	42	1	"	N. E.	1	"	2	Le matin, brume. A partir de 8 ^h 30 du matin, le vent souffle très fortement du N. O. et soulève une épaisse poussière de sable. A midi, le soleil arrive à percer. A la fin de l'après-midi, le vent tombe et l'horizon s'éclaircit. A 7 heures du soir, gouttes de pluie.	
"	"	"	"	N. O.	5	"	0		
"	"	"	"	N. O.	2	"	0		
6.2	54	"	"	O. N. O.	1	"	2	Même vent et même poussière de 8 ^h 30 du matin à 3 heures du soir. A partir de 3 ^h 30 du soir, temps calme et beau soleil.	
"	"	0	0	N. O.	2	"	"		
6.0	33	0	52,0	O.	5	"	2		
7.4	44	0	110,0	O. N. O.	1	"	0		
5.2	62	1	"	N. E.	1	"	2	Stratus à l'E.	
"	"	0	0	"	"	"	"		
8.8	36	0	25,0	E.	1	"	3		
1.7	7	1	76,0	E.	2	"	5	Cumulus. Nimbus.	
4.0	40	0	"	N. E.	1	"	2	Stratus et cumulus.	
"	"	0	0	"	"	"	"		
5.4	21	0	11,0	S. E.	5	"	3	Cumulus.	
3.6	14	0	80,0	S. E.	3	"	2	Cumulus proprement dits et stratus à l'O.	
5.5	34	0	"	S. E.	3	"	2	Stratus et cumulus proprement dits.	
"	"	"	"	E.	5	"	"		
"	"	"	"	S. E.	3	"	10	Cumulus.	
8.9	49	0	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
10.8	89	0	"	N. O.	1	"	2	Cumulus.	
7.7	64	2	"	"	0	"	10	Brouillard épais.	
"	"	0	"	"	"	"	"		

RÉSUMÉ DU 2 AU 16 AVRIL INCLUS (15 JOURS). — DE TOUGGOURT À BISKRA.

Température.....	{	Minimum absolu.....	4°,5 le 13 avril.
		Moyenne des minimum.....	7°,8.
		Maximum absolu.....	31°,1 le 13 avril.
		Moyenne des maximum.....	26°,7.
Tension de la vapeur....	{	Minimum.....	1 millim. 7 le 13 avril à 6 heures du soir.
		Maximum.....	10 millim. 9 le 10 avril à 1 heure du soir.
Humidité relative.....	{	Minimum.....	7 le 13 avril à 6 heures du soir.
		Maximum.....	89 le 15 avril à 7 heures du soir.

MOYENNES.		7 HEURES DU MATIN.	1 HEURE DU SOIR.	7 HEURES DU SOIR.
Température.....	Thermomètre fronde.....	12°,8	24°,2	21°,7
	Thermomètre sec.....	12°,5	"	21°,5
Hygrométrie.....	Tension de la vapeur.....	6 millim. 2	"	6 millim. 2
	Humidité relative.....	59	"	37
Nébulosité.....		2,3 ^a	2,1	3,0
Force du vent.....		0,8	3,2	1,7
Nombre de jours de vent	du Nord.....	1	2	2
	du Nord-Est.....	5	5	3
	de l'Est.....	"	2	1
	du Sud-Est.....	1	2	3
	du Sud.....	"	"	"
	du Sud-Ouest.....	"	"	"
	de l'Ouest.....	"	1	"
	du Nord-Ouest.....	"	1	2

Nombre de jours.....	{	de pluie.....	4.
		de brouillard.....	1.
		d'orage avec tonnerre.....	1.
Hauteur de pluie tombée	{	totale.....	13 millim. 1.
		en 1 heure.....	2 millim. 9.

ANNEXE I.

OBSERVATIONS HYSOMÉTRIQUES ET CORRECTIONS HYSOMÉTRIQUES
DES BAROMÈTRES HOLOSTÉRIQUES.

1^{er} TABLEAU.

