

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

LE TUNNEL DE L'AVE MARIA

Observations géologiques et hydrologiques
sur le plateau et la falaise au sud de Boulogne - sur - Mer

par

Ed. LEROUX

Inspecteur divisionnaire au Service des Eaux de la Compagnie
du Chemin de Fer du Nord

TOME VIII

2

LILLE
IMPRIMERIE CENTRALE DU NORD
RUE LEPELLETIER. 12

1929

LE TUNNEL DE L'AVE MARIA

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

LE TUNNEL DE L'AVE MARIA

Observations géologiques et hydrologiques
sur le plateau et la falaise au sud de Boulogne - sur - Mer

par

Ed. LEROUX

Inspecteur divisionnaire au Service des Eaux de la Compagnie
du Chemin de Fer du Nord

TOME VIII

2

LILLE
IMPRIMERIE CENTRALE DU NORD
RUE LEPELLETIER, 12

1929

Le tunnel de l'Ave Maria

SOMMAIRE

	PAGES
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	7
PREMIÈRE PARTIE. — Géologie du tunnel de l'Ave-Maria.	9
DEUXIÈME PARTIE. — Le terrain portlandien au sud de Boulogne. La faille du mont de Couppes	19
TROISIÈME PARTIE. — Hydrologie du plateau au sud immédiat de Boulogne. Les venues d'eau dans le tunnel pendant l'exécution	35
RÉSUMÉ ET CONCLUSION.	49
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	51

AVANT - PROPOS

Le réseau ferroviaire du port de BOULOGNE comprend un important faisceau de garages établi au pied de la falaise de l'AVE MARIA, entre le quartier de Châtillon et la digue Carnot, pour desservir le bassin Loubet et le port en eau profonde

Placés à l'écart de la grande ligne de Paris à Calais, ces garages sont dans une situation très désavantageuse. Les trains ne peuvent y accéder que par l'extrémité nord, après avoir traversé la gare centrale, ainsi qu'un quartier très animé de la ville : ils doivent à cet effet emprunter les voies du bassin à flot, qui assurent déjà pour leur part un trafic chargé.

D'importants travaux d'amélioration des voies ferrées du port, entrepris en 1926, mettront fin à cet état de choses dans un avenir très prochain.

Ces travaux ont comporté en particulier l'établissement d'un tunnel de 1.900 mètres de longueur dont les voies se détachent de la ligne de Calais avant l'entrée en gare de Boulogne, passent sous le plateau de l'AVE MARIA, et se raccordent directement à l'extrémité sud des garages de Châtillon.*

Le but du présent mémoire est de faire connaître les observations recueillies au cours de la construction du souterrain, au double point de vue de la géologie et de l'hydrologie du plateau de l'AVE MARIA.

* Le tunnel a été effectivement mis en service en Février 1929.

INTRODUCTION

Le plateau de l'Ave-Maria s'étend entre la côte et la vallée de la Liane; il affecte la forme d'un triangle ayant pour base une ligne tirée du Portel à Outreau et pour sommet le quartier de Châtillon (voir la carte au 1/20.000^{ème} des environs de Boulogne-sur-Mer, planche VI).

Ce plateau est légèrement déversé vers l'Ouest; son rebord intérieur se maintient à une altitude voisine de + 65,00, tandis que la crête de la falaise ne dépasse pas celle de + 40,00.

Sa constitution géologique est simple; il est formé de terrains d'époque jurassique, appartenant aux étages Kimméridgien et Portlandien. Le tableau ci-dessous énumère les assises qui s'y succèdent en partant du sommet :

PORTLANDIEN	PORTLANDIEN SUPÉRIEUR	Calcaires à <i>Astarte Soemanni</i> (base des grès à <i>Trigonia gibbosa</i>).
	PORTLANDIEN MOYEN	Argiles à <i>Ostrea expansa</i> . Argiles à <i>Exogyra dubiensis</i> . Argiles à <i>Anomia laevigata</i> .
	PORTLANDIEN INFÉRIEUR	Grès de la Crèche.
KIMMERIDGIEN	KIMMERIDGIEN SUPÉRIEUR	Argiles de Châtillon (argiles supérieures et argiles inférieures). Sables et grès d'Audresselles. Argiles du moulin Wibert.

Sous le rapport de sa structure tectonique, le plateau se rattache à l'aile sud du bombement de la Crèche. On sait notamment que cette vaste voûte, allongée du N-W au S-E, passe dans la falaise au nord de la ville, et que ses deux versants sont d'allures très dissemblables; le versant nord est abrupt tandis que le versant sud est en pente très douce, voire même insensible à une certaine distance du point culminant.

Les données les plus récentes sur la géologie du Boulonnais représentaient le plateau de l'Ave-Maria comme un massif tabulaire appuyé au sud contre la zone de dislocation du Portel. Cette zone était considérée comme une bande de terrains étroite, affaissée entre deux failles parallèles dirigées du N-W au S-E; celle du mont de Couppez visible sous le

fort de ce nom, et celle du Portel cachée par les ouvrages en maçonnerie qui protègent la falaise à l'entrée du port. Il était enfin admis que cette zone de dislocation se poursuivait semblable à elle-même à l'intérieur des terres, et que la vallée de la Liane entre Samer et St-Léonard jalonnait son passage *.

En partant des connaissances acquises sur le sous-sol de la région, et après un examen attentif des affleurements visibles sur les flancs du plateau, j'avais dressé pour l'étude du projet du tunnel un profil géologique provisoire, dont les limites des assises avaient été obtenues en joignant par des droites les affleurements correspondants des deux versants opposés. Dans ce profil, les couches de terrains présentaient une pente très admissible de 1,5 % vers la mer. J'avais vérifié en outre que l'altitude de la base des grès de la Crèche sous la ligne du tramway du Portel correspondait bien avec celle trouvée dans un sondage de recherches fait en ce point quelques années avant la guerre par l'Administration des Ponts et Chaussées (figure 5).

Il est bien évident que cette façon d'opérer pouvait avoir pour inconvénient de présenter les assises sous une allure plus simple que la réalité; mais l'absence totale d'indices à la surface du plateau et le manque de documents sur la question n'autorisaient pas à s'écarter de cette méthode générale de la stratigraphie.

D'après la coupe géologique ainsi établie, le tunnel devait pénétrer sous le plateau dans la partie supérieure des argiles du moulin Wibert, couper très obliquement la bande des grès et sables d'Audresselles, se maintenir dans les argiles inférieures de Châtillon et déboucher enfin sur le rivage sous les lumachelles qui séparent les argiles inférieures des argiles supérieures.

L'allure tranquille des terrains, les faibles possibilités d'alimentation des horizons perméables qui affleuraient d'ailleurs à sec dans la falaise malgré leur inclinaison vers la mer, m'avaient amené à penser, non pas que le tunnel serait sec, mais qu'il ne donnerait lieu qu'à des venues d'eau peu importantes.

Aussi ai-je été surpris de constater qu'à 75 mètres du front de la falaise les galeries traversaient la faille du mont de Couppes.

Cette rencontre imprévue révélait ainsi que la direction réelle de l'accident était toute différente de celles qui lui avaient été attribuées dans le passé et que par conséquent la structure du plateau de l'Ave-Maria était moins simple que je l'avais supposé.

En fait, le tunnel a été creusé dans le compartiment affaissé de la cassure et des venues d'eau d'une certaine importance se sont produites localement en raison de l'abaissement, au niveau des galeries, des zones aquifères que j'avais cru situées très au-dessus...

L'étude détaillée qui suit comprend trois grandes divisions. Un premier chapitre est consacré au profil géologique du tunnel; un second est réservé à la faille du mont de Couppes; un troisième et dernier a trait à l'hydrologie du plateau de l'Ave-Maria et aux venues d'eau rencontrées pendant les travaux.

* Certains géologues ont admis l'existence d'une faille sous la vallée de la Liane dans les derniers kilomètres de son cours et sous son estuaire, mais le fait n'a jusqu'à présent pas été prouvé.

CHAPITRE I

Géologie du tunnel de l'Ave Maria

Le profil géologique du tunnel représenté à la planche V et le tableau synoptique des terrains donné à la fin du présent chapitre résument les observations détaillées que j'ai été amené à faire au cours de la construction de l'ouvrage, soit par l'examen direct des terrains dans les galeries, soit par l'étude des attachements qui m'étaient communiqués par les services d'exécution; je me bornerai donc à résumer les traits essentiels de la coupe géologique.

§ I. — DESCRIPTION GÉNÉRALE

A partir de l'entrée du tunnel, les couches sont sensiblement horizontales sur une distance de 300 mètres environ. Elles plongent ensuite vers la mer en pente douce de 3 % environ. A 1.700 mètres de l'entrée, elles dessinent une cuvette, puis se relèvent brusquement jusqu'à venir affleurer à la surface du plateau. Aussitôt après passe une faille inclinée à 45° environ. Au-delà et jusqu'à la sortie du tunnel, les assises non dénivellées par la fracture reprennent leur allure calme, tout en accusant sous l'effet de la dislocation une inclinaison inverse du pendage normal, qui diminue d'ailleurs très rapidement.

Au centre de la cuvette qui précède la faille, la base des grès de la Crèche s'établit à l'altitude + 12,00 ; au-delà de l'accident, au point où les couches retrouveraient leur pendage normal, elle serait à la cote + 32,00; l'amplitude de la faille est donc de 20 mètres.

Dans la cuvette, les bancs rocheux sont très disloqués. L'effet de la faille se fait sentir sur une distance de 125 mètres; mais de part et d'autre de cette zone, les couches ne présentent ni la moindre cassure, ni le plus faible décrochement.

§ II. — RÉVISION SOMMAIRE DES TERRAINS RENCONTRÉS DANS LE TUNNEL.

A. — *Argiles du moulin Wibert.*

Les lits de calcaire marneux (cementstone) développés au milieu des argiles du moulin Wibert s'aperçoivent à l'entrée du tunnel à la faveur d'une légère ondulation dont le sommet ne s'élève guère au-dessus du niveau du rail.

Les couches argileuses qui surmontent les bancs de « cementstone » sont caractérisées notamment par la présence de niveaux sableux annonçant l'apparition prochaine des sables d'Audresselles. L'existence de l'argile à petits lits lenticulaires de sable blanc, remarquablement développée ici, n'a pas encore été signalée de façon spéciale.

B. — *Sables et grès d'Audresselles.*

Ils se distinguent par la constance de leur épaisseur et de leurs caractères pétrographiques.

Le grès calcarifère forme un banc continu, d'un mètre d'épaisseur, qui occupe le sommet de l'assise. Au-dessous, le sable se divise en deux zones d'égale valeur : la zone supérieure est formée par un sable jaune pâle ou blanc, très pur ; la zone inférieure est argileuse, surtout vers sa base, et montre une alternance de rubans jaune pâle et brun rougeâtre. C'est sensiblement sous cet aspect que les sables et grès d'Audresselles existent au sommet de la falaise au nord de Boulogne, près de la pointe de la Crèche, et qu'ils étaient visibles autrefois au pied de la falaise de Châtillon [1] *.

C. — *Argiles de Châtillon.*

On groupe sous cette désignation un complexe de formations argileuses qui a été étudié autrefois très en détail par E. Pellat [1], dans la carrière ouverte à l'origine de la falaise de Châtillon.

Cet auteur a été amené à y introduire deux subdivisions basées exclusivement sur les différences très marquées de leurs caractères pétrographiques. 1° *Zone inférieure.* Son épaisseur est d'une douzaine de mètres. Elle comprend deux couches d'argiles très distinctes. L'argile de base est noirâtre, schisteuse, durcie ; elle se divise en dalles, est criblée de fragments très fragiles de petits fossiles généralement indéterminables. L'argile du sommet est gris pâle, plastique, sa cassure est conchoïdale ; elle renferme des fossiles entiers (bivalves) assez rares et de nombreux nodules calcaires (septaria) disséminés dans la masse ou groupés en cordons. 2° *Zone supérieure.* Elle a de 15 à 20 mètres d'épaisseur. Plusieurs bancs de grès calcaire pétris d'*Exogyra virgula* la séparent de la zone inférieure. Elle est composée d'une série de couches argileuses en général très minces, entre lesquelles s'insèrent, en bancs lenticulaires, des calcaires gris très fins et des lumachelles sableuses à *E. virgula*. La présence de zones arénacées, de plus en plus marquées à l'approche du sommet, annonce l'apparition prochaine d'un changement important dans la nature des sédiments.

La carrière de Châtillon, toujours activement exploitée par la Société des Ciments français du Boulonnais, montre encore, à quelques détails près dans sa zone supérieure, la coupe donnée par E. Pellat [1] en 1880.

Les argiles de Châtillon offrent des caractères identiques dans toute l'étendue de la falaise, notamment dans la nouvelle carrière que la Société des Ciments français vient d'ouvrir à quelques centaines de mètres au sud de la première.

* Les chiffres placés entre crochets renvoient à l'index bibliographique.

Coupe détaillée de la carrière de Châtillon

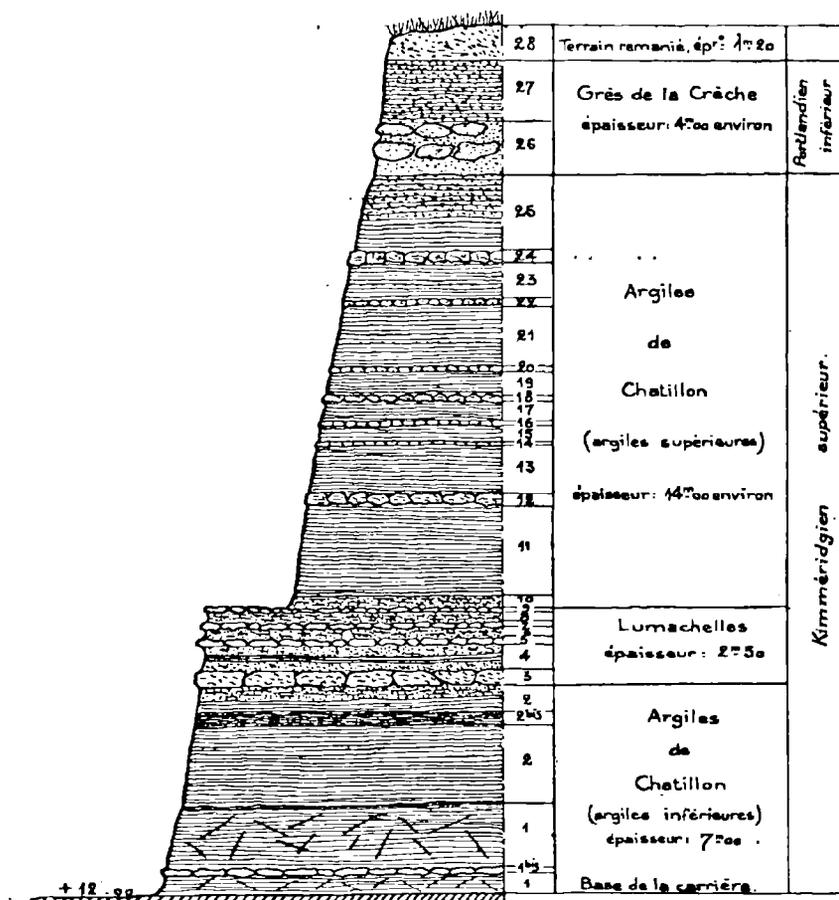


Fig. 1

	<i>Épaisseur des couches</i>
28. — Terre arable et terrain sablo-argileux remanié	1 ^m 20
27. — Argile rousse très sableuse.....	2 ^m 00
26. — Sable roux un peu argileux avec grès calcarifères jaunes, mamelonnés..	1 ^m 80
25. — Argile ardoisière noire, sableuse, principalement au sommet.....	2 ^m 50
24. — Grès calcarifère gris bleu très dur, à grain fin, à cassure esquilleuse....	0 ^m 40
23. — Argile schisteuse gris foncé feuilletée, avec zone d'argile plastique gris clair.	1 ^m 20
22. — Calcaire gris à grain fin, très dur	0 ^m 20
21. — Argile schisteuse, gris foncé, en tables très minces	2 ^m 00
20. — Calcaire gris, dur, à cassure conchoïdale	0 ^m 15
19. — Argile plastique, gris foncé.	0 ^m 80

18. — Lumachelle tendre à <i>E. virgula</i>	0 ^m 20
17. — Argile plastique, gris foncé.	0 ^m 60
16. — Argile noire schisteuse, très dure, fendillée	0 ^m 15
15. — Argile plastique, gris foncé.	0 ^m 50
14. — Calcaire gris, dur, à grain fin	0 ^m 15
13. — Argile noire, en bancs durcis de 0,30 à 0,40 d'épaisseur, séparés par des lits d'argile noire, molle. Quelques lits un peu sableux renferment des fragments de coquilles indéterminables	1 ^m 50
12. — Lumachelle tendre à <i>E. virgula</i>	0 ^m 40
11. — Argile noirâtre schisteuse, très dure, sans fossiles	3 ^m 00
10. — Argile noire feuilletée, un peu sableuse	0 ^m 40
9. — Grès calcarifère roux fauve, tendre, divisé en blocs de la taille d'un gros pavé.	0 ^m 10
8. — Argile rousse, sableuse.	0 ^m 30
7. — Grès calcarifère fauve, assez tendre, très fissuré	0 ^m 20
6. — Argile rousse très sableuse.	0 ^m 30
5. — Grès calcarifère roux.	0 ^m 30
4. — Comprend 3 zones d'égale épaisseur. <i>Au sommet</i> , argile rousse un peu sableuse. <i>Au centre</i> , argile gris pâle grasse. <i>A la base</i> , sable jaune roux, très argileux, avec nombreuses <i>E. virgula</i>	0 ^m 80
3. — Calcaire argileux très dur. Banc disloqué; donne des dalles épaisses de 0,50, dont les côtés mesurent 1,00×2,00, qui font saillie sur les couches inférieures. Gris bleu à l'intérieur avec croûte rousse. Les faces sont couvertes de fossiles (<i>E. virgula</i> , <i>Gervillia kimmeridensis</i> , trigonies, etc.)	0 ^m 50
2. — Argile gris clair, très plastique, renferme de nombreux septaria, isolés ou groupés en cordons (gris très pâle, prennent une coloration rose ou rousse par oxydation). Quelques <i>E. virgula</i> , quelques gervillies, rares lits de fossiles écrasés. Une zone (2 bis) d'argile feuilletée noirâtre, épaisse de 0,30 à 0,50 se rencontre à environ 1,20 du sommet. A l'approche du banc 3, l'argile 2 devient sableuse	4 ^m 00
1. — Argile noirâtre, schisteuse, très dure, se divise en dalles. Renferme <i>E. virgula</i> et de nombreux fragments de petits bivalves blancs très fragiles, disposés parfois par lits. 1 bis est une lentille de calcaire à grain fin, à cassure conchoïdale (épaisseur maximum: 0,20)	3 ^m 00

NOTA. — Les couches supérieures sont inaccessibles; les épaisseurs correspondantes ne sont qu'approximatives.