DATES	HEURES.	LOCALITÉS.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES CORRIGÉES.	HYSOMÈTRE.				GRAND BAROMÈTRE.			
				TEMPÉRATURE d'ébullition.		TENSION MAXIMA de la vapeur d'eau		LECTURES.	APRÈS LA CORRECTION de température et d'instruments (for. 1).	DIFFÉRENCES avec l'hysomètre.	SECONDES CORRECTIONS ou corrections hysométriques.
				Lectures.	Après corrections instrumentales.	à la latitude de 45 degrés.	à la latitude du lieu.				
29 janvier....	10 ^h m.	Zebbacha.	degrés. 8	degrés. 97,35	degrés. 97,56	696,2	697,0	695,0	695,7	- 1,3	+ 1,3
1 février.....	10 ^h 30 m.	Ain-Massin.	10	98,18	98,39	717,3	718,1	715,0	715,2	- 2,9	+ 2,9
5 février.....	8 ^h m.	El-Hassi.	6	97,79	97,99	707,0	707,9	705,5	706,9	- 1,0	+ 1,0
9 février.....	4 ^h s.	Hassi-Charef.	18	98,57	98,77	727,2	728,1	727,2	725,1	- 3,0	+ 3,0
22 février.....	2 ^h s.	El-Goléa.	24,4	98,72	98,90	730,6	731,6	734,7	730,9	- 0,7	
Idem.....	9 ^h 50 s.	Idem.	15	98,73	98,91	730,8	731,8	730,0	729,0	- 2,8	+ 1,9
23 février.....	7 ^h m.	Idem.	9,5	98,70	98,88	730,1	731,0	728,2	728,8	- 2,2	
6 mars.....	10 ^h m.	Hassi-el-Aïcha.	14,2	99,45	99,61	749,5	750,4	752,8	752,1	+ 1,7	- 1,7
11 mars.....	4 ^h 30 s.	Ouargla.	17,5	99,69	99,85	755,9	756,8	758,7	757,1	+ 0,3	
Idem.....	8 ^h 30 s.	Idem.	12,5	99,73	99,89	757,0	757,9	758,0	757,9	0	
12 mars.....	6 ^h 30 m.	Idem.	9,4	99,75	99,91	757,6	758,5	756,2	757,1	- 1,4	
Idem.....	1 ^h s.	Idem.	21,4	99,73	99,89	757,0	757,9	759,8	757,1	- 0,8	+ 0,3
14 mars.....	2 ^h 30 s.	Idem.	22,1	99,62	99,77	753,8	754,7	756,2	753,4	- 1,3	
17 mars.....	6 ^h m.	Idem.	5,9	99,59	99,74	753,0	753,9	751,7	753,7	- 0,2	
Idem.....	2 ^h s.	Idem.	19,6	99,50	99,65	750,5	751,4	755,0	752,9	+ 1,5	
1 ^{er} avril.....	10 ^h m.	Touggourt.	19,3	99,60	99,73	752,7	753,5	752,2	750,4	- 3,1	+ 3,1
17 avril.....	10 ^h m.	Biskra.	18,5	99,58	99,69	"	"	"	"	"	"

2^e TABLEAU.

DATES.	HEURES.	LOCALITÉS.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES CORRIGÉES.	GRAND BAROMÈTRE.			BAROMÈTRE 1.			BAROMÈTRE 2.		
				LECTURES.	APRÈS LA 1 ^{re} CORRECTION (for. 1).		LECTURES.	APRÈS LA 1 ^{re} CORRECTION (for. 2).		LECTURES.	APRÈS LA 1 ^{re} CORRECTION (for. 3).	
					SECONDES CORRECTIONS ou corrections hysométriques.	LECTURES.		SECONDES CORRECTIONS ou corrections hysométriques.	LECTURES.		SECONDES CORRECTIONS ou corrections hysométriques.	
23 février.....	7 ^h 30 m.	El-Goléa.	degrés. 9,7	728,9	729,5	731,4	729,3	730,1	+ 1,3	729,2	728,9	+ 2,5
6 mars.....	10 ^h m.	Hassi-el-Aïcha.	14,2	752,8	752,1	750,4	754,0	754,1	- 3,7	755,2	753,9	- 3,5
11 mars.....	4 ^h s.	Ouargla.	19,3	758,7	756,6	756,9	756,1	755,7	+ 1,2	759,3	757,4	- 0,5
12 mars.....	1 ^h s.	Idem.	21,4	759,8	757,1	757,4	756,8	756,2	+ 1,2	760,4	758,3	- 0,9
1 ^{er} avril.....	10 ^h m.	Touggourt.	19,3	752,2	750,4	753,5	754,3	753,7	- 0,2	756,6	753,1	+ 0,4

ANNEXE II.

OBSERVATIONS DIRECTES SUR LES TEMPÉRATURES DU SOL
À DIVERSES PROFONDEURS.

LOCALITÉS.	PROFONDEUR DU TROU DE SONDE (0 ^m 08 de diamètre).	DATES ET HEURES AUXQUELLES LE THERMOMÈTRE dans une bouteille pleine d'eau				TEMPÉRATURE		OBSERVATIONS.
		a été placé au fond.		a été retiré et lu.		du fond (fronde).	exté- rieurs de l'air (fronde).	
	mètres.					degrés.	degrés.	
Zebbacha-Chergin.	4 00	28 janvier.	10 ^h m.	29 janvier.	Midi.	18,6	19,6	J'ai effectué au fond de la cuvette de Zebbacha-Chergin un sondage de 7 mètres de profondeur. J'ai pris la température à 4 mètres, mais n'ai pas eu le temps de la prendre à 7 mètres.
El-Goléa.....	1 50	22 février.	7 ^h s.	23 février.	7 ^h 30 m.	18,2	9,4	
Hassi-el-Aïcha....	1 40	5 mars.	5 ^h s.	6 mars.	7 ^h m.	18,3	9,2	Moyenne des températures observées à 1 mètre de profondeur : 17°,4.
		6 mars.	7 ^h m.	6 mars.	4 ^h 30 s.	18,4	17,9	
Ouargla.....	1 00	12 mars.	8 ^h m.	13 mars.	7 ^h m.	17,3	9,4	Moyenne des températures observées à 2 mètres de profondeur : 18°,5.
		13 mars.	7 ^h m.	14 mars.	2 ^h 30 s.	17,3	22,1	
		14 mars.	2 ^h 30 m.	17 mars.	5 ^h 45 m.	17,4	5,4	
		17 mars.	5 ^h 45 m.	17 mars.	2 ^h s.	17,4	19,6	
Touggourt.....	2 00	12 mars.	8 ^h m.	13 mars.	7 ^h m.	18,4	9,4	Moyenne des températures observées à 3 ^m ,40 de profondeur : 19°,2.
		13 mars.	7 ^h m.	14 mars.	2 ^h 30 s.	18,6	22,1	
		14 mars.	7 ^h s.	17 mars.	5 ^h 45 m.	19,2	5,4	
Touggourt.....	3 40	17 mars.	5 ^h 45 m.	17 mars.	2 ^h s.	19,1	19,6	Moyenne des températures observées à 3 ^m ,40 de profondeur : 19°,2.
		17 mars.	5 ^h 45 m.	17 mars.	2 ^h s.	19,1	19,6	
Touggourt.....	1 50	30 mars.	10 ^h m.	1 ^{er} avril.	5 ^h 45 s.	17,1	20,8	Moyenne des températures observées à 3 ^m ,40 de profondeur : 19°,2.
		30 mars.	10 ^h m.	1 ^{er} avril.	5 ^h 45 s.	18,9	20,8	

NOTE SUPPLÉMENTAIRE ⁽¹⁾.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE LA STATION D'AYATA (OUED RIR')

ET APERÇU CLIMATOLOGIQUE SUR LES CULTURES SAHARIENNES.

Postérieurement aux observations qui précèdent, une station météorologique a été fondée par mes soins dans l'Oued Rir', à l'oasis française d'Ayata (pl. I, III et XIX), créée par la *Société agricole et industrielle du Sud algérien*. Nous nous sommes proposé ainsi de faire profiter la science de notre installation dans le Sud de l'Algérie, de contribuer à mieux faire connaître le climat saharien, d'arriver, en particulier, à déterminer exactement le climat de l'Oued Rir', c'est-à-dire de la région la plus intéressante du Sahara algérien pour la colonisation française, enfin de tirer de ces observations des indications utiles, tant pour la culture du palmier-dattier que pour les essais d'acclimatation entrepris ou à entreprendre dans la contrée.

L'emplacement de la station d'Ayata a été choisi de manière à obtenir une bonne moyenne du climat de l'Oued Rir'. En effet ⁽²⁾, Ayata est située à la latitude de 33° 30', alors que l'ensemble de l'Oued Rir' se trouve compris entre le 33° et le 34° degré. L'altitude y est d'environ +41 mètres, alors que les deux oasis extrêmes de la région, au Nord et au Sud, sont respectivement à -13 m. 5 et à +82 mètres. Enfin l'abri météorologique (installé sur une pente exposée au Nord) se trouve à mi-hauteur entre la zone des bas-fonds de la vallée et le niveau supérieur des reliefs qui la parsèment.

Les observations sont faites par M. J. Cornu. Les appareils dont il dispose sont : trois appareils enregistreurs (système Richard), thermomètre, hygromètre et baromètre (donnés par l'*Association française pour l'avancement des sciences* à la suite de sa visite de 1888); des thermomètres maxima, minima et ordinaires; un psychromètre, un pluviomètre, etc.