L'identité des couches traversées dans le tunnel et des précédentes est tout à fait frappante. Leur épaisseur totale croît progressivement de 25 à 32 mètres depuis l'entrée du souterrain jusqu'en son milieu pour devenir constante ensuite.

On observe les mêmes argiles sur le versant intérieur du plateau; l'ancienne carrière Tellier derrière l'église de Capécure (planche VI, carte au 1/20.000^{ème}), montre l'argile gris pâle à septaria surmontée des grès à *Exogyra virgula*; les mêmes couches sont encore visibles dans les chemins creux qui gravissent le coteau d'Outreau, à proximité de l'entrée du tunnel.

L'invariabilité des caractères des argiles de Châtillon sous le plateau de l'Ave-Maria est donc remarquable; c'est à peine si une légère diminution d'épaisseur en allant vers

l'Est accuse la proximité du rivage de la mer kimméridgienne qui s'étendait parallèlement à la côte actuelle, à quelques kilomètres à l'intérieur.

Existence d'un double clivage dans les argiles de Châtillon. — Les argiles de Châtillon présentent deux directions de clivage: l'une, parallèle à la stratification, est due aux circonstances mêmes du dépôt; l'autre, sensiblement parallèle à la faille du Portel (30° avec l'axe du tunnel), semble être le résultat des compressions latérales subies par les assises au moment des phases orogéniques éocénocène et tertiaire.

Cette fissilité évoque tout à fait la fissuration de la craie sénonienne attribuée à l'effet des plissements tertiaires.

Le double clivage se manifeste avec plus ou moins d'intensité selon la nature des argiles *. Je ne l'ai signalé dans mon tableau synoptique que pour les couches où il est particulièrement accentué.

Nature des argiles de Châtillon. — Dans ce qui précède, je me suis conformé à la terminologie en usage en qualifiant du nom d'argiles les formations kimméridgiennes du plateau de l'Ave-Maria. En réalité, ces formations renferment, outre l'argile, une notable proportion d'éléments étrangers; elles sont notamment très calcaireuses, et la teneur de certaines en carbonate de chaux justifierait l'appellation de marnes.

La Société des Ciments français du Boulonnais qui exploite ces couches argileuses pour la préparation des pâtes à ciment, a étudié très longuement leur composition.

Voici à titre d'indication, les résultats d'analyses qui m'ont été communiqués par ses laboratoires :

1° — *Composition physique* (déterminée par laevigation à l'appareil Schultze).

	n° 1	n° 2	n° 3
Sables et parties grossières	41,55	25,41	7,11
Argile de grosseur moyenne	26,50	26,50	29,95
Argile fine.	19,40	33,10	49,10
Impalpable passant dans les eaux de lavage	12,50	14,99	13,84
Résidus { tamis de 900 mailles par cm ² ..	6	4	5
après délayage { tamis de 5.000 mailles par cm ² .	18	8	12

2° — *Composition chimique* (abstraction faite de la perte au feu).

	n° 1	n° 2	n° 3
Silice	54,94	59,88	55,74
Alumine.	17,47	21,87	18,86
Peroxyde de fer	6,14	4,20	5,52
Chaux.	12,52	6,77	11,73
Magnésie	2,38	2,15	2,84
Acide sulfurique.	5,26	2,74	4,73
non dosés.	1,29	2,39	0,58
rapport $\frac{\text{silice}}{\text{alumine}}$	3,1	2,7	3

Les trois échantillons analysés proviennent de la falaise (carrière principale).

Le premier est un mélange de diverses couches des argiles supérieures de Châtillon.

Les deux autres proviennent des argiles inférieures de Châtillon, l'un de l'argile gris clair, l'autre de l'argile noirâtre de base.

* A vrai dire, il a été également constaté dans les argiles du moulin Wibert, mais à un degré très atténué, les sédiments étant de nature plus plastique.

D. — *Grès de la Crèche.*

Le tunnel n'a rencontré les grès de la Crèche qu'à l'approche de la faille où il a entamé seulement leur base, sur une longueur de 180 mètres.

E. — *Eboulis.*

La tranchée d'accès au souterrain a traversé une masse argilo-sableuse complexe, accrochée au flanc du coteau en position d'équilibre instable et dont l'examen topographique des lieux ne m'avait pas permis de préjuger de l'importance.

§ III. — OBSERVATIONS SUR LA FAUNE.

Le percement des galeries du tunnel n'a permis de faire aucune constatation nouvelle à l'égard de la faune des terrains traversés. La plupart des espèces caractéristiques des assises intéressées [1] [2] ont été recueillies, souvent à l'état de moules et toujours mal conservées. En particulier les ammonites typiques [3] ont été trouvées à leurs niveaux respectifs.

Grès de la Crèche (base)	<i>Gravesia Portlandica</i> Lor. et <i>Perisphinctes Blecheri</i> Lor.
Argiles de Châtillon :	Argiles supérieures <i>Gravesia Portlandica</i> Lor. et <i>Perisphinctes Blecheri</i> Lor.
	Argiles inférieures <i>Aulacostephanus pseudomutabilis</i> Lor. et <i>Physodoceras longispinum</i> Sow.
Argiles du moulin Wibert (sommet)	<i>Aulacostephanus Yo</i> et <i>Physodoceras caletanum</i> Lor.

§ IV. — FAILLE DU MONT DE COUPPES.

La faille proprement dite s'est manifestée par l'apparition dans la galerie de faite, sur un parcours de quelques mètres, d'une zone essentiellement chaotique où se trouvaient pêle-mêle des blocs de grès isolés dans des argiles et des sables impurs. Dans la galerie de base, au niveau de laquelle les grès et sables ne se sont pas abaissés, son passage ne s'est révélé que par l'inclinaison rapide de la zone d'argile noirâtre fossilifère voisine du sommet de l'argile à septaria (planche V, couche 10 bis du profil géologique).

Tableau synoptique des terrains rencontrés dans le tunnel

DISTANCE à laquelle la couche apparaît à l'extrémité (1)	NUMÉROTATION DES COUCHES SUR LE PROFIL GÉOLOGIQUE	DISTANCE à laquelle la couche disparaît sous le radier (2)	CARACTÈRES DES COUCHES	ÉPAISSEUR DES COUCHES
visible dès l'entrée du tunnel (base cachée)	Partie inférieure du radier			
visible dès l'entrée du tunnel sur toute son épaisseur	1	114 mètres	<p>Argiles du moulin Wibert <i>Argiles et calcaires supérieurs</i></p> <p>1. — Argile gris pâle, très dure, divisée en feuillets irréguliers, disposés verticalement. Vers la base, apparition de quelques bancs de calcaire argileux, gris très pâle (cementsstone). 2. — Argile gris pâle, molle et onctueuse au toucher, sans délit, à cassure conchoïdale. 3. — Argile noirâtre, sableuse par endroits, rugueuse au toucher et particulièrement dure au sommet. Cassure raboteuse. Elle s'effrite à l'air; dans l'eau elle éclate en fragments qui se détruisent à la longue en donnant une boue noire. La couche est criblée par places de fragments de coquilles blanches indéterminables; elle a donné les fossiles suivants: <i>Physodoceras caletanum</i>, <i>Erogyra virgula</i> (très abondante), <i>Gerrillia kimmeridensis</i>, <i>Pholadomya multicosata</i>, <i>Trigonia Rigaulti</i>. 4. — Argile grise très compacte. Au km. 0,060, elle se charge dans sa partie moyenne et vers son sommet de nombreux petits filets lenticulaires de sable blanc calcaire d'une finesse extrême, qui donnent à l'ensemble une teinte très pâle. A la même distance prend naissance en pleine masse une argile sableuse (4 bis), gris foncé, très cohérente, rugueuse au toucher (apparence d'une boue dure) à cassure raboteuse, sans délit. La couche débute en pointe, son allure est onduluse, elle s'épaissit au fur et à mesure qu'elle s'enfonce dans le tunnel et son développement s'opère au détriment de la couche 4. Elle renferme la même faune que la couche 3. L'argile 4 bis sépare l'argile 4 en deux couches qui ne tardent pas à s'individualiser : <i>Couche supérieure</i> : Les lits sableux sont particulièrement développés dans la masse même du dépôt; ils disparaissent vers la base où l'argile devient plus compacte et plus foncée. <i>Couche inférieure</i> : Souvent formée d'argile compacte grise. Les veines sableuses blanches n'existent nulle part à la base. Dans la masse et vers le sommet, ils ne se rencontrent que par intermittence. Cette couche a livré <i>Aulacostephanus Yo</i>, <i>Erogyra virgula</i> et une faune riche en petites corbules indéterminables.</p>	3 ^m 25 environ (y compris 0 ^m 50 à 0 ^m 75 pour l'ensemble des bancs de cementsstone). Assez irrégulière : 0 ^m 80 en moyenne. Irrégulière; réduite à 1 ^m 00 depuis l'entrée du tunnel jusqu'au km. 0,080; atteint 3 ^m 00 au-delà. Le sommet de la couche est très ondulé.
— do —	2	130 >		
— do —	3	354 >		
— do —	4	400 >		
(la couche 4 bis débute à 60 mètres de l'entrée)	4 bis			
— do —	4	440 >		
Visible dès l'entrée du tunnel	5	550 >	5. — Argile sableuse, gris foncé, cohérente, rugueuse, offre les mêmes caractères que la couche 4 bis et a donné les mêmes fossiles que l'argile 3.	La couche 5 présente des renflements et des étranglements qui font varier son épaisseur de 1 ^m 25 à 2 ^m 00.
— do —	6	604 >	6. — Argile noirâtre, tantôt compacte, tantôt feuilletée, parfois veinée de petites lentilles de sable jaune, épaisse de quelques centimètres.	Couche très irrégulière qui fait défaut en certains points (épaisseur maximum: 0 ^m 80).
— do —	6	640 >		

(1) (2) Ces distances sont évaluées à partir de l'entrée

Sables et grès d'Andresselles

Au contact des couches 6 et 7 et sur 0^m20 environ d'épaisseur alternent des filets lenticulaires de sable ferrugineux, de lignites, de grès et d'argile noire très dure. Ces filets n'ont guère plus de 2^m d'épaisseur.

7. — La couche 7 est entièrement sableuse ; sa base est irrégulièrement ondulée. En quelques points (notamment entre les km. 0.330 et 0.350 et entre les km. 0.380 et 0.390) cette base dessine de petites cuvettes qui renferment des plaquettes de grès ferrugineux dont l'épaisseur est inférieure à 10^{cm}. Par endroits, des blocs de grès calcaire, durs, isolés, gris à l'intérieur, roux à la surface, se rencontrent en plein sable (aux km. 0.430 et 0.480 par exemple) ; ils atteignent parfois une taille énorme (plusieurs mètres cubes).

Sur sa moitié inférieure, le sable est légèrement argileux, de couleur fauve, avec de larges bandes rousses ; sur sa moitié supérieure il est pur, jaune pâle ou tout-à-fait blanc.

8. — Grès calcaire très dur : forme un banc affecté de nombreuses cassures, dont la base, mamelonnée, pénètre le sable de façon très capricieuse ; la tête du banc est sinuose. Ce grès est gris intérieurement, roux dans sa zone externe. La surface supérieure du banc est en général unie ; cependant, en quelques points elle présente un amoncellement de fossiles à l'état de moules (trigones de grande taille) qui la rend irrégulière.

Argiles de Châtillon

1. Argiles inférieures

Le passage des sables et grès d'Andresselles aux argiles de Châtillon se fait généralement sans transition, cependant en quelques points se trouve intercalé entre le grès 8 et l'argile 9 un lit d'argile sableuse rousse dont l'épaisseur n'excède guère 0^m30. Cette argile est remplie de fossiles (moules de grandes trigones) qui pénètrent dans le grès.

9. — La couche 9 est entièrement constituée par une argile noirâtre, schisteuse, durcie, se débitant parallèlement à la stratification en grandes dalles plates à surfaces très lisses. Cette division en dalles est facilitée par l'existence d'un délit supplémentaire dont le plan de direction est vertical et fait avec l'axe du tunnel un angle de 30° environ (parallèle à la faille du Portel).

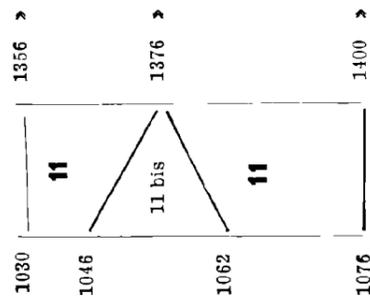
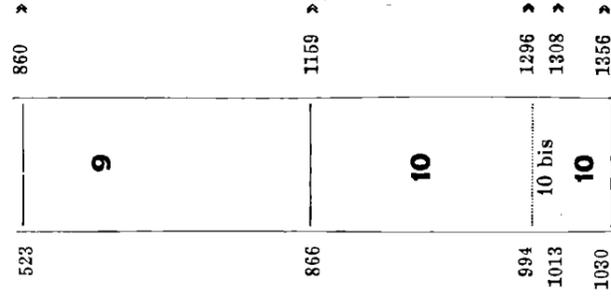
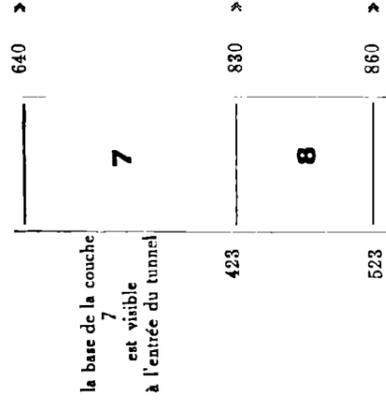
La couche renferme une faune comprenant surtout des lamellicornes de petite taille ; les coquilles sont blanches, rarement entières et se réduisent en poudre au toucher ; elles sont rassemblées suivant des plans parallèles à la stratification qui détruisent l'homogénéité de la masse et facilitent sa division en plaquettes minces à surfaces pétries d'empreintes de petits bivalves. En pleine masse, au km. 0.840, plusieurs *Physodoceras longispinum* de très grande taille, brisés et aplatis, ont été trouvés en compagnie de grandes trigones.

L'argile 9 réapparaît au-delà de la faille, vers la sortie du tunnel, au niveau du radier de la maçonnerie.

10. — Argile gris pâle, compacte et homogène, sans apparence de stratification, onctueuse au toucher, à raclure brillante ; donne avec l'eau une pâte liante et plastique. Elle renferme de nombreux nodules calcaires (*septaria*) isolés dans la masse ou formant des cordons assez continus. A 1^m50 du sommet de la couche 10 se voit une zone d'argile noirâtre 10 bis, ayant 0^m30 à 0^m50 d'épaisseur, criblée de petits fossiles blancs écrasés. Cette zone est très constante. Au-dessus, l'argile gris pâle à *septaria* réapparaît ; près du sommet, sur 0^m20 à 0^m50 d'épaisseur, elle devient feuilletée et sabieuse.

Cette argile, comme la précédente (9), se divise en plaques minces de grandes dimensions suivant les deux mêmes directions de délit.

Au-delà de la faille, vers la sortie du tunnel, la couche 10 se retrouve à hauteur des piédroits ; la zone 10 bis existe et a donné notamment *Retineckia pseudonutabalis*.



11. — Lumachelles à *Exogyra virgata*. Elles comprennent deux bancs de grès calcaire présentant de nombreuses fissures tapissées de calcite ; le banc inférieur est dur, le banc supérieur est au contraire tendre. Ces bancs sont séparés par une lentille d'argile gris foncé (11 bis) sabieuse, où abonde *E. virgata*.

L'épaisseur de cette argile est fort variable. Au point où les lumachelles disparaissent sous le radier, elle se réduit à rien et les deux bancs de grès sont soudés l'un à l'autre. Au contact des grès, l'argile est sabieuse et durcie et il s'ensuit que sa différenciation des grès est parfois difficile.

Les lumachelles renferment *E. virgata* (grande quantité), des *Gervillies* et des trigones.

Au-delà de la faille, vers la sortie du tunnel, les lumachelles conservent les mêmes caractères. Elles forment trois bancs distincts, isolés les uns des autres par des argiles grises, sabieuses. Le banc inférieur est particulièrement dur.

2. Argiles supérieures

12. — Argile gris foncé, schisteuse, homogène et très dure, remplie de petits bivalves blancs, brisés, fragiles, épars dans la masse ou rassemblés suivant des lits parallèles à la stratification. La richesse en fossiles augmente vers le sommet de la couche où les lits de coquilles sont de plus en plus rapprochés ; cette zone a donné *Protocardium monticum*.

L'argile présente les deux délit qui ont été observés dans les couches 9 et 10. Elle donne des blocs et des dalles qui atteignent des dimensions énormes (2^m X 1^m50 X 0^m60) et qui se subdivisent en plaquettes très minces à surfaces parallèles et lisses. La même argile se retrouve entre la faille et la sortie du tunnel où elle se tient au sommet de la voûte ; elle est gris foncé, compacte ; elle renferme *Gravestia portlandica* et *Perisphinctes Blancheri*.

13. — Lumachelle. Grès calcaire tendre, gris foncé avec nombreuses *Exogyra virgata*.

14. — Cette couche admet les subdivisions suivantes :

A la base. — Argile gris foncé, compacte, très dure, avec quelques fossiles blancs écrasés, épars ou rassemblés en lits parallèles à la stratification. La richesse en fossiles est très irrégulière. Dans la masse se développent quelques petites lentilles de calcaire bien homogène et à grain fin. La plus importante débute au km. 1.⁸⁴ et se développe sur 70 mètres ; elle a de 0,25 à 0,30 d'épaisseur.

L'argile s'extrait en blocs irréguliers et informes dont la taille est celle des moellons employés en construction.

Au centre. — Argile gris pâle, compacte, dure, à cassure conchoïdale formant avec l'eau une pâte plastique et liante. Elle a donné *Physodoceras longispinum*. Elle renferme des lentilles et des rognons calcaires (avec grandes cyprines). Elle donne des blocs irréguliers. A la partie supérieure se développent plusieurs lentilles de lumachelle. L'une d'elle naît à l'extrados au km. 1.⁸⁶ et meurt dans la masse au km. 1.⁸⁸ (épaisseur : 0^m25 environ). Une autre lentille, moins importante, débute au km. 1.⁹⁰ et s'étend sur 35 mètres (ép. : 0^m15 au maximum).

Au sommet. — Argile ardoisière, gris foncé, dure, où l'on voit par places de très nombreux fossiles écrasés. Cette argile se divise en plaquettes dont la fissilité est très grande, suivant les deux directions de délit dont il a été question précédemment.

15. — Calcaire argileux gris, dur, à grain très fin.

Très régulière. Variable de 4^m75 à 5^m00.

En moyenne 1^m00. Lorsque le banc est mamelonné, l'épaisseur varie de 0^m60 à 1^m50.

Assez régulière, environ 9^m00.

Près de la sortie du tunnel, la couche 9 n'est visible que dans sa partie supérieure (sur 1^m à 1^m25).