Voici les principaux résultats des trois séries d'observations complètes faites pendant les années 1889, 1890 et 1891 ⁽³⁾.

Température. — La température moyenne annuelle a été de 21°,3 en 1889, de 20°,38 en 1890 et de 20°,89 en 1891. Moyenne générale, 20°,86; moyennes par saison, 11°,7 pour l'hiver, 24°,53 pour le printemps, 31°,44 pour l'été, 15°,74 pour l'automne. Maxima moyennes : 42°,9 pour juillet et 42°,4 pour août. Minima moyennes : 3°,5 pour décembre, 3 degrés pour janvier, 4 degrés pour février. Maximum absolu (à l'ombre), 50 degrés; minimum absolu, -4°,4.

Ainsi les écarts entre les températures extrêmes sont considérables. Les étés sont très chauds, et les hivers relativement froids. Pendant l'hiver 1890-1891, on a enregistré 18 minima au-dessous de zéro.

Les moyennes ci-dessus pourront être modifiées par de plus longues observations, mais de peu sans doute et plutôt en plus. Elles varieront légèrement suivant les expositions, et seront supérieures dans les oasis abritées contre les vents les plus froids (ceux du Nord et

⁽¹⁾ Ajoutée avant la publication, lors de la correction des dernières épreuves.

⁽²⁾ *Géologie du Sahara*, 2° partie, chapitre I, § 3.

⁽³⁾ Des résumés périodiques ont été insérés dans le *Bulletin de la Société météorologique de France* par les soins de M. Léon Teisserenc de Bort.

du Nord-Ouest) : telles sont les oasis d'El-Berd et de Tinedla ⁽¹⁾. Or une moyenne supérieure de 1 degré seulement suffit pour que les dattes aient une maturité plus précoce.

Si nous comptons que les régimes de *deglet nour* (variété fine) soient fécondés le 1^{er} mai (la fécondation se fait généralement un peu plus tôt) et que leurs fruits soient mûrs le 1^{er} novembre, nous voyons que pendant ces six mois, en additionnant les moyennes des températures quotidiennes, on a eu 5,403 degrés de chaleur en 1889, année où les dattes ont bien mûri, 5,128 degrés en 1890, année de maturation très incomplète, et 5,218 degrés en 1891, année de maturation encore imparfaite et très lente. On peut donc dire qu'il faut au palmier *deglet nour*, pendant ces six mois, une somme de chaleur d'au moins 5,300 à 5,400 degrés. Toutes les variétés de dattes ne réclament pas autant de chaleur : par exemple, les *gharz* et surtout les *amari* (dont une partie était déjà mûre à la mi-août en 1889).

Pluie. — Il est tombé 64 millim. 2 de pluie en 1889, 236 millim. 8 en 1890 et 104 millim. 6 en 1891 : soit une moyenne annuelle de 135 millimètres, dont 77 millim. 5 en hiver, 12 millim. 9 pendant le printemps, 5 millim. 9 en été et 42 millim. 5 en automne.

Bien que très faible, cette hauteur de pluie est plutôt supérieure à la moyenne générale du climat saharien, caractérisé par sa sécheresse. Elle est insuffisante pour permettre des cultures quelconques, en dehors des lieux dont le sous-sol est naturellement humide ou dont la surface est irrigable à l'aide d'eaux souterraines ou courantes (et nous avons vu que l'Oued Rir' est précisément très riche en puits artésiens jaillissants). Pour ce qui est du palmier, d'ailleurs, la pluie est souvent nuisible; elle peut même devenir désastreuse : au printemps, lors de la fécondation, elle lave les fleurs des régimes, entraîne le pollen, produit la coulure; en automne, avant la récolte, elle donne lieu à une sorte de fermentation des dattes déjà mûres et à leur décomposition près du pédoncule.

État de l'atmosphère. — L'atmosphère n'est que très rarement saturée de vapeur d'eau. Les brouillards et les rosées sont des exceptions. Le ciel est généralement clair et ne présente guère de nuages; les journées entièrement couvertes se comptent. L'illumination solaire est intense. Les vents sont presque toujours très secs et provoquent une évaporation énorme. Aussi, avec la chaleur de l'été, la quantité d'eau à donner au sol pour les cultures doit-elle être considérable : dans les oasis bien irriguées et bien conditionnées de l'Oued Rir', j'ai dit qu'elle correspond à une hauteur d'eau de plus de 5 mètres en un an ⁽²⁾.

Comment font cependant pour vivre les arbustes qui poussent en plein Sahara? Malgré la sécheresse de la surface, le sous-sol conserve toujours une certaine humidité, provenant soit des pluies, soit, dans les bassins artésiens, des eaux souterraines, et cette humidité remonte par capillarité, même en été, jusqu'aux racines des plantes. De plus, les terrains d'atterrissement sont imprégnés de sels divers, de nature hygrométrique, qui concentrent pendant la nuit une certaine quantité de vapeur d'eau; les terrains très salés sont même toujours plus ou moins humides. Enfin la sève des plantes laisse à la surface des feuilles, sous l'effet de l'évaporation, une certaine quantité de sels qui, à leur tour, absorbent dans l'atmosphère de la vapeur d'eau, dont les feuilles s'emparent.

Vents. — Les vents dominants sont ceux de l'Est en été et ceux de l'Ouest en hiver. Les vents du Nord-Ouest sont généralement forts et violents; ils soufflent surtout en hiver et au printemps, et durent parfois trois, six et neuf jours; ils sont très préjudiciables pendant la fécondation des palmiers, dispersant au loin le pollen des fleurs mâles qu'on a placées dans

⁽¹⁾ De même dans les oasis entourées de dunes qui reflètent les rayons solaires, comme dans la région voisine du Souf (et, par places aussi, aux environs de Touggourt).

⁽²⁾ *Hydrologie du Sahara*, préliminaires.

les régimes femelles. Ils charrient beaucoup de sables, et j'ai démontré que ce sont eux qui ont le plus d'action dans la formation des dunes⁽¹⁾. Les vents du Sud-Ouest aussi sont souvent assez forts, mais ils ne charrient guère de sables. Ceux du Sud et du Sud-Est (*sirocco*) en soulèvent beaucoup, quand ils soufflent avec violence : mais cela est assez rare.

Les vents du Nord-Ouest et du Nord donnent les pluies les plus persistantes en hiver ; ceux du Nord-Ouest, et parfois de l'Ouest, amènent des orages presque soudains, mais de courte durée. Par un ciel pur et bleu, on voit un nuage gris jaunâtre se former dans le lointain, au Nord-Ouest, grossir rapidement, envahir l'horizon et s'élaner vers le Sud-Est avec une vitesse vertigineuse, soulevant et projetant les sables et graviers du sol, qui hachent les jeunes plantes ou les recouvrent d'une croûte rendue adhérente par la pluie : tel fut l'orage du 29 février 1889.

Ces orages sont rarement accompagnés d'éclairs et de tonnerre.

⁽¹⁾ *Géologie du Sahara*, 3^e partie, § 7.

TABLE DES MATIÈRES.

HYDROLOGIE DU SAHARA ALGÉRIEN,

PAR M. G. ROLLAND, INGÉNIEUR EN CHEF AU CORPS DES MINES.

	Pages.
INTRODUCTION.....	3
PRÉLIMINAIRES.	
DES DIVERS MODES D'IRRIGATION AU SAHARA ET DES DIVERS TYPES D'OASIS SAHARIENNES.....	7
PREMIÈRE PARTIE.	
LES LIGNES D'EAU SUPERFICIELLES DU SAHARA ALGÉRIEN.	
Généralités sur les divers types de lignes d'eau superficielles du Sahara.....	12
§ 1 ^{er} . Le bassin hydrographique du Chott Melrir.....	14
§ 2. Le bassin hydrographique de l'Oued Messaoura.....	25
DEUXIÈME PARTIE.	
LES EAUX SOUTERRAINES DU HAUT SAHARA.	
§ 1 ^{er} . Aperçu général sur les eaux souterraines du haut Sahara.....	34
I. Eaux souterraines des terrains crétacés du haut Sahara.....	34
II. Eaux souterraines des terrains d'atterrissement du haut Sahara.....	37
§ 2. Points d'eau de l'itinéraire de Laghouat à El-Goléa.....	39
I. Laghouat.....	39
II. Entre Laghouat et El-Goléa.....	40
III. El-Goléa.....	41
APPENDICE.	
AVANT-PROJET POUR L'ALIMENTATION EN EAU D'UN CHEMIN DE FER DE LAGHOUAT À EL-GOLÉA AU MOYEN DE PUIITS.	
§ 1 ^{er} . Tracé direct par la Hamada entre le Mzab et l'El-Loua.....	43
I. De Laghouat au parallèle de Zebbacha.....	44
II. Du parallèle de Zebbacha à la descente d'El-Hassi.....	45
III. De la descente d'El-Hassi à Bir Rekaoui.....	45
IV. De Bir Rekaoui à l'Oued el-Koua.....	46
V. De l'Oued el-Koua à El-Goléa.....	47
§ 2. Variante par l'Oued Loua.....	50
§ 3. Observations générales et conclusions.....	51

TROISIÈME PARTIE.