La couche 10 diminue d'épaisseur en s'inclinant vers la mer. Son épaisseur est de 5^m à 5^m50 à l'origine ; au point de disparition de la couche, elle ne dépasse plus guère 4^m.

Au-delà de la faille, l'épaisseur de la couche 10 est d'environ 4^m50.

a) Au milieu du tunnel : épaisseur totale : 1^m50 à 2^m00. banc supérieur : 0^m25 à 0^m60. argile interm^{re} : 0^m00 à 0^m70. banc inférieur : 0^m50 à 0^m80.

b) Au-delà de la faille vers la sortie :

épaisseur totale : 2^m50. banc inférieur : 0^m60 à 0^m70. banc interm^{re} : 0^m25 à 0^m50. banc supérieur : 0^m25 à 0^m50.

En moyenne de 4 à 5^m00. La couche augmente d'épaisseur en s'inclinant vers la mer.

Le banc s'amincit assez régulièrement en s'inclinant vers la mer. Epaisseur : 0^m60 à 0^m40.

5^m à 5^m50 pour l'ensemble de la couche. Les zones très fossilifères de la base et du sommet ont chacune 1^m environ d'épaisseur.

0^m40 à 0^m20. Décroît en s'inclinant vers la mer.

1490	1720 >	16	16. — Argile ardoisère grise, compacte, avec veines calcaires au sommet.
1530	couche coupée par la faille	17	17. — Lumachelle à <i>E. virgula</i> , grise, assez tendre.
1564	— d° —	18	18. — Argile gris pâle, compacte et plastique.
1584	— d° —	19	19. — Lumachelle à <i>E. virgula</i> , grise. Elle renferme en outre <i>Gravesia portlandica</i> et <i>Perisphinctes Bleicheri</i> .
1600	— d° —	20	20. — Argile gris foncé, tantôt compacte, tantôt très fissile, avec bancs de calcaire argileux; se charge de sable vers le sommet. Elle a donné <i>Gravesia portlandica</i> et <i>Perisphinctes Bleicheri</i> .
1640	— d° —		

Grès de la Crèche

1640	couche coupée par la faille	21	21. — Grès tendre, sablo-argileux, en écailles minces de taille irrégulière, légères et fragiles, gris à la base, se différencie difficilement de l'argile sableuse 20; jaune au contact des sables de la couche 22. Ce grès renferme de nombreuses radiolites d' <i>hemicladars</i> .
1656	— d° —	22	22. — Sable roux légèrement argileux. Grain moyen. Il forme un lit discontinu avec pénétrations dans les grès sus-jacents, à la faveur de vides en forme de poches ou de ramifications parfois très étendues.
1661	— d° —	23	23. — Grès calcaire très dur, gris bleu, avec zone externe rousse plus tendre. Forme un banc très disloqué par la faille avec poches et veines de sable roux. Ce banc dessine une cuvette à fond plissé, remplie par la marne 24.
1705	— d° —	24	24. — A la base : marne grise, sableuse, avec plaquettes de grès calcaire micacé, tendre et léger. Ces plaquettes se divisent en feuillets minces sur les surfaces desquels abondent de fines particules charbonneuses. <i>Au sommet</i> : marne très calcaire avec bancs minces de calcaires argileux gris, à grain fin, à cassure conchoïdale, durs, plissés et cassés, avec rippemarks et empreintes non identifiées. Entre ces bancs, la marne est parfois noirâtre; elle est dure et se fragmente en blocs de formes géométriques. Dans toute la couche, la marne renferme en abondance des débris de bois, des pyrites et des cristaux de CoCa. On y trouve <i>Gravesia portlandica</i> .

Terrains quaternaires et modernes

- Dépôts sur les pentes.* — A son origine, le tunnel traverse une masse d'ébouils de plusieurs mètres d'épaisseur, provenant de l'érosion des couches qui affleurent à un niveau supérieur.
- c) Sur l'argile 4 en place, existent par endroits des lentilles de sable roux, épaisses de 0^m50 au maximum. Elles renferment des blocs de grès isolés qui proviennent du démantèlement des grès et sables d'Andresselles.
- b) A l'entrée même du tunnel, ces sables et grès sont directement surmontés par une masse d'argile gris clair, plastique, qui semble provenir de la couche 10 des argiles inférieures de Chatillon; son épaisseur est de 1^m25 environ. Elle renferme des lits de sable roux.
- c) Sur l'argile b) qui n'existe d'ailleurs pas dans la tranchée d'accès, repose un peu sableuse, grasse, un peu sableuse, dont l'épaisseur est de 2^m00. Son aspect ne permet pas d'identifier la couche mère. Il est d'ailleurs possible qu'elle résulte du mélange d'éléments ayant appartenus à des couches différentes.
- d) Au-dessus, vient un limon argileux brun et la terre arable (épaisseur: 2^m00).
- Nora. — Les limons du plateau de l'Ave Maria, les alluvions de la Liane, le sable marin, n'ont été figurés au profil qu'à titre indicatif; ils n'appartiennent pas à la coupe du tunnel.

CHAPITRE II

Le terrain portlandien au sud de Boulogne La faille du mont de Couppes *

§ I. — LE TERRAIN PORTLANDIEN AU SUD DE BOULOGNE.

Portlandien inférieur (Grès de la Crèche).

Le point le plus rapproché du tunnel où cette assise puisse être étudiée en détail est la falaise entre le Portel et le cap d'Alpreck. Elle s'y montre entière, surmontée par les argiles à *Anomia laevigata* du Portlandien moyen. La figure 2 met en évidence l'existence de trois banes gréseux continus (repérés par les chiffres I, II, III) qui, au point de vue morphologique, ont une importance capitale.

Le long de la côte, les couches inclinent doucement vers le sud. Lorsque sous l'effet du pendage les banes I et II arrivent au pied de la falaise, ils donnent successivement naissance à deux larges plateformes, tout-à-fait caractéristiques, en avant desquelles des rochers énormes, provenant de la destruction des trois banes durs, forment un chaos de blocs constamment battus par les flots et en partie recouverts à marée haute.

Le banc I (base) est un grès calcaire dont le sommet est à l'état de poudingue graveleux renfermant des pernes et des trigonies. La face supérieure du banc est très inégale; on y voit d'énormes galets de calcaire gréseux gris, qui ont été empâtés dans le poudingue, à l'époque de sa formation. L'épaisseur moyenne du banc I est d'un mètre.

Le banc II est un grès gris, remarquable par le poudingue et la lumachelle qui forment le tiers inférieur de son épaisseur. Le poudingue résulte de l'agglutination d'un sable très grossier qui contient des galets de quartz filonien et de roches primaires. La lumachelle est un amoncellement de valves souvent roulées et usées de *Trigonia Pellati*, de *Trigonia Micheloti* et d'*Exogyra virgula*; elle surmonte le poudingue et le ravine au point d'occuper parfois toute la base du banc II; par contre, elle peut aussi faire défaut localement.

Le banc III (sommet) se distingue par la fixité de ses caractères. C'est un grès épais

* Le mont de Couppes est également appelé mont de Couple; j'ai adopté la désignation des anciens textes qui reste usitée par les actes administratifs.

de 1^m00 à 1^m20, de couleur fauve et de texture rugueuse. Il est divisé en blocs par des cassures nombreuses et les blocs sont eux-mêmes sillonnés de petites fissures remplies de calcite. Au voisinage de la tête du banc existe par endroits un poudingue à petits éléments avec graviers de quartz dont la taille dépasse rarement celle d'un pois. Au contact des argiles à *Anomia laevigata*, le banc perd son homogénéité : tantôt il se termine par des

Coupe de la falaise au sud du Portel
(entre le Portel et le cap d'Alpreck)

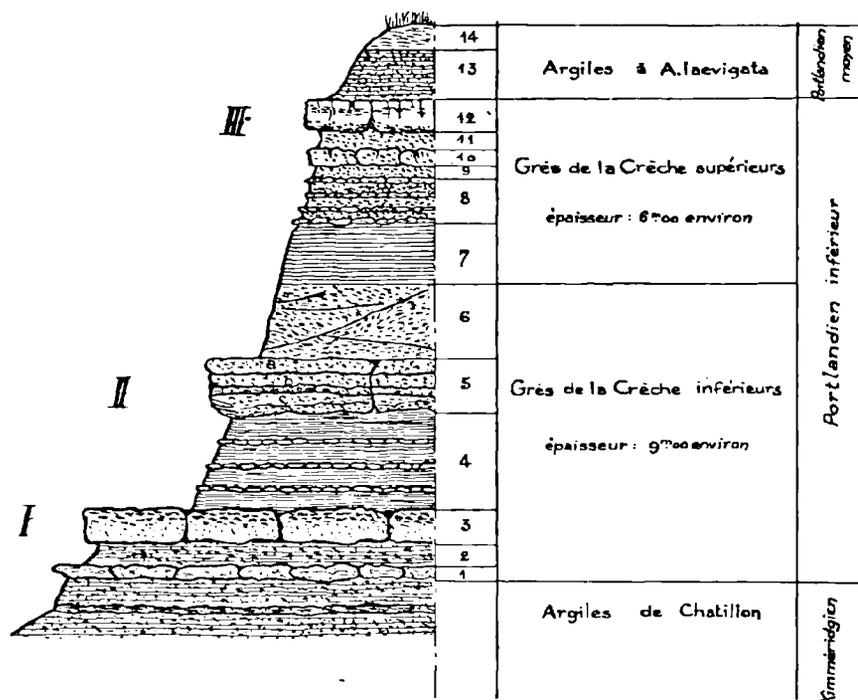


Fig. 2

*Épaisseur
des couches*

- 14. — Terre arable et terrain d'altération.
- 13. — Argiles sableuses, schisteuses (ardoisières), à *Anomia laevigata*.
- 12. — Grès jaune fauve calcarifère, rugueux, divisé en gros blocs, eux-mêmes fendillés. Au sommet le grès est sableux, tendre, et se divise en écailles avec fucoïdes; dans sa partie supérieure il présente souvent un poudingue à très petits éléments (ép. 0,15), sa base renferme fréquemment des *hémicidaris* (banc III) 1^m00 à 1^m20
- 11. — Sable roux. 0^m50
- 10. — Grès jaune fauve, calcarifère. 0^m60
- 9. — Sable roux argilleux. 0^m40

8. — 3 à 5 bancs de calcaire marneux gris, tendre, séparés par des argiles sableuses. Le banc 10 et le banc supérieur de 8 renferment fréquemment des moules d' <i>Harpagodes Pruvosti</i>	1 ^m 50
7. — Marne grise, grasse, feuilletée	2 ^m 00
6. — Sable jaune disposé en stratification torrentielle, renfermant par places un petit poudingue à grain fin avec <i>E. virgula</i> . Au contact de 6 et 7, ni ravinement, ni galets, une simple croûte ferrugineuse de quelques centimètres d'épaisseur. L'aspect de ce sable change constamment; en approchant du Portel, il augmente d'épaisseur au détriment de la marne 7. On voit apparaître dans la masse d'abord des plaquettes gréseuses, puis de gros grès mamelonnés qui occupent tantôt le sommet, tantôt le milieu du sable.	2 ^m 50
5. — Banc de grès gris, se subdivise fréquemment en 3 parties: a) ép ^r . 0,40. Grès spongieux, rugueux, à <i>E. virgula</i> — b) ép ^r . 0,40. Grès calcarifère fin, donne souvent 2 ou 3 lits dont les surfaces sont marquées par des ripplemarks — c) ép ^r . 0,80. Grès calcarifère à <i>T. Pellati</i> et <i>T. Micheloti</i> , à la base poudingue à petits éléments (banc II)	1 ^m 60
4. — Marne gris clair, plastique avec plaquettes de calcaire gris bleu, argileux, à grain fin, épais de 5 à 20 ^{cm} . La surface de ces plaquettes est fréquemment couverte de débris végétaux et de ripplemarks	3 ^m 25
3. — Grès calcarifère gris à <i>E. virgula</i> . Par places, son sommet présente un petit poudingue avec pernes et trigonies. Dans ce poudingue se voient parfois de très gros galets de calcaire de même nature (banc I)	1 ^m 00
2. — Argile sableuse grise.	0 ^m 75
1. — Grès argileux gris, donne des écailles très tendres	0 ^m 40

écailles gréseuses avec radioles d'*hémicidaris*, tantôt il montre un enchevêtrement inextricable de traînées cylindriques rappelant des fucoïdes (algues fossiles); tantôt enfin, il offre une zone de passage sablo-argileuse, consolidée, dans laquelle apparaissent des fragments de grès de petite taille, semblant provenir du même banc, et dont les angles sont à peine émoussés. Il n'est pas rare de ramasser au contact des grès et des argiles à *Anomia laevigata* des moules très aplatis de gros gastéropodes indéterminables.

Entre le sommet des argiles de Châtillon et le banc I se trouvent des sables argileux souvent grossiers, dans lesquels se développent de façon fort irrégulière des grès disposés soit en bancs suivis, soit en rognons isolés; ces grès peuvent d'ailleurs envahir toute l'épaisseur des sables.

Entre les bancs I et II s'intercale une marne gris clair, épaisse de 3^m00, avec quelques bancs minces de calcaire gris bleu, dur, dont la face supérieure est en général couverte de ripplemarks et de débris de végétaux ressemblant à de la braise de boulanger [4].

Entre les bancs II et III se trouve en premier lieu une couche de sable graveleux disposé en stratification entrecroisée, dont l'épaisseur augmente en approchant du Portel. A la faveur de l'accroissement de cette couche, des grès s'y développent d'abord en plaquettes minces, puis en boules de taille énorme; leur niveau est très variable d'un endroit à un autre; tantôt ils occupent la base du sable, tantôt le sommet. Au-dessus vient

une couche de marne grise qui, à l'inverse du sable sous-jacent, et à son détriment, augmente d'épaisseur en approchant du cap d'Alpreck. Enfin, surmontant cette marne, se montre une succession de grès de moins en moins calcaireux, séparés les uns des autres d'abord par des marnes gris bleu, puis par des sables roux de plus en plus purs. L'avant-dernier banc est fréquemment couvert de moules d'*Harpagodes Pruvosti* Dutertre.

Le fort de l'Heurt (ruines), situé au large du Portel, est construit sur une plateforme rocheuse recouverte à marée haute, qui n'est que la continuation du banc I. Une

Coupe de la falaise au droit de la sortie du tunnel

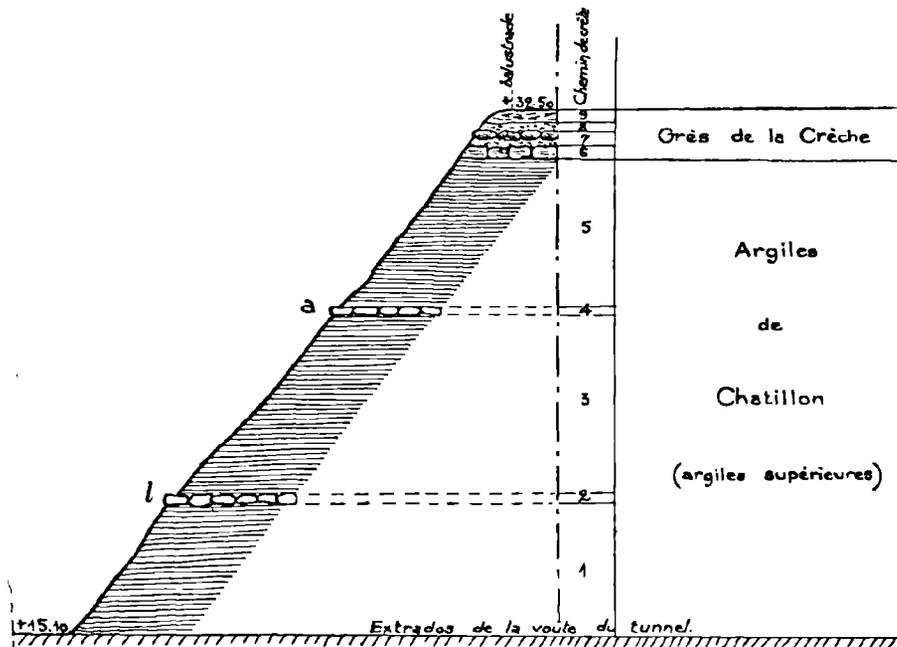


Fig. 3

	Épaisseur des couches
9. — Terrain remanié (fragments de grès du banc I qui n'existe qu'à l'état de lambeaux).	0 ^m 40
8. — Sable roux. N'existe pas partout, parfois les grès 7 sont soudés au banc I lorsqu'il a laissé des lambeaux.	0 ^m 30
7. — Sable rempli de petits graviers de quartz, d' <i>ostrea</i> roulées et brisées, son sommet contient des rognons de grès calcaireux, tantôt isolés, tantôt soudés les uns aux autres jusqu'à former un banc continu	0 ^m 50
6. — Grès fauve, argileux, rugueux, en écailles tendres, passe progressivement à l'argile 5.	0 ^m 40
5. — Argile gris foncé, sableuse, principalement au sommet, très feuilletée	5 ^m 00 environ
4. — Banc de calcaire gris, à grain fin (banc a)	0 ^m 20 à 0 ^m 30
3. — Argile gris foncé, feuilletée, avec <i>E. virgula</i>	6 ^m 00 environ
2. — Lumachelle à <i>E. virgula</i> (banc l)	0 ^m 25 à 0 ^m 40
1. — Argile gris foncé, feuilletée, avec <i>E. virgula</i>	4 ^m 50 environ

barre de récifs, qui se détache de la côte à mi-distance entre le Portel et le cap d'Alpreck et s'avance très loin dans la direction du fort, met en évidence la continuité de la plateforme de l'Heurt et du banc I de la falaise; elle n'apparaît à fleur d'eau que lorsque la mer est retirée, au moment des marées d'équinoxe.

Le tunnel de l'Ave-Maria a rencontré le banc de grès I, la couche argilo-sableuse sous-jacente et les marnes grises à végétaux qui le surmontent (voir chapitre I, tableau synoptique des terrains rencontrés dans le tunnel).

Dans la falaise, au droit de la tête du tunnel, un lambeau sablo-argileux coiffe les argiles de Châtillon; il appartient aux couches inférieures au grès I. Dans ce lambeau se voient des grès disposés tantôt en boules isolées l'une de l'autre, tantôt en banc plus ou moins suivi; ces grès peuvent d'ailleurs envahir toute la couche sableuse ou au contraire cesser totalement d'exister (figure 3).