LE BASSIN ARTÉSIEN DU BAS SAHARA	53
Aperçu historique sur les puits artésiens de l'Oued Rir' et d'Ouargla	54

CHAPITRE PREMIER.

EAUX ARTÉSIENNES, PUIITS ET SOURCES DES RÉGIONS TRAVERSÉES PAR L'ITINÉRAIRE D'OUARGLA À BISKRA ET DES RÉGIONS AVOISINANTES	59
§ 1 ^{er} . La région d'Ouargla	60
I. Puits ordinaires	60
II. Puits jaillissants indigènes	61
III. Sondages artésiens français	64
IV. Question de l'écoulement des eaux	64
§ 2. La région intermédiaire entre les bas-fonds d'Ouargla et de l'Oued Rir'	65
§ 3. L'Oued Rir'	66
I. Région centrale de l'Oued Rir' (Ourlana)	67
II. Région méridionale de l'Oued Rir' (Tougourt)	81
<i>Groupes juxtaposés de Sidi-Rached et de Moggar</i>	83
<i>Groupe de Tougourt</i>	89
<i>Groupe de Bledet-Ahmar</i>	93
III. Région septentrionale de l'Oued Rir' (Mraïer)	94
§ 4. La région intermédiaire entre l'Oued Rir' et le Zab	101
§ 4 ^{bis} . Sondages de la route directe de Biskra au Souf	105
§ 5. Le Zab	107
I. Zab occidental	108
<i>Sources naturelles jaillissantes du Zab Dahri</i>	108
<i>Eaux artésiennes des atterrissements du Zab occidental</i>	113
1° Nappe ascendante supérieure	113
2° Nappes artésiennes de la profondeur. — Sondages d'El-Amri et de Foughala. — Sondages de Doucen	114
<i>Provenance crétacée des eaux artésiennes du Zab occidental</i>	119
II. Zab central	121
<i>Aperçu sur les sources naturelles jaillissantes du Zab central</i>	122
<i>Sources de l'Oued Biskra</i>	123
<i>Source thermale sulfureuse de la Fontaine chaude</i>	125
<i>Sources à l'Est de l'Oued Biskra</i>	126
<i>Sondages de Biskra</i>	128
III. Zab oriental	131
<i>Sources naturelles jaillissantes du Zab oriental</i>	131
<i>Sondage d'El-Fayd</i>	132
<i>Sources naturelles jaillissantes de la région de Ferkane et de Négrine</i>	133

APPENDICE I.

EXTRAITS DES RAPPORTS DE M. JES SUR LES TRAVAUX DE SONDAGE EXÉCUTÉS DANS L'OUED RIR' PENDANT LES CAMPAGNES DE 1879 À 1882	134
I. Région centrale	134
<i>Sondage n° 2 de Tala-em-Mouïdi</i>	134
Effondrement du puits n° 1	134
Deuxième sondage	134
II. Région méridionale	136