Coupe d'une ancienne carrière située au sommet de la falaise

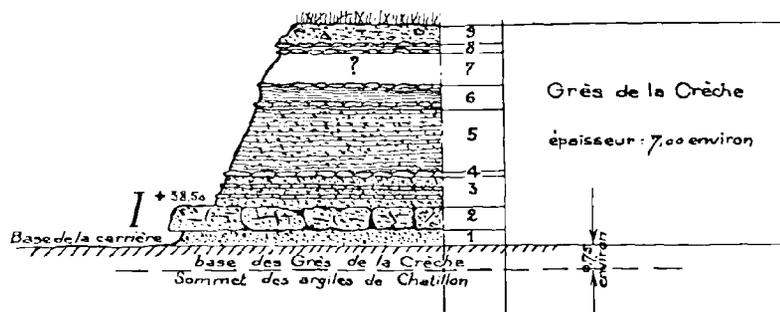


Fig. 4

	<i>Épaisseur des couches</i>
9. — Terrain remanié formé de sable roux très argileux avec lambeaux de grès roux et blocs de poudingue à trigonies, galets de quartz filonien et de roches primaires.	0 ^m 60
8. — Grès calcaire roux, en plaquettes très minces, isolées par du sable roux.	0 ^m 30
7. — Partie cachée (sable roux avec grès mamelonnés à la base ?)	1 ^m 00
6. — Marne gris clair; elle renferme au sommet des plaquettes de grès calcaire gris, tendre, et à la base un banc de calcaire bleu pâle qui présente à sa partie inférieure des ripplemarks et des empreintes indéterminées	0 ^m 80
5. — Marne sableuse gris clair avec quelques lits gréseux lenticulaires, débris de végétaux.	2 ^m 00
4. — Grès gris bleu clair, tendre, se divisant en plaquettes	0 ^m 15
3. — Marne gris bleu clair, sableuse, principalement à la base, micacée, avec plaquettes gréseuses tendres dont la surface est couverte de débris de végétaux (<i>E. virgula</i> assez nombreuses à la base)	1 ^m 00
2. — Banc de grès calcaire dur, bleu gris, très disloqué (banc I)	0 ^m 80
1. — Sable jaune.	0 ^m 40

NOTA. — Cette carrière a été exploitée activement à l'époque des travaux du port en eau profonde (extraction du banc I pour en tirer des pavés).

Egalement dans la falaise, mais au sud de la tête du souterrain, les grès de la Crèche affleurent par suite du passage de la faille du mont de Coupes ; cet affleurement sera étudié plus loin en détail.

Sur le plateau, en bordure de la côte depuis le tunnel jusqu'à l'origine de la falaise, existe une série d'anciennes carrières. L'une d'elles offre encore une coupe intéressante. Le banc I y repose sur des sables jaunes ; il est surmonté, comme dans la falaise du Portel et dans le souterrain, par une marne gris clair (localement désignée sous le nom de marnette de Châtillon), suivie à son tour de couches sablo-gréseuses avec lambeaux de poudingue et de lumachelle à trigonies (figure 4).

Au centre même du plateau, la carrière Pernet laisse voir un grès calcaire très dur, rempli de fossiles, avec un poudingue à sa base : c'est l'équivalent du banc II. La coupe du sondage des Ponts et Chaussées, dont il a été question précédemment, montre pour sa part qu'il y a identité complète entre les couches de base des grès de la Crèche en ce point et dans la falaise du Portel (figure 5).

Les coupes qui viennent d'être examinées témoignent de la grande diversité des formations de l'assise de la Crèche et révèlent nettement leur caractère littoral. D'ailleurs, chaque horizon est essentiellement variable d'un endroit à un autre, aussi bien dans sa nature que dans son développement. Cette extrême variabilité est surtout accusée dans la partie inférieure de l'assise, où les couches s'enchevêtrent et changent d'aspect à tout instant. De Loriol et Pellat, décrivant ces terrains, n'hésitaient pas à les qualifier de « véritable Protée » [2].

L'étude du terrain portlandien inférieur a montré qu'au nord de Boulogne et à l'est de la vallée de la Liane, les inclusions argileuses sont remplacées par des dépôts de plus en plus sableux. L'absence d'affleurements et de documents précis ne permet pas de dire si les intercalations marneuses visibles dans la coupe de la falaise du Portel (figure 2, couches 4 et 7) existent encore sur le rebord intérieur du plateau de l'Ave-Maria, mais il est certain que si elles s'étendent jusque là, elles ne peuvent y avoir qu'une importance très diminuée.

L'épaisseur de l'assise de la Crèche est d'environ 15 mètres dans la falaise du Portel ; elle est réduite à 12 mètres environ au-dessus du tunnel près de la sortie, mais elle augmente progressivement vers l'Est pour atteindre 20 mètres environ sous la localité d'Outreau.

Portlandien moyen.

Sur le plateau de l'Ave-Maria et au nord de la faille du Portel, le terrain portlandien moyen existe : 1° au bord de la vallée de la Liane où les argiles à *Ostrea expansa*, coiffées directement par des grès et sables ferrugineux crétacés, se montrent dans la colline qui porte la ferme du Renard (sommet + 85,00 environ) ; 2° à mi-distance entre le Portel et Outreau, où il forme entièrement le mont Soleil (sommet + 70,00 environ) ; 3° près de la côte, où il constitue le mont de Coupes et nivelle en surface la dépression des grès de la Crèche le long de la faille du mont de Coupes. Le bourg du Portel est bâti sur ce terrain. L'ouverture de tranchées pour l'établissement d'égoûts, dans le courant de 1928,

m'a fourni l'occasion de vérifier la présence des argiles sous 1 à 2 mètres de remblais, dans la rue Sadi-Carnot, entre la gare du tramway et la place de l'Eglise, et dans la rue qui accède à la plage. Cette dernière constatation présente un intérêt particulier, car elle permet de situer le passage de la faille du Portel au sud du port, dans la partie de la falaise masquée par un mur de soutènement.

Les grès de la Crèche sur le plateau de l'Ave Maria

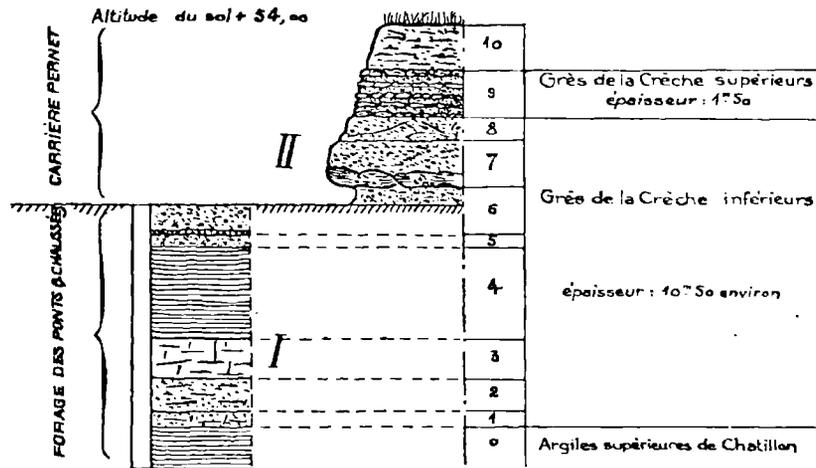


Fig. 5

	<i>Épaisseur des couches</i>
10. — Terre arable et terrain remanié	1 ^m 50
9. — Alternance de plaquettes de grès calcaire épais de 5 à 15 ^m (4 ou 5 plaquettes) et de sable calcaire fin. Le banc inférieur est plus épais et sa base est pétrie de fossiles	1 ^m 50
8. — Sable disposé en stratification torrentielle avec fossiles brisés; par places, plaquettes de grès roux et grès mamelonné	0 ^m 80
7. — Grès très dur, extrêmement riche en fossiles (ammonites, trigonies), la plupart à l'état de moules; nombreux galets; à la base, sur 0 ^m 60, grès bleu calcaire mamelonné.	1 ^m 50
6. — Sable jaune avec galets particulièrement nombreux à la base	1 ^m 60
5. — Sable jaune argileux avec plaquettes de calcaire	0 ^m 45
4. — Argile bigarrée et plaquettes de calcaire siliceux	3 ^m 08
3. — Banc de calcaire gris bleu, dur, siliceux et quartzeux	1 ^m 35
2. — Sable jaune légèrement argileux et dur	1 ^m 15
1. — Calcaire gris bleu siliceux dur	0 ^m 54

NOTA. — Les désignations et épaisseurs des bancs 1 à 5 sont celles qui ont été relevées par le Service des Ponts et Chaussées.

L'étude du portlandien moyen est très intéressante dans la falaise du mont de Coupes; cependant les éboulements et les difficultés d'accès ne permettent pas d'observer tous les détails. J'ai relevé le profil donné à la figure 6; je n'insisterai pas davantage.

Coupe de la falaise sous le fort de Coupes

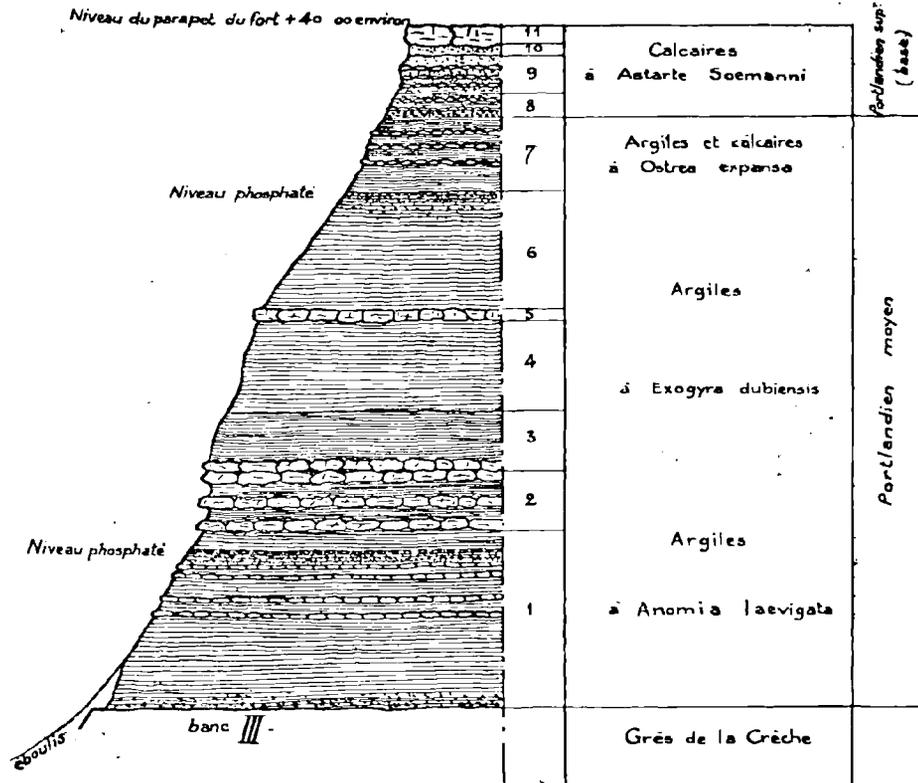


Fig. 6

	<i>Épaisseur des couches</i>
11. — Banc de calcaire jaunâtre, noduleux (nodules calcaires très durs dans un ciment calcaire beaucoup plus tendre). <i>Astarte Soemanni</i> est très abondante, tantôt à l'état de moule, tantôt complète avec test à l'état spathique	0 ^m 60
10. — Sable gris, argilo-calcaire	0 ^m 40
9. — Trois ou quatre cordons (0,10 à 0,15 d'épaisseur) de calcaires noduleux, gris pâle, avec croûte jaune, à grain fin, alternant avec des sables de plus en plus argileux vers la base. Ces calcaires renfermant des trigonies et de gros <i>cardium</i> (moules)	1 ^m 20
8. — Deux cordons de nodules calcaires semblables aux précédents isolés l'un de l'autre par des argiles noires feuilletées; le lit de base est criblé de petits graviers noirs	0 ^m 80
7. — Marne, grise à sa base, brune à sa partie supérieure; elle renferme deux ou trois cordons de calcaire jaune. Nombreuses <i>Ostrea expansa</i>	2 ^m 50
6. — Argile gris foncé, très sableuse et très glauconieuse à son sommet. Elle renferme <i>Ostrea expansa</i> , <i>Lima bononiensis</i> , des <i>ostrea</i> de petite taille, de grandes serpules. La coupe ne permet pas de voir en place le niveau	

phosphaté de la tour de Croï (voir texte), mais on ramasse au sommet de l'assise des fossiles roulés, des nodules de phosphate de chaux et des galets qui en proviennent.	4 ^m 06
5. — Banc disloqué de calcaire marneux de couleur crème, dur mais fragile, à cassure conchoïdale, avec petites <i>ostrea</i>	0 ^m 40
4. — Argile gris foncé, feuilletée avec nombreuses <i>Ezogyræ dubiensis</i>	3 ^m 00
3. — Marne brun roux, feuilletée et sèche, avec lits de calcaire marneux brun. Des cristaux de So'Ca tapissent les fissures des bancs calcaires et se rencontrent en pleine argile. A la base, sur 0,40, calcaire bréchiforme gris (nodules calcaires durs dans ciment calcaire assez tendre)	2 ^m 00
2. — Trois bancs de calcaire marneux jaune pâle (gris bleu clair à l'intérieur), à cassure esquilleuse de 0,30 à 0,40 d'épaisseur, séparés par une marne gris foncé ou rousse.	2 ^m 00
1. — Argile gris foncé, ardoisière, à <i>Anomia laevigata</i> , un peu sableuse dans l'ensemble, très sableuse à son sommet où elle se charge de plaquettes gréseuses. A 0,60 du sommet, cordon de fossiles roulés en phosphate de chaux et petits galets (épaisseur: quelques centimètres), c'est le niveau phosphaté de la Rochette (voir texte).	6 ^m 00

NOTA. — La présente coupe est incomplète dans ses détails car la falaise est en partie masquée par des éboulements; son accès est en outre difficile.

A l'opposé des grès de la Crèche, les formations du Portlandien moyen offrent des caractères très constants qui peuvent être suivis sans difficulté dans les falaises, tant au sud qu'au nord de Boulogne (présence dans les argiles de niveaux marneux et calcaires, existence des niveaux phosphatés, etc...) [3] [5].

Portlandien supérieur.

Cette assise n'est mentionnée que pour mémoire car le sommet du mont de Couppes, qui est le seul point où elle existe, n'en montre que les couches de début; leur étendue est d'ailleurs extrêmement réduite.

§ II. — LA FAILLE DU MONT DE COUPPES.

Au sud de l'estuaire de la Liane, la falaise est d'abord entièrement entaillée dans les argiles de Châtillon. Les couches se développent avec une grande régularité et sans présenter le moindre dérangement; elles ont un pendage vers le sud qui est à peine sensible (0,4 %). En quelques rares points, les argiles sont surmontées par des lambeaux de sable argileux roux, qui appartiennent à l'extrême base des grès de la Crèche.

Peu après la sortie du tunnel, un changement important se manifeste de façon inattendue: un banc gréseux, continu mais disloqué, fait apparition près du sommet de la falaise; il s'incline vers le Portel, des argiles noirâtres de plus en plus épaisses le surmontent.

Plus loin, à quelques mètres au-dessous de ce banc, apparaît une seconde bande rocheuse qui lui est parallèle; au-delà encore, une troisième se montre dans les mêmes conditions au-dessous de la seconde.

Au point où le banc inférieur s'abaisse au niveau du rivage, sa résistance à l'érosion a déterminé la formation d'une avancée comme cela se présente sur la côte boulonnaise chaque fois que les mêmes circonstances se reproduisent (Gris-Nez, Crèche, Alpreck, etc...). Les trois bancs sont d'ailleurs rapidement cachés par les éboulis argileux du mont de Couppes.

La zone qui se montre ainsi en écharpe dans la falaise n'est autre que l'assise de la Crèche et le changement dans l'allure stratigraphique de la côte est le résultat de l'apparition de la faille du mont de Couppes.

Aperçu historique.

Le passage des grès de la Crèche visible dans la falaise un peu au nord du mont de Couppes a été signalé pour la première fois en 1865 par E. Pellat. Ayant remarqué que les couches s'inclinaient rapidement vers le sud, il avait admis qu'il existait en ce point un plongement symétrique de celui qui affecte le flanc nord de l'anticlinal de la Crèche [2].

Une réunion extraordinaire de la Société Géologique de France, à Boulogne, en 1880, fournit l'occasion de revenir sur cette question [6]. Rejetant l'hypothèse de Pellat, Blake supposait l'existence sous le mont de Couppes d'une falaise kimméridgienne contre laquelle était venue battre la mer portlandienne, dont les formations avaient été soulevées postérieurement jusqu'à prendre l'inclinaison sous laquelle elles se présentent de nos jours. En un mot, il y avait là pour ce géologue, non pas un bombement dissymétrique des assises, mais une importante discordance de stratification. Après une visite sur place sous la conduite de Blake et de Rigaux, la plupart des membres participants s'étaient rangés à une hypothèse toute différente émise par ce dernier et selon laquelle l'existence d'une faille, coupant très obliquement la falaise, était la meilleure interprétation à donner aux faits observés. Le compte-rendu de la visite, très sobre en détails, se bornait à indiquer que la direction de la faille supposée était N 60° E (orientation passant d'un côté au nord du fort de l'Heurt et de l'autre dans le vallon des Tintelleries à Boulogne) et que son amplitude était d'une vingtaine de mètres.

Pendant les quarante années qui suivirent, la faille du mont de Couppes ne fit plus parler d'elle, quoique la tectonique du Boulonnais eût fait l'objet de nombreux et importants travaux. Dans cette intervalle de temps, en effet, (voire même plusieurs années auparavant), divers géologues, reprenant l'hypothèse émise au milieu du siècle par Godwin-Austen [7] sur la continuité du phénomène de plissement à la surface du globe, cherchèrent à établir les relations possibles entre les fractures d'âge secondaire et tertiaire du Boulonnais, de l'Artois, du sud de l'Angleterre, etc..., et les dislocations sous-jacentes des terrains primaires (plissements hercyniens), mises en évidence par les progrès de l'étude des bassins houillers [8].

Reprenant ces études à propos de la révision de la feuille géologique de Boulogne, M. P. Pruvost, professeur de Géologie à l'Université de Lille, avait étudié en détail, de 1919 à 1923, les plissements de la contrée. Il était arrivé à cette conclusion que l'hypothèse de Godwin-Austen ne se vérifie que d'une manière approximative, les plis hercyniens exer-

gant une influence directionnelle indéniable sur les plissements postérieurs, mais ceux-ci possédant des caractères différents selon la phase orogénique à laquelle ils se rattachent.

Pour en revenir à la faille du mont de Coupes, M. P. Pruvost, qui avait eu la bonne fortune de pouvoir repérer la position exacte de la base des grès de la Crèche dans le coteau de Capécure, s'était d'abord aperçu que cette faille n'avait pas la direction qui lui avait été attribuée en 1880 (fort de l'Heurt-vallon des Tintelleries). Partant dès lors des résultats généraux de ses études, il avait émis l'hypothèse que la fracture se rattachait à la zone de dislocation du Portel et qu'elle était parallèle à la cassure principale dont elle n'était en somme que le satellite. Cette manière de voir apparaissait d'autant plus plausible qu'elle se trouvait en parfait accord avec certains faits d'ordre morphologique qu'il avait nettement observés dans la vallée de la Liane entre Samer et St-Léonard [9].

La question en était là lorsque le percement du tunnel de l'Ave-Maria vint révéler clairement l'allure et la direction de la faille, et ruiner à la fois toutes les hypothèses antérieures.

Il convient d'ajouter que tout ce qui avait été écrit dans le passé sur cet accident ne pouvait avoir un caractère de certitude absolue. Les difficultés d'accès à la falaise, le mauvais état des affleurements cachés par la végétation et souvent recouverts par les éboulements, avaient toujours empêché l'étude détaillée de la fracture. Le plateau lui-même n'offrait aucun indice de nature à apporter le moindre jour sur la question.

La création de sentiers dans la falaise par les ouvriers travaillant au tunnel m'a permis d'accéder à tous les points intéressants, et d'y relever une série de coupes détaillées qui complètent les observations déjà étendues faites dans les galeries.

Etude de la faille.

Les figures 1 et 2 de la planche I donnent une vue schématique de la faille dans la falaise. On remarque que les couches non affaissées viennent y mourir en biseau et présentent une crête qui, en s'abaissant, démasque progressivement le compartiment effondré.

Les coupes AA', BB' et CC' de la même planche permettent à leur tour de définir complètement l'allure de la dislocation.

L'étude du profil géologique du tunnel a déjà montré pour sa part que la faille a une amplitude de 20 mètres et que son plan est incliné à 45° vers le S.E.

Coupe AA'. — Le banc de grès du sommet de la coupe appartient au bord redressé du compartiment dénivellé par la faille, tandis que le grès inférieur fait partie des couches restées à leur niveau primitif. La faille elle-même passe entre les deux bancs de grès.

Une coupe semblable, quoique moins nette, est visible au nord de AA' sur une étendue de 8 mètres environ; plus au nord, le compartiment affaissé est entièrement masqué dans la falaise.

Entre les coupes AA' et BB', le banc III se poursuit sur une distance de 15 à 20 mètres. Avant d'arriver à BB', apparaissent sous ce banc deux tables de grès avec lits

de sables jaunes, suivies par une zone argileuse de laquelle fait saillie un banc de calcaire marneux.

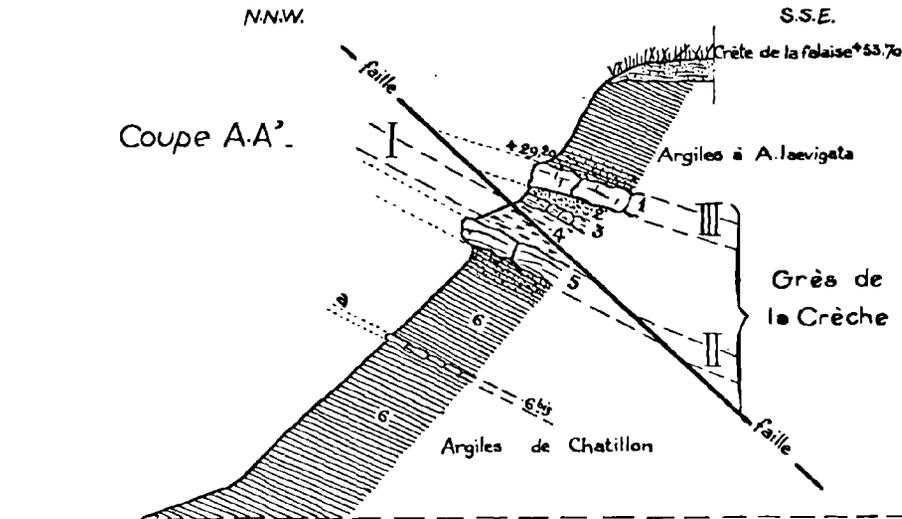


Fig. 7

1. — C'est le banc III de l'assise des grès de la Crèche ; il se présente sous le même aspect que dans la coupe de la falaise du Portel (figure 2). Le passage aux argiles à *A. laevigata* s'effectue graduellement par une zone sableuse avec plaquettes de grès tendre spongieux dans lesquelles on trouve des moules déformés de gros gastéropodes.
Son épaisseur est de 1^m10. Sa tête est à la cote + 29,20. Il incline vers le S.E.
2. — Sable roux.
3. — Grès calcaire fauve très disloqué.
4. — Zone cachée par les éboulis.
De la base du banc III au sommet du banc 5, la distance est de 1^m40.
5. — Banc de grès rugueux roux fauve : épaisseur 1^m00. Ce banc présente trois zones d'égale épaisseur : α zone supérieure feuilletée très dure ; β zone intermédiaire très dure, graveleuse avec *E. virgula*, trigonies et pernes roulées et à l'état fragmentaire ; γ zone inférieure, irrégulièrement ravinée par la zone β . grès fauve grossier, spongieux ; s'écaille à la base et passe progressivement aux argiles sableuses de la tête du Kimméridgien.
6. — Argiles supérieures de Châtillon. 6 bis, banc de calcaire gris pâle disloqué (α de la coupe de la falaise au-dessus du tunnel, figure 3).

Coupe BB'. — A partir de cette coupe, la moitié au moins de l'assise de la Crèche se trouve démasquée dans la falaise.

Entre les coupes BB' et CC' les bancs III et II affleurent de façon plus ou moins continue ; en un point rapproché de la coupe BB', la lumachelle II atteint 2 mètres d'épaisseur aux dépens des sables avec grès en boules qui la surmontent ; plus loin, dans un

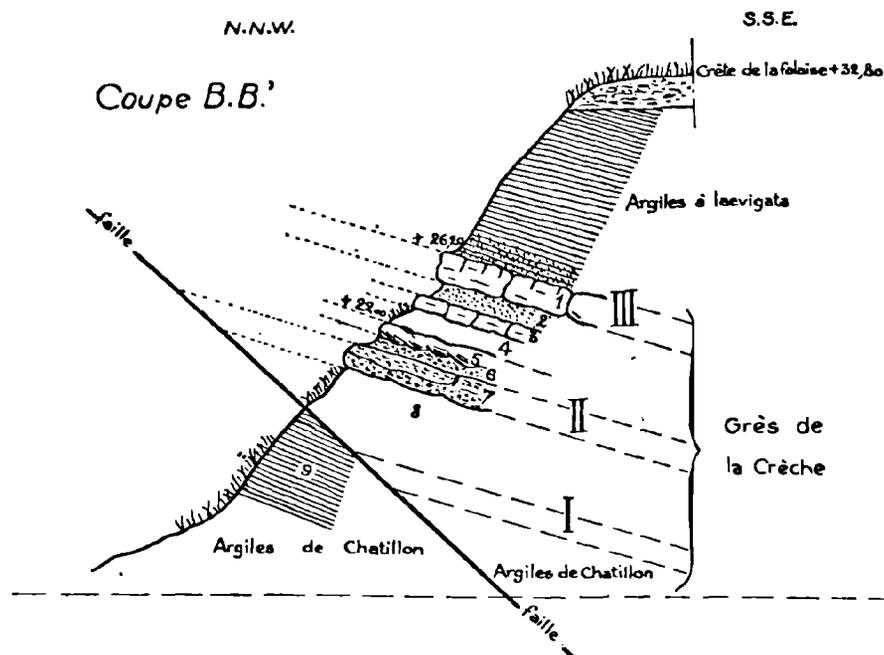


Fig. 8

1. — Banc III de l'assise des grès de la Crèche; même aspect que dans la coupe AA'. Sommet à la cote + 26,20. Épaisseur: 1,20. Inclinaison S.E. plus faible.
2. — Sable calcaire jaune. Épaisseur: 0,80.
3. — Grès marneux tendre. Couleur fauve ou gris pâle, avec quelques galets. Ep?: 0,50.
4. — Zone cachée par la végétation (argile sableuse grise?), épaisseur: 1,70.
5. — Grès mamelonné,
6. — Sable jaune graveleux, (épaisseur: 1,20.
7. — Banc II du grès de la Crèche. Partagé en deux zones :
 - a (sommet), lumachelle très dure constituée par un amoncellement de valves de *Trigonia Pellati* et *Trigonia Micheloti* ;
 - β (base), poudingue tendre, parfois sableux, à grain grossier, avec galets de quartz hyalin et de phtanite. Épaisseur totale: 1,20. Inclinaison très forte vers le S.E.
8. — Zone cachée par la végétation.
9. — Argiles supérieures de Chatillon.

creux de la falaise, une petite source qui jaillit entre les bancs III et II permet de repérer la zone argileuse intermédiaire. Bientôt, le banc II est traversé par le sentier qui conduit au chemin de crête; on marche à la cote + 19,00 sur le grès en boules. En remontant le sentier on atteint ensuite le banc III qui est franchi à la cote + 23,00; on arrive ainsi à la coupe CC'.

Coupe CC'. — A partir de cette coupe, les grès de la Crèche deviennent visibles sur toute leur épaisseur. La forte inclinaison du banc II montre que la faille passe encore à proximité immédiate de la falaise.

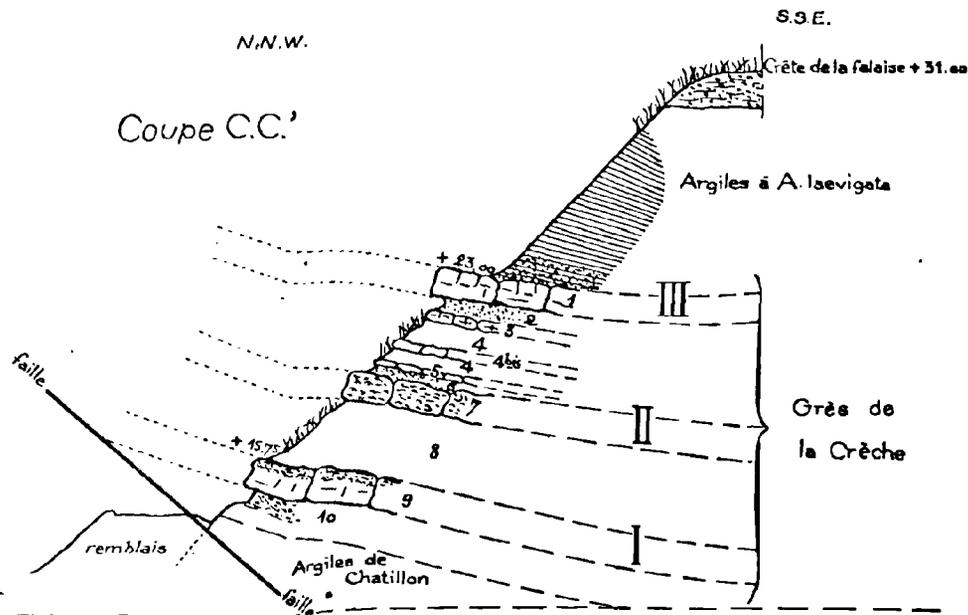


Fig. 9

1. — Banc III de l'assise des grès de la Crèche. Caractères identiques à ceux décrits à propos de la coupe AA'.
Sommet à la cote + 23,00. Epaisseur: 1,20. Inclinaison: S.E. très faible.
2. — Sables jaune fauve. Epaisseur: 0,30.
3. — Grès calcaire jaune ou gris. Epaisseur: 0,40.
4. — Zone cachée par la végétation. En 4 bis apparition d'un banc de calcaire argilo-sableux, gris pâle très tendre. Epaisseur: 0,40 (sous 4 bis on devine la présence d'une formation argileuse).
5. — Grès graveleux mamelonné. Epaisseur très irrégulière: 0,25 environ.
6. — Sable calcaire graveleux jaune. Epaisseur irrégulière: 0,40.
7. — Banc II de l'assise des grès de la Crèche. Sur toute la hauteur, valves de trigonies avec galets de toutes tailles de quartz et de phtanite. Epaisseur: 1,40.
8. — Caché par la végétation sur 3,00 (toutefois, la nature argileuse de cette zone ne peut être mise en doute).
9. — Banc I de l'assise des grès de la Crèche. Grès calcaire fin, dur, très disloqué. Au sommet, zone graveleuse de 0,10 à 0,15 d'épaisseur avec petits galets de la taille d'un pois et quelques valves de trigonies. Epaisseur du banc: 1,20. Inclinaison rapide vers le S.E.
10. — Sable roux (base cachée par des remblais).

Au sud de CC', sur 25 mètres, se développe une petite anse où le banc III apparaît seul; dans cette région, une source s'échappe au-dessus des bancs marneux intercalés entre II et III. Au-delà, en deux points très rapprochés, se voit à nouveau une coupe complète des grès de la Crèche semblable à la coupe CC'.

Bien que les coupes précédentes ne soient qu'imparfaitement visibles, il est aisé d'y reconnaître les caractères essentiels qui ont été soulignés dans la description de la falaise du Portel (figure 2).

Sous le mont de Couppes, la côte change d'orientation; les banes I et II sont cachés par la végétation et les éboulements, et ne tardent pas à disparaître à tour de rôle, sous les déblais du tunnel déposés au pied de la falaise; le bane III est encore visible sur 50 mètres environ, mais ses affleurements se font de plus en plus rares; ils sont d'ailleurs recouverts par les déblais avant d'arriver sous le fort.

Passé le mont de Couppes, le bane supérieur III se montre encore au point où la source du Monaclin s'échappe de la falaise; sa tête n'est plus en ce point qu'à 4 mètres au-dessus de la plage.

Sur la falaise même, au voisinage du tunnel (planche II), le passage de la faille se suit dans les carrières. Le talus qui marque l'ancien front de taille jalonne très approximativement la direction de la fracture.

Il est probable que les carriers qui ne recherchaient que le bane de grès I, ont cessé de l'extraire lorsque, à l'approche de la dislocation, il a disparu en profondeur ou a été reconnu trop fragmenté.

En suivant l'ancien front de taille à partir du tunnel on voit affleurer en aa' (planche II), à la côte + 34,00, des grès calcaireux semblables à ceux qui viennent sous le bane III; étant donnée leur altitude, il faut les rattacher au bord relevé de la

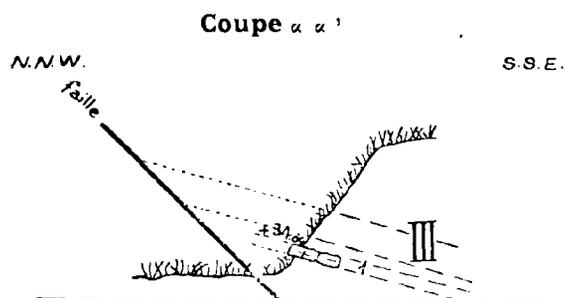


Fig. 10

1. — Grès calcaireux jaune, très tendre.

cuvette. Plus loin, la lumachelle à trigonies (bane II) se trouve aux côtes + 35,00 suivant $\beta\beta'$ et + 37,00 suivant $\gamma\gamma'$ (planche II); au-delà, en $\delta\delta'$, apparaissent, inclinés vers la faille, des sables et des grès roux qui surmontent directement les marnettes de Châtillon; ces derniers affleurements se rattachent au compartiment non effondré.

Le talus $\epsilon\epsilon'$ qui revient vers la carrière représentée à la figure 4 montre les grès de la coupe $\delta\delta'$ avec une inclinaison d'abord très forte, puis rapidement atténuée au fur et à mesure qu'ils s'éloignent du voisinage de la fracture. Dans la carrière les couches ont repris leur horizontalité; le sommet du bane I est à la côte + 37,00.

Coupe $\beta\beta'$

(La coupe $\gamma\gamma'$, à environ 60 mètres au nord, est identique à la coupe $\beta\beta'$, le sommet du banc de poudingue se trouve toutefois à la cote + 37,00).

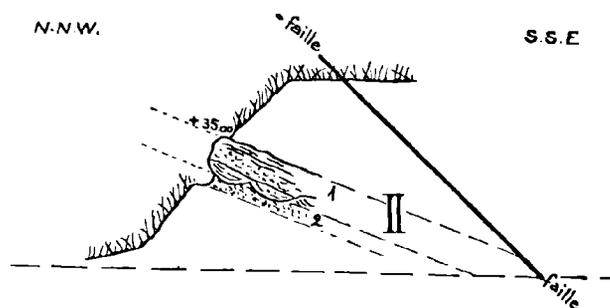


Fig. 11

1. — Lumachelle très dure, à *T. Pellati* et *T. Micheloti* avec poudingue sableux à la base, donnant des grès en boules.
 2. — Sable roux.
- Epaisseur de l'ensemble: 2^m00.

En reportant sur une carte à grande échelle les données qui précèdent, on constate que la faille a une direction Nord 75° Est. Cette direction prolongée au nord du tunnel, passe sous le hameau de l'Ave-Maria et vient tomber dans le repli de terrain par lequel la route de Boulogne au Portel aborde le plateau. Les constructions empêchent de faire la moindre observation en ce dernier point; cependant, les affleurements les plus proches indiquent, sans doute possible, que l'accident n'a plus l'amplitude constatée aux abords du mont de Coupes; il est même probable qu'il ne se traduit là que par une simple flexure des couches.

Au nord de l'estuaire de la Liane, la direction de la faille coïncide avec le vallon du rû St-Martin, où d'ailleurs son action n'est plus sensible.

La même direction prolongée au sud du tunnel vient rencontrer la faille du Portel, en mer, au nord des rochers du fort de l'Heurt.

A propos de l'allure longitudinale du compartiment affaissé le long du plan de faille, il importe de remarquer que sous le hameau de l'Ave-Maria la base des grès de la Crèche est à la cote + 50,00, tandis que dans le tunnel, soit à 1.200 mètres du premier point, le fond de la cuvette se trouve à la cote + 12,00 et présente une inclinaison très faible vers la mer (1%). Il faut donc admettre l'existence entre ces deux points extrêmes d'une ondulation longitudinale qui rachète cette différence, mais les indices manquent en surface pour en préciser le style et l'emplacement.

CHAPITRE III

Hydrologie du plateau au sud immédiat de Boulogne Les venues d'eau dans le tunnel pendant l'exécution

§ I. — HYDROLOGIE DU PLATEAU.

Généralités.

Le Boulonnais reçoit chaque année des hauteurs de pluies essentiellement variables.

La quantité d'eau tombée, de même que le nombre de jours pluvieux, dépendent non seulement de l'année considérée, mais aussi du point d'observation.

Ainsi, il pleut beaucoup plus au cap Gris-Nez et à Samer qu'à Boulogne même.

Je me bornerai à citer ici les chiffres qui m'ont été fournis par l'Office National Météorologique, et qui se rapportent à la région côtière du sud de Boulogne :

Observations faites entre 1895 et 1920

Station météorologique	Chutes extrêmes enregistrées (en mètres)		Nombres extrêmes de jours pluvieux par an.	
	max.	min.	max.	min.
Boulogne (Ponts et Chaussées)	1,287 (1917)	0,460 (1907)	205 (1903)	134 (1920)
Cap d'Alpreck (Sémaphore).	1,011 (1911)	0,369 (1920)	181 (1912)	104 (1897)

Les deux mêmes observatoires ont enregistré pour la période allant de 1851 à 1900, des hauteurs annuelles moyennes de pluies de 711 mm. à Boulogne et 690 mm. au cap d'Alpreck.