TABLE DES MATIÈRES.		421
	<i>Curage du puits n° 3 de l'oasis d'El-Kessour</i>	136
	<i>Sondage n° 8 de Sidi-Rached</i>	136
	<i>Sondage n° 6 de Tebesbest (Région du Coudiat Krab; Chott de Schmourra)</i>	137
III.	Région septentrionale	139
	<i>Sondage n° 2 de Tinedla (Région d'Aïn Sassi)</i>	139
APPENDICE II.		
	OBSERVATIONS PRATIQUES SUR LES SONDAGES DE L'OUED RIR	141
APPENDICE III.		
	Exemples de quelques sources de divers types du Zab occidental	142
	Sources d'Oumach	142
	Sources de l'Oued M'lili	142
	Sources de Bou-Chagroun	143
	Sources d'El-Amri	143
	Sources de Doucen	143
	<i>Rive droite de l'Oued Doucen</i>	143
	<i>Rive gauche de l'Oued Doucen</i>	144
APPENDICE IV.		
	Coupe du sondage n° 2 de Biskra	144
APPENDICE V.		
	Étude sur l'alimentation en eau d'un chemin de fer de Biskra à Ouargla	145
	I. Épuration préalable des eaux artésiennes	146
	II. Emploi exclusif des eaux de Biskra et d'Ouargla	146
	a. <i>Dépenses de premier établissement</i>	147
	b. <i>Influence sur les frais d'exploitation</i>	147
	III. Emploi des eaux de l'oasis de Droueu	152
	a. <i>Dépenses de premier établissement</i>	152
	b. <i>Influence sur les frais d'exploitation</i>	152
	IV. Conclusions	155
CHAPITRE II.		
	ÉTUDE D'ENSEMBLE SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES DU BAS SAHARA	156
	§ 1 ^{er} . Sources naturelles de la lisière Nord du bas Sahara. — Zab (bas Sahara algérien)	157
	§ 2. Question des sondages de recherche dans le Zab	161
	I. Zab occidental	162
	1° Zab Dahri (partie Nord du Zab occidental)	162
	2° Zab Guebli (partie Sud du Zab occidental)	164
	II. Zab central	165
	<i>Question des sondages de recherche</i>	165
	<i>Autres moyens d'augmenter le volume des eaux de Biskra</i>	167
	III. Zab oriental	172
	<i>Sondages</i>	172
	<i>Barrages</i>	174
	§ 3. Sources naturelles de la lisière Nord du bas Sahara. — Sahara tunisien	177
	I. Sources de la région de Gafsa	179
	II. Sources du Djérid	180
	III. Sources et puits artésiens de l'Aarad	184

IV. Sources du Nefzaoua	188
V. Sources dans le Chott Djérid	191
VI. Provenance crétacée des eaux artésiennes du Sahara tunisien	192
§ 4. Artères artésiennes de l'intérieur du bas Sahara. — L'Oued Rir'	193
I. Une seule nappe principale	196
II. Dispositions de la nappe artésienne sous forme d'artère	197
III. Hypothèse de la rivière souterraine de l'Oued Rir'	199
IV. Facteurs de la pression et du volume des eaux artésiennes le long de l'artère principale de l'Oued Rir'	203
V. Behour et chria de l'Oued Rir'	207
<i>Les stations préhistoriques de l'Oued Rir'</i>	212
VI. Observations sur l'écoulement naturel des eaux artésiennes de l'Oued Rir'	213
§ 5. Question de la limite des sondages artésiens dans l'Oued Rir'	215
§ 6. Artères artésiennes de l'intérieur du bas Sahara. — La région d'Ouargla	218
§ 7. La nappe ascendante du Souf	222
§ 8. Autres régions artésiennes du bas Sahara. — Diffusion générale des eaux artésiennes dans le bas Sahara	224
I. Au Nord du parallèle d'Ouargla. — Régions intermédiaires entre le Zab, l'Oued Rir', le pays d'Ouargla, le Souf, le Sud tunisien et le grand Erg oriental	225
II. Au Sud du parallèle d'Ouargla. — Le bas Oued Mya et le bas Igharghar (avec aperçu sur le haut Oued Mya et le haut Igharghar). Timassinin et Anguid	230
§ 9. Alimentation du bassin artésien du bas Sahara	236
I. Alimentation par les eaux météoriques	238
1° Alimentation par les eaux de pluie	238
2° Alimentation par les eaux courantes des vallées	241
II. Alimentation par les eaux souterraines	246
1° Alimentation par les sources de la lisière Nord du bas Sahara	247
2° Alimentation par les sources souterraines à l'intérieur du bassin	250
§ 10. Composition chimique des eaux du bas Sahara algérien	258
§ 11. Températures des eaux artésiennes du bas Sahara algérien et loi d'accroissement des températures avec la profondeur	264

CHAPITRE III.

ANIMAUX VIVANT DANS LES EAUX ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA ALGÉRIEN	270
§ 1 ^{er} . Animaux vivant à la surface dans les eaux artésiennes du bas Sahara	271
I. Mollusques	271
II. Poissons	273
III. Crustacés	274
IV. Autres animaux aquatiques	274
§ 2. Poissons, crabes et mollusques vivants rejetés par les puits jaillissants de l'Oued Rir'	276
I. Faits observés	277
II. Explication des faits observés	279

POST-SCRIPTUM.

Sondages artésiens de la région d'El-Goléa et conclusions sur le régime des eaux souterraines de l'extrême Sud de la province d'Alger	284
---	-----

TABLE DES MATIÈRES.

423

ANNEXE I.