Comme le plateau de l'Ave-Maria se trouve situé entre les deux stations d'observation, on admettra qu'il reçoit une hauteur annuelle de pluie de 700 mm.

On sait que la répartition de l'eau tombée à la surface du sol sous forme de pluie se fait entre l'évaporation, le ruissellement et l'infiltration. C'est un phénomène très complexe, dans lequel entrent en jeu de nombreux facteurs dont l'influence relative est mal connue.

La part de l'évaporation est prépondérante et souvent considérable. Pour le bassin de la Seine, Dausse estimait qu'elle enlève près des 2/3 de l'eau tombée [10]. Sur les côtes du Boulonnais, les conditions s'écartent de celles de la région séquanais, mais on remarquera que l'état hygroscopique de l'air et le vent qui en sont deux facteurs importants, exercent des effets contraires, et que par conséquent les écarts de l'un se trouvent compensés par ceux de l'autre.

Le ruissellement est conditionné par la nature du terrain et la topographie du sol. La pente du plateau, ainsi que la faible capacité d'absorption du limon argilo-sableux qui le recouvre lui sont donc éminemment favorables dans le cas présent.

L'infiltration est sous la dépendance des mêmes facteurs que le ruissellement, mais cette fois ceux-ci agissent de façon inverse; elle ne peut donc être très importante pour le plateau de l'Ave-Maria.

On admet en général que la part de l'infiltration représente 20 à 40 pour cent de la hauteur de pluie tombée [11]. Etant donné que les conditions lui sont défavorables dans le cas présent, je pense ne pas être éloigné de la réalité en la supposant de 30 pour cent sur le plateau de l'Ave-Maria.

La hauteur d'eau de pluie qui pénètre dans le sol serait donc annuellement de 200 millimètres.

Pour être complet, il convient d'ajouter aux apports des pluies ceux dus à la rosée et aux échanges qui s'opèrent aux différents moments de la journée entre le sol et l'air atmosphérique; en outre, dans le voisinage de la mer, il faut également tenir compte des apports d'eau vésiculaire dus aux brumes, qui ont tout le temps de s'insinuer dans le sol.

On s'accorde à penser qu'à moins de circonstances climatiques spéciales, qui ne se présentent d'ailleurs pas dans le Boulonnais, l'apport dû aux deux premières causes secondaires est très faible eu égard à celui des pluies.

En ce qui concerne l'apport des brumes, la teneur en sel marin des sources qui s'échappent sur le pourtour du plateau peut donner une indication utile.

Je me suis procuré des analyses de l'eau des sources captées par la commune du Portel, faites à des époques très différentes; d'autre part, le Laboratoire de Chimie de la Compagnie du Nord a effectué fin 1928 le dosage des chlorures de plusieurs sources du plateau. Ces diverses analyses accusent des teneurs moyennes en sel marin comprises entre 150 et 250 milligrammes par litre, conformes aux résultats généraux connus pour les eaux des rivages maritimes.

L'eau de mer renfermant environ 30 grammes de sel marin par litre, soit 120 à 200 fois la teneur des eaux qui s'échappent du plateau de l'Ave-Maria, on voit que si l'apport des brumes exerce sur la qualité de l'eau de la nappe un effet appréciable (dans la région de Cambrai, par exemple, les eaux de la craie renferment par litre de 32 à 40 milligrammes de chlorure de sodium [12]), il n'a néanmoins qu'une influence quantitative minime.

Pour faire une large part à ces apports secondaires, j'admettrai dans la suite que la hauteur totale d'eau qui s'infiltré dans le sol est de 250 mm.

Perméabilité des terrains du plateau.

Sous le rapport de la perméabilité, les différents terrains compris entre Boulogne et la faille du Portel se comportent de la façon suivante :

Les sables infra-crétacés du sommet du mont Renard sont perméables.

Portlandien supérieur et Portlandien moyen. — La base du Portlandien supérieur et le sommet du Portlandien moyen renferment des banes de calcaires marneux qui sont perméables. La masse argileuse sous-jacente est pratiquement imperméable.

Portlandien inférieur. — Les grès de la Crèche forment un ensemble très complexe. La perméabilité des sables est essentiellement variable d'un point à un autre; elle dépend notamment de leur teneur en argile, de la grosseur et de la forme de leurs grains. Les banes solides, grès et calcaires, livrent passage à l'eau par leurs fissures qui agissent comme des drains au sein d'un milieu sableux. Ces fissures sont réparties de façon très irrégulière; elles sont particulièrement nombreuses et ouvertes à l'approche des failles. Les deux formations argileuses qui se trouvent dans la falaise, l'une au-dessus du banc I, l'autre entre les banes II et III, sont tout à fait imperméables; mais il a été dit précédemment qu'elles font place vers l'intérieur à des sédiments sableux et qu'on ne connaît ni la limite de leur extension sous le plateau, ni les caractères des dépôts de transition.

En résumé, l'ensemble de l'assise est perméable, mais chacune des couches prise isolément l'est à des degrés très divers.

Kimméridgien supérieur. Argiles de Châtillon. 1° Argiles supérieures. — Les couches argileuses sont imperméables, mais elles renferment des lits calcaires et gréseux qui peuvent être le siège d'une circulation d'eau plus ou moins appréciable selon leur degré de dislocation. C'est notamment le cas des banes grésocalcaires à *E. virgula* développés à la limite des argiles supérieures et inférieures. *2° Argiles inférieures.* — Les deux formations argileuses que comporte cette subdivision sont tout à fait imperméables.

Grès et sables d'Audresselles. — On distingue deux zones dans cette assise: le banc de grès et les sables; dans la première, l'eau circule facilement en empruntant les fissures de la roche; dans la seconde, la circulation se fait très lentement, surtout à la base où les sables sont argileux.

Argiles du moulin Wibert. — Les argiles du sommet sont imperméables; les calcaires marneux sous-jacents (cementstone) sont fissurés et peuvent se gorger d'eau à l'instar des banes durs des zones précédentes.

Eboulis. Alluvions modernes. — Les éboulis sablo-argileux qui recouvrent localement les pentes du versant intérieur du plateau peuvent livrer passage à l'eau ou être au contraire imperméables, selon leur teneur en éléments sableux; ils présentent une gamme complète sous le rapport de la perméabilité. Les alluvions de la Liane sont constituées en règle générale par des sables perméables.

Circulation souterraine de l'eau.

Il convient d'examiner maintenant comment s'opère l'alimentation des diverses zones perméables.

Les sables éocénés du mont Renard, de même que les bancs calcaires de la base du Portlandien supérieur et du sommet du Portlandien moyen du mont de Couppez, sont le siège de deux niveaux aquifères dont l'étendue est des plus réduites. Le dernier surtout est intéressant à signaler en raison de son action destructive sur la côte ; l'eau amollit les argiles de son substratum et détermine des éboulements qui désagrègent lentement le sommet de la falaise ; la ligne de crête, en recul continu, atteint actuellement le parapet du fort.

Les eaux de pluie qui tombent sur les zones argileuses du Portlandien moyen ruissellent presque en totalité à la surface du sol. Celles reçues par le mont Renard s'écoulent en partie dans la vallée de la Liane, en partie dans un petit ruisseau qui grossit la Ramonière (planche VI, plan au 1/20.000^{ème}) ; celles recueillies par le mont Soleil se rendent à ce rû ; celles tombées sur le mont de Couppez ou dans la localité du Portel vont directement à la mer.

Les grès de la Crèche forment le sous-sol immédiat de la plus grande partie du plateau.

Si l'on excepte la frange très réduite qui déborde au nord-ouest de la faille de Couppez et qui porte le hameau d'Henrville, on peut dire que l'assise de la Crèche est emprisonnée latéralement entre les deux murailles imperméables des compartiments non dénivellés des failles de Couppez et du Portel. Elle est déversée de l'Est à l'Ouest ; son bord libre domine la vallée de la Liane à l'altitude + 65,00 ; son bord abaissé vient au niveau de la mer sur la plage du Portel. Sur le flanc intérieur du plateau, la base des grès de la Crèche se montre à la côte + 45,00 sous la ferme du Renard et s'élève progressivement jusqu'à l'altitude + 50,00 qui est atteinte sous les ruines du fort de Montplaisir ; elle se maintient à ce niveau jusqu'au point de passage de la faille du mont de Couppez dans le coteau de Capécure.

L'eau reçue par le plateau s'infiltré à travers les couches perméables et se trouve arrêtée dans sa descente par les argiles de Châtillon. Elle s'accumule ainsi dans la partie inférieure des grès de la Crèche où s'établit une nappe d'infiltration (planche VI, coupe hydrologique du tunnel).

Suivant ce qui vient d'être exposé sur l'allure de l'assise perméable dans le plateau, il est aisé de se rendre compte de la façon dont l'eau y circule.

Vers la vallée et l'estuaire de la Liane, la nappe ne donne naissance qu'à des sources rares et faibles émergeant à une altitude voisine de + 50,00. Le long des deux failles, elle n'a aucune issue importante. L'écoulement des eaux se fait presque exclusivement vers l'Ouest et les sources les plus abondantes s'épanchent au pied de la falaise entre le mont de Couppez et le Portel. La carte hydrologique de la planche VI met en relief cette distribution des sources sur le pourtour du plateau. L'aire par laquelle se trouve assurée l'alimentation de la nappe y est teintée en bleu. Cette zone utile a été

obtenue en retranchant de la superficie totale: 1° la partie du plateau où les grès de la Crèche sont cachés sous les argiles portlandiennes (zone jaune hachurée de bleu); 2° la région des anciennes carrières où l'extraction a mis à jour l'argile de Châtillon, et dont les eaux, par temps de pluies, tombent du haut de la falaise en petites cascades par une série d'échancures *.

La surface d'alimentation ainsi définie a une étendue de 200 hectares environ (soit 200×10^4 mètres carrés), elle reçoit par conséquent en moyenne :

$$\frac{200 \times 10^4 \times 0,25}{365} = 1.375 \text{ mètres cubes d'eau par jour.}$$

Le tableau suivant résume les renseignements que j'ai pu recueillir au sujet des quantités moyennes d'eau perdues chaque jour par la nappe.

a) Sources visibles à la base des grès de la Crèche :	Nombre	Débit journalier en m3	Observations
— de la Verte Voie (sous le mont du Renard) jusqu'à l'entrée du tunnel	7	140	Le coteau est entamé par un vallon qui exerce sur la nappe une action de drainage et détermine l'apparition de quelques sources assez abondantes.
— de l'entrée du tunnel à la carrière de Châtillon	8	30	
— de la carrière de Châtillon à la digue Carnot	3	50	Bord élevé du plateau, sources très faibles.
— de la sortie du tunnel au port du Portel.	15	800	Zone de l'assise des grès de la Crèche non déprimée par la faille du mont de Couppes, pendage N.W.
— Sur le plateau (le long de la route du Portel à Outreau)..	1	25	Très grosses sources au pied de la falaise entre le mont de Couppes et le Portel: le Triboulon, le Couppes, le Monaclin... (les deux premières sont captées par la commune).
b) Puits :			Ancien captage de la commune du Portel.
a. Industriels du Portel	2	80 à 100	
β. particuliers (Outreau, Noirval, Ave-Maria, etc.)	?	25 ?	
c) Venues d'eau dans le tunnel par la faille	»	200	
ensemble.....		1.350	Jaugeage effectué au début de 1929.

A ce tableau, il conviendrait d'ajouter encore les sources qui s'échappent du flanc intérieur du plateau et demeurent cachées sous les éboulis et les limons; on les retrouve d'ailleurs en partie par les venues d'eau qui se manifestent vers le milieu du tunnel.

* Pour être complet, il faudrait encore défalquer la superficie correspondant aux routes empierrées et aux emplacements couverts par des constructions.

Il faut, bien entendu, se garder d'attribuer aux chiffres qui viennent d'être indiqués une précision à laquelle ils ne prétendent nullement; des éléments d'appréciation peuvent toujours échapper aux investigations les plus soigneusement menées. Il est intéressant néanmoins de constater que, dans l'espèce, ils aboutissent à une balance à peu près exacte entre les apports que la nappe reçoit et les pertes qu'elle subit.

Les éboulis et limons de recouvrement accrochés par places aux flancs du coteau d'Outreau sont directement arrosés par les pluies; de plus, ils reçoivent les eaux de ruissellement du plateau; enfin, ils sont parcourus par les eaux des sources, visibles ou cachées, qui émergent de la nappe des grès de la Crèche. Les passages d'eaux ont une importance très variable selon la nature locale des terrains; ils tarissent d'ailleurs fréquemment en été. C'est par l'infiltration de ces eaux vagabondes que sont alimentés au passage les bancs perméables des argiles supérieures de Châtillon, ainsi que les grès et sables d'Audresselles.

En général, ces zones aquifères n'ont pas d'exutoires; elles sont emprisonnées entre des couches argileuses et l'eau y séjourne comme dans des poches. Lorsqu'elles viennent à être crevées, elles peuvent donner un débit d'eau considérable jusqu'au moment de leur épuisement.

Les eaux vagabondes qui n'ont pas été captées au passage atteignent la vallée de la Liane; elles vont directement à la rivière, ou s'infiltrent dans son lit d'alluvions, ou se perdent dans les égoûts.

Enfin, il est possible qu'il existe sous le plateau des infiltrations d'eau venant directement de la nappe des grès de la Crèche, grâce à des fissures de son substratum argileux; toutefois, l'allure tranquille des assises en dehors du voisinage immédiat des failles, et l'absence de décrochements dans ces assises, laissent à penser que ces infiltrations ne peuvent être qu'exceptionnelles, qu'elles ne s'étendent guère en profondeur, et que leur importance est négligeable comparativement aux autres passages d'eau.

§ II. — LES VENUES D'EAU DANS LE TUNNEL PENDANT L'EXÉCUTION.

Les venues d'eau qui se sont manifestées au cours du percement du tunnel ont été indiquées en détail à la coupe hydrologique (planche VI) et au tableau récapitulatif donné à la fin du présent chapitre. Le second document, complété par quelques notes sur les incidents qui leur sont imputables, constitue sous ce rapport un résumé analytique du journal du chantier; il dispense donc d'entrer ici dans de longs développements.

Par suite de la dénivellation des assises dans le compartiment affaissé de la faille du mont de Couppez, le tunnel a entamé la base des grès de la Crèche sur une longueur de 150 mètres environ. Les venues d'eau ont été nombreuses et importantes dans cette

zone où la circulation est très facile ; elles se sont réparties suivant les deux niveaux aquifères (banc de grès I et lumachelles II) que séparent les marnettes de Châtillon.

Dans le tunnel, la zone brouillée qui marque le passage de la faille renferme exclusivement des éléments de roche empruntés aux niveaux voisins de la zone dénivellée; sa perméabilité est donc en relation étroite avec celle de ces niveaux. C'est ainsi que cette zone s'est montrée aquifère en regard des terrains de l'assise de la Crèche, et imperméable au-dessous. La galerie de faite a donné de l'eau; celle de base a été absolument sèche, alors qu'on pouvait s'attendre à la voir noyée, soit par des infiltrations venant du haut, soit par des eaux provenant de zones aquifères inférieures et remontant par la faille.

Il convient encore de mentionner quelques faibles fuites latérales de la nappe de la Crèche par les bancs perméables inclus dans les argiles du compartiment non affaissé. C'est ainsi qu'entre la faille et la falaise les couches perméables intercalées vers le milieu des argiles de Châtillon ont donné un peu d'eau dans la galerie de faite. Des suintements de même origine se produisent à l'extérieur, au niveau du banc calcaire qui affleure au-dessus de la sortie du tunnel (figure 3, banc a) ; ils ont déterminé un léger éboulement pendant les travaux.

Les lumachelles situées à la limite des argiles supérieures et des argiles inférieures de Châtillon ont été rencontrées par le chantier de la digue Carnot. En raison du plongement des terrains vers la mer, des venues d'eau sont apparues successivement dans la galerie de base, puis dans les cheminées d'évacuation de la galerie supérieure, et enfin dans celle-ci. Ce n'est que dans cette dernière galerie qu'elles ont été gênantes; ailleurs, elles n'ont donné lieu qu'à des suintements. On a du reste constaté qu'au fur et à mesure de l'avancement des fouilles les venues d'eau s'affaiblissaient à l'arrière pour apparaître plus importantes dans le front de taille; on a aussi remarqué qu'à l'exception d'une zone mouillée de 0,20 d'épaisseur, sous le banc inférieur des lumachelles, l'argile était d'une sécheresse absolue, tant au-dessus qu'au-dessous de la zone aquifère.

Dans l'assise des grès et sables d'Audresselles, l'eau mouille la zone inférieure des sables, où elle ne circule qu'avec une extrême lenteur. Sur les 100 premiers mètres du tunnel, de faibles venues d'eau se sont produites en plusieurs points.

En dehors des zones aquifères qui précèdent, et dans lesquelles les galeries se sont maintenues longtemps par suite du faible pendage, les couches argileuses ont été totalement imperméables. Les quelques maigres suintements auxquels elles ont donné lieu, et qui ont été indiqués au tableau récapitulatif par souci d'une énumération absolument complète, ont vraisemblablement été la conséquence de très légers tassements provoqués par les explosions de mines et favorisés par les délits verticaux des argiles ; ils n'ont d'ailleurs occasionné aucune gêne.

Comme exemple de l'imperméabilité des argiles, il suffira de rappeler que la galerie de base du chantier de la digue Carnot est passée à travers la faille et sous la cuvette des

grès de la Crèche sans qu'apparaisse le moindre suintement, et que des km. 0,200^c à 0,600^c, l'ensemble du souterrain a été absolument sec.

En définitive, la description des venues d'eau établit d'une manière péremptoire que celles-ci se sont cantonnées dans des zones aquifères qui seraient restées fort au-dessus du souterrain si la faille du mont de Coupes avait eu la direction que je lui attribuais; et l'imperméabilité remarquable des argiles inférieures de Châtillon autorise à penser que si l'hypothèse admise s'était vérifiée aucune communication ne se serait produite en cours de travail entre ces niveaux aquifères et les galeries.



**TABLEAU RÉCAPITULATIF DES VENUES D'EAU
RENCONTRÉES EN COURS D'EXÉCUTION
ET DES INCIDENTS
AUXQUELS ELLES ONT DONNÉ LIEU**

Le tunnel de l'Ave Maria a été entrepris par ses deux extrémités (chantier d'Outreau et chantier de la digue Carnot).

En raison de la nature argileuse des terrains, l'étude de l'ouvrage avait prévu que l'exécution des terrassements comporterait, pour chaque chantier, deux galeries de base et une galerie de faite.

Les travaux ont été commencés suivant cette méthode, mais la consistance des terrains a permis de l'abandonner dès le début pour recourir à une autre plus simple ne comportant que l'exécution de deux galeries, disposées l'une au dessus de l'autre, dans l'axe du souterrain.

L'évacuation des déblais de la galerie supérieure s'est faite par la galerie de base, au moyen de cheminées de communication, cette seconde galerie avait une notable avance sur la première pour permettre la reconnaissance du terrain.

Les autres phases se sont déroulées suivant le rythme normal de ce genre de travaux (abaissement du sol de la galerie de faite, abatages pour exécution de la voûte par anneaux de 5 mètres de longueur, abatages pour exécution des piédroits, abaissement du sol de la galerie de base pour établissement du radier).

NOTA. - Les distances affectées de l'indice C sont comptées à partir de la sortie du tunnel ; celles affectées de l'indice O sont comptées de l'entrée.

DÉSIGNATION du terrain aquifère	DÉTAIL DES VENUES D'EAU
Grès de la Crèche	A. — Première zone aquifère
	<i>(Grès et sables surmontant les marnettes de Châtillon)</i>
	Cette zone a été rencontrée au toit de la galerie de faite entre les km. 0,080° et 0,160°. Km. 0,080° à 0,114°. Quelques gouttes d'eau dans les grès tendres en plaquettes du sommet des marnettes de Châtillon.
	Km. 0,114° à 0,117°. Venues d'eau plus importantes, au même niveau.
	Km. 0,117° à 0,124°. Faibles suintements id.
	Km. 0,124° à 0,133°. Arrivées d'eau assez importantes, id.
	Km. 0,133° à 0,160°. Faibles suintements, id.
	B. — Deuxième zone aquifère
	<i>(Banc I des grès de la Crèche)</i>
	Cette zone a été rencontrée en premier lieu par la galerie de faite; elle s'est abaissée ensuite dans les cheminées d'évacuation jusqu'au km. 0,150°; au-delà elle est remontée à nouveau dans la galerie supérieure, pour disparaître au toit vers le kilomètre 0,230°.
Km. 0,085°. Venue d'eau très importante qui s'est répartie ensuite dans les cheminées au fur et à mesure de leur percement (notamment entre les km. 0,110° et 0,120°).	
Km. 0 090°. Venue de 20 ^{m³} par jour s'échappant par la galerie de base.	
Km. 0,085° à 0,150°; indépendamment des deux arrivées d'eau précédentes, se sont manifestées de très nombreuses venues plus faibles, entre lesquelles l'eau a suinté sans interruption.	
Km. 0,150° à 0,230°, le banc I n'a donné que quelques suintements très faibles, en particulier au km. 0,208°.	
Faille	La zone brouillée est alimentée par des pénétrations d'eau de la nappe des grès de la Crèche. Elle n'est aquifère qu'à hauteur de la galerie de faite.
	Km. 0,070° à 0,074°. Suintements très importants.
	Km. 0 074°. Très grosse arrivée d'eau qui a diminué au moment de l'ouverture des cheminées. Pendant les abatages, l'eau arrivait à flot au-dessus du niveau des piédroits, entre les km. 0,074° et 0,080°.
Argiles de Châtillon	C. — Troisième zone aquifère
	<i>(Lumachelles à la limite des argiles inférieures et supérieures)</i>
	1. — Entre la faille et la sortie
	Cette troisième zone aquifère a été rencontrée par le tunnel de part et d'autre de la faille. L'eau de la nappe des grès de la Crèche se répand dans les fissures du banc inférieur des lumachelles. Ce banc rencontré par la galerie supérieure a donné à sa base une venue de 2 ^{m³} par jour au km. 0,044° et de faibles suintements aux km. 0,0125°; 0,0175°; 0,0225°; 0,0275°; 0,0325°; 0,062°; 0,067°.
	2. — Entre la faille et l'entrée
	La circulation d'eau se fait par les fissures du banc de base; la présence de l'eau rend l'argile inférieure molle sur 0,20 ^m .
	a) <i>Galerie de base.</i> — Km. 0,570° à 0 590°. Très faibles suintements.
	Km. 0 640°. Léger suintement.
	Km. 0,655°. Venue d'eau de 500 litres par jour (démasquée le 11 mai 1927; tarie le 26 août 1927).
	Km. 0,675°. Suintements.
Km. 0,706°. Venue de 1 ^{m³} par jour au ciel de la galerie (1 ^{er} juin 1927).	

OBSERVATIONS DIVERSES

Toutes les arrivées d'eau qui se rattachent aux zones aquifères A et B se sont manifestées dans la paroi des fouilles côté Boulogne.

Pendant la traversée de ces zones par la galerie de faite (janvier 1927), le débit total des venues d'eau fut de 175 à 200^{m³} par jour.

Il est à remarquer que la galerie de base n'a par elle-même, rencontré aucune venue d'eau.

A l'époque de l'exécution des abatages (avril 1927), le débit de l'ensemble des venues d'eau a atteint un maximum voisin de 300^{m³} par jour.

La traversée de la faille et des zones aquifères a donné lieu localement à des difficultés sérieuses (exécution des anneaux 15°, 16° et 17° et des anneaux 22° à 28°, les 26°, 27° et 28° notamment).

Les abatages ont été pénibles pour les ouvriers qui travaillèrent sous une pluie continue. Les boisages ont dû être renforcés en raison des tassements qui se sont produits (anneau 17°). Sur une distance de 60 mètres, il a fallu attendre qu'un anneau fut maçonné pour ouvrir l'abatage voisin. Des précautions spéciales ont dû être prises pour l'exécution des maçonneries de la voûte (anneau 27° notamment); celle-ci a reçu une surépaisseur de 20^{cm} au passage de la faille.

En avril 1928, pendant que l'on pratiquait des injections de ciment pour rendre la voûte étanche, une arrivée d'eau importante s'est déclarée par un des abatages d'attente (estimée à 10 à 12^{m³} h.); elle a été maîtrisée dans la même journée, mais son obstruction a fait jaillir une nouvelle venue à la naissance du piedroit d'un anneau voisin (anneau 29°).

En décembre 1927, l'ensemble des venues entre les km. 0,570° et 0,904° s'est élevé à 100^{m³} par jour environ. Au 15 février 1928, ce débit était en régression, mais atteignait encore 75 à 80 mètres cubes.

La venue d'eau du km. 0,810° a nécessité l'arrêt du chantier. Une attaque en retour a été entreprise en partant du km. 0,904°. C'est pendant cette attaque que la venue du km. 0,890° a été découverte, elle a fait baisser légèrement celle du km. 0,810° et a nécessité l'abandon de l'attaque en retour ainsi que la reprise de la galerie au km. 0,810°.

Au-delà du km. 0,905°, sur une distance de 200 à 250 mètres, il a fallu renforcer les boisages de la galerie de faite, en raison des menaces d'éboulements (argile fissurée); les tassements s'accompagnaient de suintements.

DÉSIGNATION du terrain aquifère	DETAIL DES VENUES D'EAU
<p>Argiles de Châtillon (suite)</p>	<p>b) <i>Cheminées</i>. — Km. 0,706° à 0,720°. Faibles venues par les cheminées. Leur débit total est de 1 à 2^{m³} par jour.</p> <p>c) <i>Galerie supérieure</i>. — Km. 0,720° à 0,810°. Faibles suintements.</p> <p>Km. 0,810°. Arrivée d'eau de 15^{m³} par jour, démasquée le 9 novembre 1927 (voir observations).</p> <p>Km. 0,890°. Venue de 60^{m³} par jour au ciel de la galerie. Démasquée le 1^{er} décembre 1927 pendant l'abatage en retour. Cette venue a fait baisser celle du km. 0,810°.</p> <p>Km. 0,810° à 0,890°. Faibles venues et suintements.</p> <p>Km. 0,890° à 0,915°. Très faibles suintements.</p> <p>Km. 0,915° Faible venue d'eau.</p> <p>Km. 0,915° à 0,930°. Faibles suintements.</p> <p>Km. 0,935° à 0,942°. Faibles suintements.</p> <p>Km. 0,8355° à 0,8405°. Apparition d'un suintement, pendant l'établissement de la voûte à l'anneau n° 166° (3-3-28, voir observations).</p> <p>Km. 0,8457°. Apparition d'un suintement à la voûte, à la limite des anneaux 167° et 168° (4-3-28).</p> <p>Km. 0,8407° à 0,856°. Suintements après éboulement entre les anneaux 167° et 169°. Au début le débit total était de 5 à 8^{m³} par jour, une semaine après il était tombé à 2^{m³}.</p> <p>Km. 0,8125°. Apparition de faibles suintements au sommet de la voûte, le 17-5-28</p>
<p>Sables et grès d'Audresselles</p>	<p>D. — Quatrième zone aquifère</p> <p>Le ciel de la galerie de faite a rencontré la base des sables d'Audresselles dès l'entrée du tunnel.</p> <p>De l'origine au km. 0,057°. Sable légèrement humide; l'eau détrempé par endroits l'argile noire sous-jacente.</p> <p>Km. 0,057°. Sable très humide. Légère venue d'eau. Il faut masquer momentanément le fond de la galerie et procéder à des injections de ciment (24-11-26).</p> <p>Km. 0,057° à 0,095°. Sable légèrement humide.</p> <p>Dans l'ensemble, sur les 100 premiers mètres du tunnel, le sable renfermait un peu d'eau à sa base aux points où celle-ci dessinait des ondulations. Ailleurs, le sable a été rencontré sec, mais par l'appel au vide, il est devenu humide au bout de quelques jours sans pour cela abandonner son eau.</p> <p>La totalité des arrivées d'eau dans cette région de l'ouvrage n'a jamais dépassé 1^{m³} à l'heure.</p> <p>Km. 0,140°, 0,2825° à 0,3025°. Le sable est très humide à sa base.</p> <p>Km. 0,432° à 0,4405°. Au moment de son apparition au toit de la galerie de base, le sable est mouillé. La galerie doit être momentanément abandonnée par crainte d'éboulements.</p> <p>Km. 470,60°. Quelques gouttes d'eau dans le grès.</p>
	<p>E. — Autres suintements dans le tunnel</p> <p>Km. 0,310° et 0,315°. Suintements au toit de la galerie de faite.</p> <p>Km. 0,575° et 0,590°. Suintements au toit de la galerie de faite.</p> <p>Ces suintements proviennent de la nappe des grès de la Crèche qui se trouvent dans le premier cas, à 1^m50 environ au-dessus de la galerie, et dans le deuxième cas à 8 à 10 mètres. L'eau parvient dans le tunnel en empruntant une suite de fissures dans l'argile.</p> <p>Km. 0,357°. L'argile est très légèrement humide; l'eau arrive par des infiltrations qui proviennent de la base des sables d'Audresselles situées à 1^m50 environ au-dessus.</p>
	<p>F. — Tranchée d'accès au tunnel</p> <p>Dans la tranchée d'accès existe une faible circulation d'eau au contact des terrains en place et des éboulis qui les recouvrent; cette circulation est favorisée par la présence de petites lentilles de sable.</p>

OBSERVATIONS DIVERSES

L'éboulement du 4 mars 1928 s'est produit pendant la construction de la voûte dans les anneaux 168° à 171° au moment où les maçonneries des deux chantiers allaient se rejoindre.

Dans les 24 heures qui le précédèrent apparurent des suintements (voir ci-contre), indices du décollement de la masse argileuse (couche 10 du profil géologique) entre le sommet de la voûte et la base des lumachelles, et de son glissement le long des plans de délit verticaux.

C'est le 4 au matin que la masse d'argile s'effondra subitement, déterminant l'ouverture d'une chambre de 22^m de longueur, 8 à 10 mètres de largeur et 5 mètres de hauteur, sous le banc de base des lumachelles. Ce banc présentait deux fissures étroites qui laissaient suinter un peu d'eau venant de la direction de l'entrée du tunnel.

En outre, la chute des terres défonça le toit de la galerie de base sous l'anneau 170° et cette galerie fut envahie par l'eau.

En septembre 1926 se produisit un éboulement occasionné par la chute d'un bloc de grès isolé dans le sable. Le sol naturel qui se trouve à faible hauteur au-dessus de la galerie s'affaissa et des crevasses apparurent qui firent craindre, pour l'avenir, des glissements au contact des éboulis et des terrains remaniés. On prit des dispositions pour munir l'entrée du tunnel d'une tête droite avec murs en aile au lieu de la tête oblique primitivement prévue et qui aurait pu ne pas offrir une résistance suffisante à la poussée des terres.

La tranchée d'accès au tunnel a été exécutée sans incident; cependant le 20-11-26, à la suite d'une période de fortes pluies, il s'est produit un glissement de terrains important. Les terres mises en mouvement sont venues obstruer l'entrée de la galerie gauche de base. Dans cette galerie sur 10 mètres de longueur, les boisages ont été déversés par la poussée, simultanément vers la vallée et vers le nord (quelques chapeaux ont été brisés). Dans la galerie supérieure, les boisages du premier anneau ont pris également une double inclinaison semblable.

RÉSUMÉ & CONCLUSION

Dans les falaises de Boulogne, les argiles de Châtillon offrent des caractères stratigraphiques constants, qui ont été signalés de tous temps, par les géologues ; le percement du tunnel a montré qu'au sud de la ville ces caractères se poursuivent sans modification à l'intérieur du pays; il a fourni à leur égard des données nouvelles et des précisions.

Les travaux ont révélé la direction véritable de la faille du mont de Couppez et ont permis de définir avec exactitude sa nature et ses traits essentiels. M. P. Pruvost a déjà porté ce résultat à la connaissance du Service de la carte géologique de France [13] et la faille figurera dans l'édition de la feuille géologique de Boulogne en préparation.

Enfin, et par voie de conséquence, l'ouverture du tunnel a permis de dresser une esquisse assez complète des conditions de circulation des eaux souterraines sous le plateau.

On peut donc conclure que les travaux de l'Ave-Maria ont apporté leur part contributive à la connaissance approfondie de la géologie locale.

Indépendamment des visites de chantiers, l'élaboration du présent mémoire a nécessité de nombreuses excursions dans le Bas-Boulonnais. M. P. Pruvost a bien voulu s'intéresser à mes recherches en m'accompagnant plusieurs fois et en acceptant de déterminer les principaux fossiles que j'ai recueillis.

Je tiens, en terminant, à lui en exprimer ma gratitude et à le remercier de son aide amicale.

Index bibliographique *

- [1] E. PELLAT. — Terrain jurassique du Bas-Boulonnais. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1880, 3^{me} série, tome VIII, pages 677, 679, 680.
- [2] E. PELLAT. — Note sur les assises supérieures du terrain jurassique de Boulogne-sur-Mer. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1865, 2^{me} série, tome XXIII, page 193.
- E. RIGAUD. — Notice stratigraphique sur le Bas-Boulonnais. *Bulletin n° 4 de la Société Académique de Boulogne-sur-Mer*, 1865.
- DE LOBIOL et PELLAT. — Monographie paléontologique et géologique de l'étage portlandien des environs de Boulogne-sur-Mer. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, décembre 1866, tome XIX, 1^{re} partie.
- [3] P. PRUVOST. — Les subdivisions du Portlandien boulonnais d'après les Ammonites. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 1924, 3^{me} livraison, page 187.
- [4] ROZET. — Description géognostique du Bas-Boulonnais, 1828, page 57.
- [5] P. PRUVOST. — Observations sur le terrain portlandien du Boulonnais. *Bulletin de la carte géologique de France* (1920-1921), n° 143, tome XXV, page 173.
- [6] BLAKE. — Note sur l'âge du grès de Châtillon. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1880, 3^{me} série, tome VIII, page 640.
- PELLAT. — Sur l'âge des grès de la falaise de Châtillon. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1880, 3^{me} série, tome VIII, page 643.
- [7] GODWIN-AUSTEN. — Sur l'extension possible des couches de houille sous le sud-est de l'Angleterre. *Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London*, 1856, vol. 12, page 38.
- [8] BARROIS. — Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande. *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, 1875-76, tome 3, page 144.
- DOLFUSS. — Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1890, n° 14, tome II.
- M. BERTRAND. — Sur la continuité du phénomène de plissement dans le bassin de Paris. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1892, 3^{me} série, tome XX.
- M. BERTRAND. — Sur le raccordement des bassins houillers du nord de la France et de l'Angleterre. *Annales des Mines*, 1893, tome III, 1^{re} livraison.
- PARENT. — Notes supplémentaires sur les plis du nord de l'Artois. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 1893, tome XXI.

* Les numéros d'ordre correspondent aux renvois du texte.