Composition chimique des eaux recueillies le long de l'itinéraire de la mission 293

ANNEXE II.

Observations sur les puits ordinaires le long de l'itinéraire de la mission 297

ANNEXE III.

Observations sur les puits indigènes, les sources naturelles et les feggaguir de la région d'El-Goléa. 301
 § 1^{er}. Puits indigènes d'El-Goléa 302
 § 2. Sources naturelles du Djoua d'El-Goléa et observations diverses 304
 § 3. Feggaguir de la région d'El-Goléa 307

ANNEXE IV.

Observations sur les behour et chria de l'Oued Rir' 309

APPENDICE STATISTIQUE.

ÉTATS STATISTIQUES DES OASIS DU SAHARA ALGÉRIEN.

INTRODUCTION 315
 § 1^{er}. Tableau d'ensemble des principaux groupes d'oasis du Sahara algérien, en 1882 . . . 318
 § 2. États statistiques détaillés des oasis du bas Sahara algérien (Zibans, Souf, Oued Rir', Ouargla), au 1^{er} juin 1882 318
 I. État détaillé des oasis des Zibans (et régions avoisinantes de la lisière Nord du bas Sahara algérien), en 1882 318
 II. État détaillé des oasis de l'Oued Rir', après la campagne artésienne de 1881-1882 321
 III. État détaillé des oasis de l'Oued Souf, en 1875 323
 IV. État détaillé des oasis de la région d'Ouargla, en 1870 323
 § 3. Valeur et production des oasis du bas Sahara algérien (Zibans, Oued Rir', Souf et région d'Ouargla), en 1883 324
 I. Valeur des oasis comprises dans les régions des Zibans, de l'Oued Rir', de l'Oued Souf et d'Ouargla 324
 II. Rapport moyen des oasis comprises dans les régions des Zibans, de l'Oued Rir', de l'Oued Souf et d'Ouargla 324
 1^o Dattes 324
 2^o Blé, orge, fruits, légumes, garance, etc. 325

APPENDICE MÉTÉOROLOGIQUE.

CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DU CLIMAT SAHARIEN.

EXPOSÉ.....	329
<i>Tableau résumé des observations météorologiques faites au Sahara par M. G. Rolland, du 17 janvier au 16 avril 1880 inclus.</i>	334
INSTRUMENTS.....	338
Abri démontable à double toit.....	338
Thermomètres.....	339
Baromètres.....	340
Évaporomètre Piche.....	342
Ozonomètre.....	342
Pluviomètre.....	342
OBSERVATIONS.....	343
TABLEAUX DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.....	347
Preliminaires.....	347
Première période (du 17 au 25 janvier 1880 inclus).....	351
Deuxième période (du 26 au 29 janvier 1880 inclus).....	357
Troisième période (du 30 janvier au 9 février 1880 inclus).....	361
Quatrième période (du 10 au 17 février 1880 inclus).....	367
Cinquième période (du 18 au 23 février 1880 inclus).....	373
Sixième période (du 24 février au 9 mars 1880 inclus).....	377
Septième période (du 10 au 17 mars 1880 inclus).....	389
Huitième période (du 18 au 29 mars 1880 inclus).....	395
Neuvième période (du 30 mars au 1 ^{er} avril 1880 inclus).....	403
Dixième période (du 2 au 16 avril 1880 inclus).....	407
<i>Annexe I.</i>	
Observations hypsométriques et corrections hypsométriques des baromètres holostériques..	413
Premier tableau.....	413
Deuxième tableau.....	413
<i>Annexe II.</i>	
Observations directes sur les températures du sol à diverses profondeurs.....	414
NOTE SUPPLÉMENTAIRE.	
Observations météorologiques de la station d'Ayata (Oued Rir') et aperçu climatologique sur les cultures sahariennes.....	415

FIGURES DANS LE TEXTE.

Fig. 1. Importance de la position d'Amguid sur la route de l'Algérie au Soudan (d'après M. le général Philebert).....	16
Fig. 2. Tableau graphique de la progression de l'irrigation des oasis de l'Oued Rir' du 1 ^{er} juin 1856 au 1 ^{er} janvier 1890.....	57
Fig. 3. Sondage n° 2 de Biskra.....	144
Fig. 4. Coupe géologique Nord-Ouest-Nord, Sud-Est-Sud par El-Goléa.....	285
Fig. 5. Abri météorologique démontable à double toit de la mission.....	338

EN VENTE À PARIS
CHEZ CHALLAMEL, ÉDITEUR
RUE JACOB, 5