- M. BERTRAND. — Etudes sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais. *Annales des Mines*, 1894, 6^{me} livraison.
- [8] J. GOSSELET. — Aperçu général de la Géologie du Boulonnais. *XXVIII^e Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences à Boulogne*, 1899.
- J. GOSSELET et L. DOLLÉ. — L'enveloppe crétacique du Bas-Boulonnais. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 1907, tome XXXVI.
- [9] P. PRUVOST. — Observations stratigraphiques et tectoniques dans le Boulonnais. *Bulletin de la carte géologique de France*, 1922-23, n° 151, tome XXVII, p. 183.
- [10] A. DE LAPPARENT. — Traité de Géologie, 1906, 5^{me} édition, première partie, livre deuxième, page 158.
- [11] J. GILBERT et E. MONDON. — Traité d'adductions et de distributions d'eau. Partie technique, chapitre II, page 18.
- [12] L. DOLLÉ. — Etudes sur les eaux souterraines de la région de Cambrai, chapitre VII, page 293.
- [13] P. PRUVOST. — Observations sur la faille du mont de Couppes. *Bulletin de la carte géologique de France*, 1928, n° 170.
-

FIG.1. Vue schématique de la faille du Mont de Couppes (croquis pris de la plage)

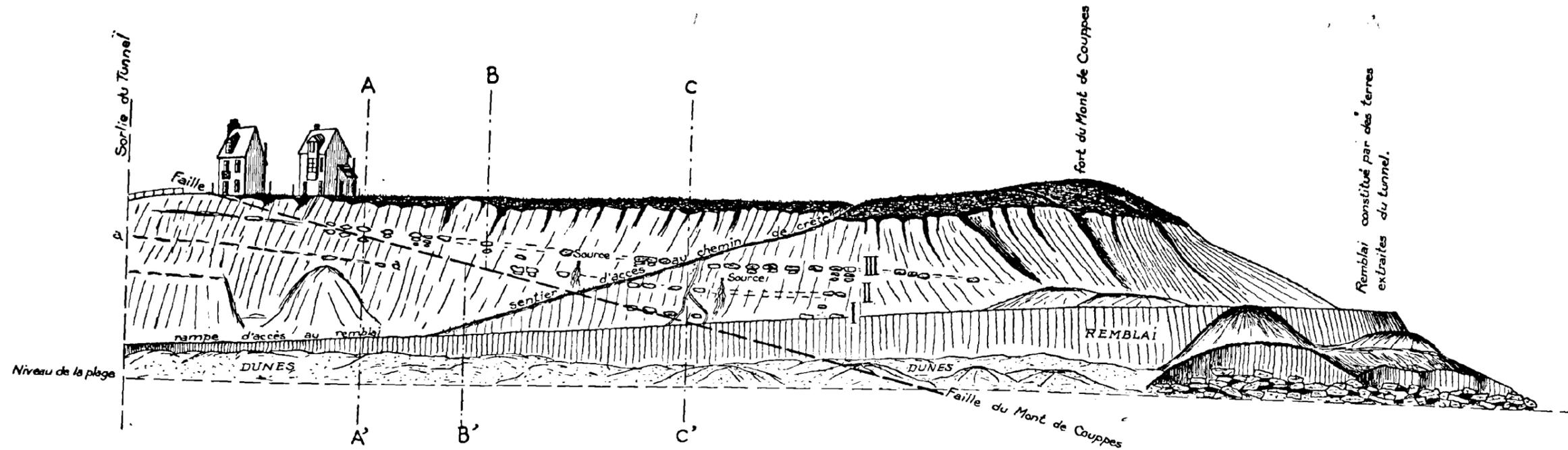
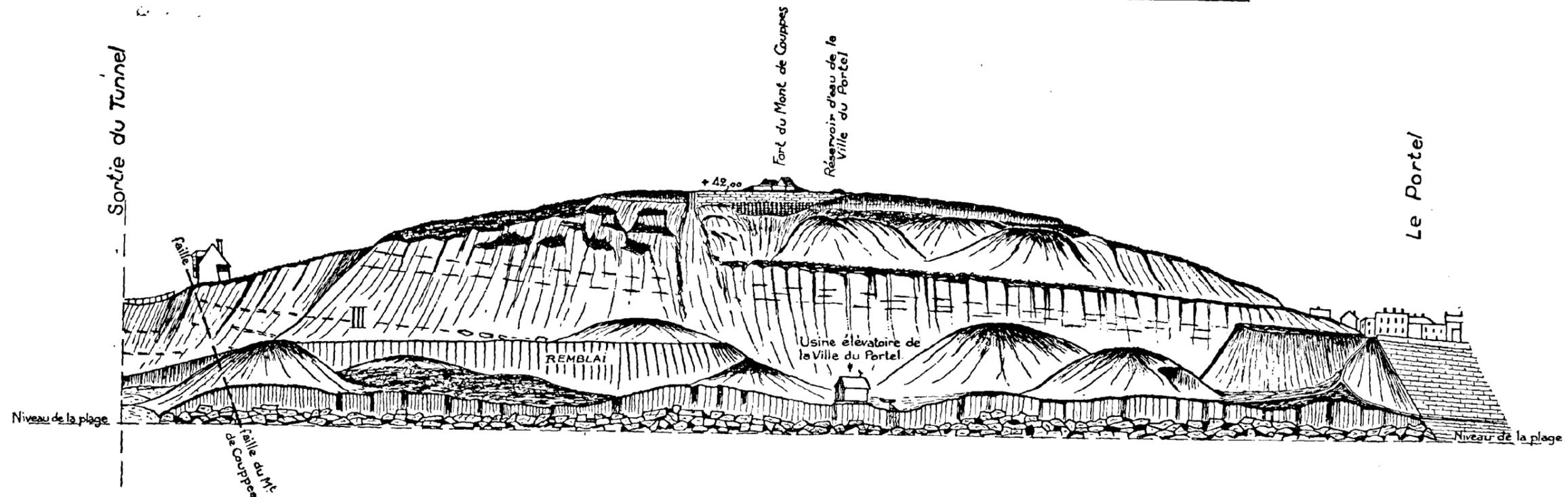


FIG 2. Vue schématique de face du Mont de Couppes (croquis pris de la plage)



**LA FALAISE
AUX ABORDS
DE LA SORTIE DU TUNNEL**

ÉCHELLE $\frac{1}{2.000}$ ème

**Nomenclature des terrains
visibles dans la falaise**

P_s - Portlandien supérieur, visible seulement au sommet du Mont de Coupées (base de l'assise à *Trigonia gibbosa*).

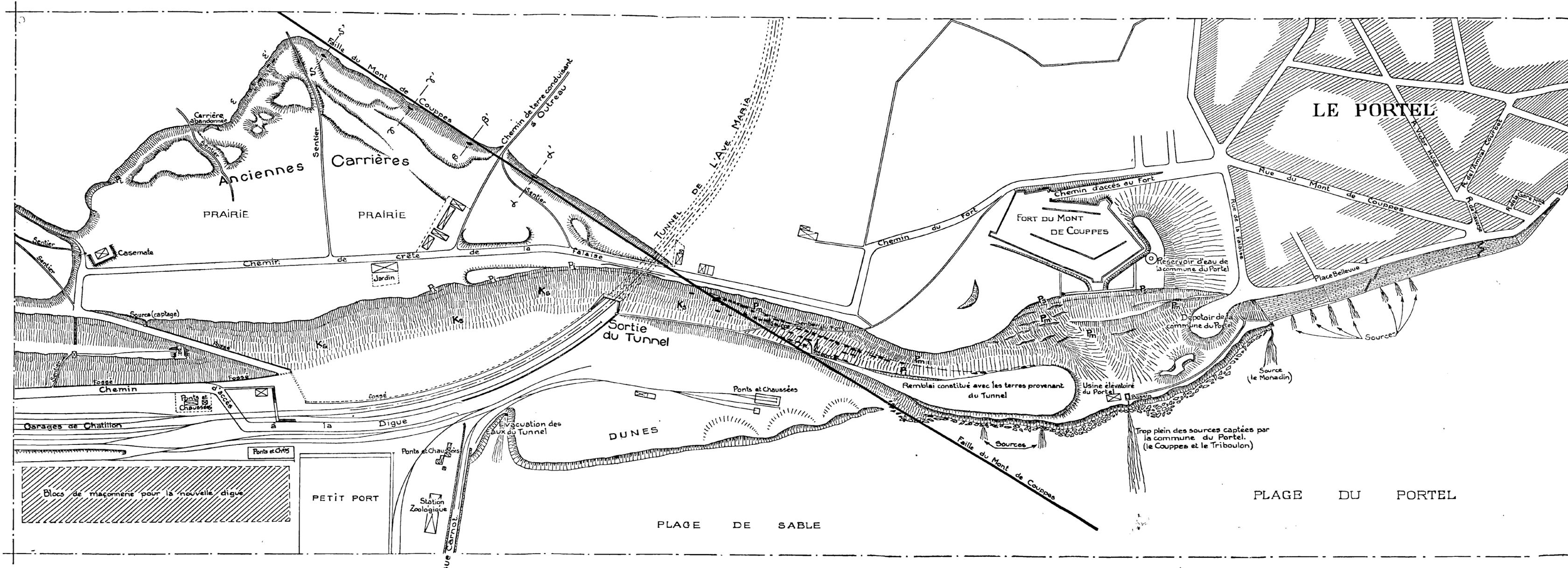
Portlandien :

P_m - Portlandien moyen - Comprend trois zones caractérisées par :
1° *Ostrea expansa* (sommet)
2° *Exogyra dubiensis*
3° *Anomia laevigata* (base)

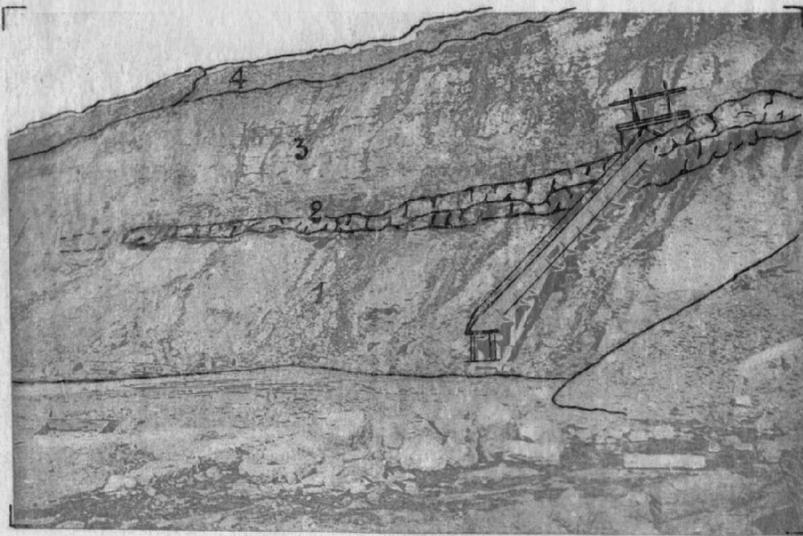
P_i - Portlandien inférieur (grès de la Crèche).

Kimméridgien :

K_s - Kimméridgien supérieur (argiles de Châtillon)



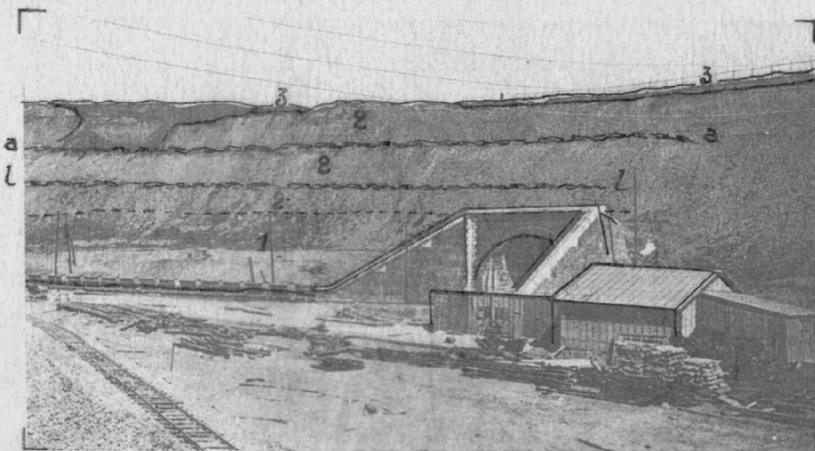
- FIG. 1 -
Carrière de
Chatillon



- 1. Argiles inférieures de Chatillon
- 2. Grès et lamachelles intermédiaires
- 3. Argiles supérieures de Chatillon
- 4. Grès de la Crèche

(VOIR TEXTE FIG. 1)

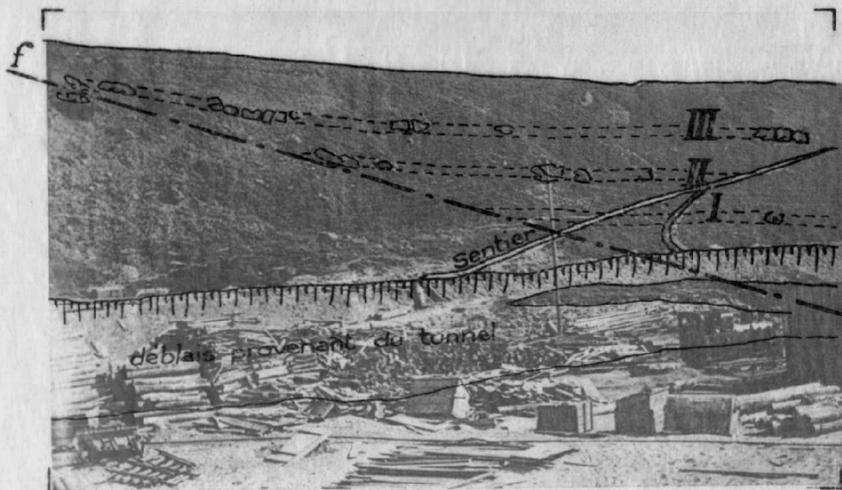
- FIG. 2 -
La falaise au
droit de la sortie
du tunnel



- 1. Argiles inférieures de Chatillon
- 2. Argiles supérieures de Chatillon
- 3. Témoins de Grès de la Crèche
- l. Banc de lamachelle
- a a. Banc de calcaire gris

(VOIR TEXTE FIG 3)

- FIG. 3 -
La faille du Mont
de Coupes
(VUE DE FACE)



- I, II, III. Grès de la Crèche
- ff. faille

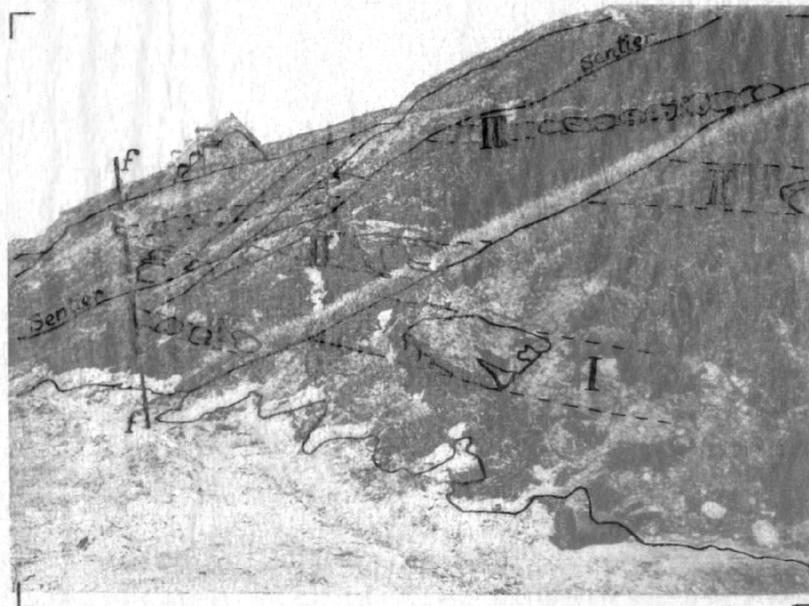
(VOIR PLANCHE I. FIG 1)



Clichés E. Leroux.

Imp. Tortellier et Cie. Arcueil (Seine)

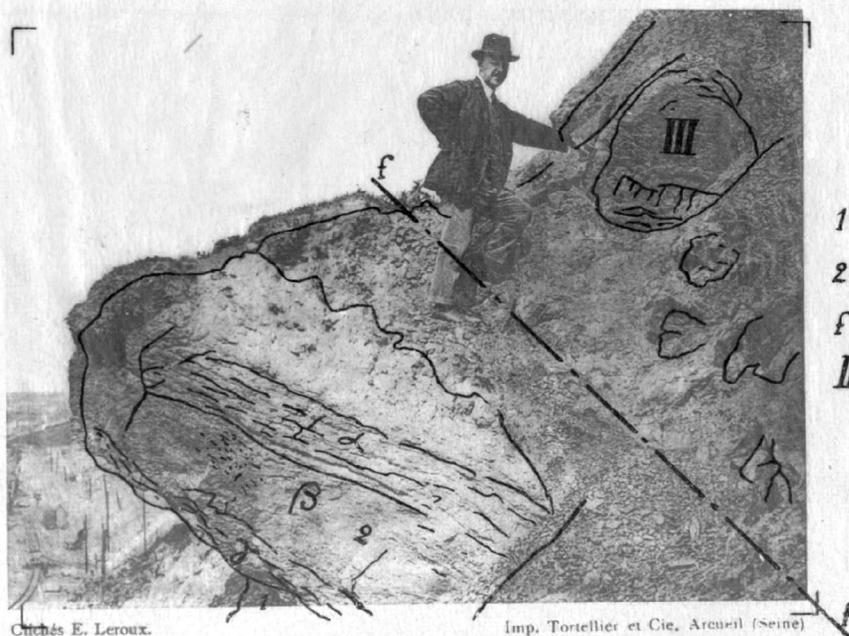
FIG 4 - La faille du Mont de Couppes (vue de profil)



(VOIR PLANCHE I FIG. 1)

I, II, III - Grès de la Crèche
f.f. - faille

FIG 5 - Origine de la faille dans la falaise



(VOIR TEXTE FIG 7)

1. Argiles supérieures de Chatillon
2. Grès de la Crèche (grès de base)
ff - faille
III - Grès de la Crèche (banc supérieur)



Clichés E. Leroux.

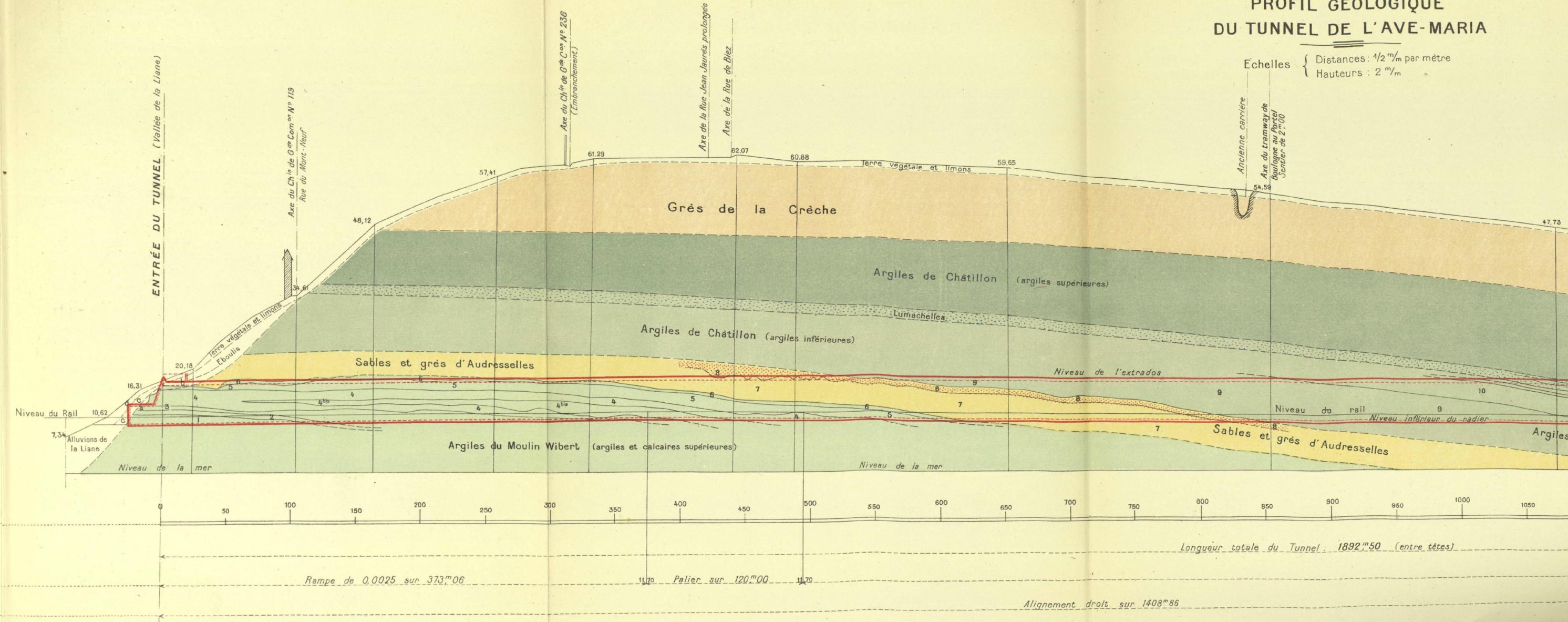
Imp. Tortellier et Cie. Arcueil (Seine)

LÉGENDE

- Limon des plateaux, dépôts sur les pentes, alluvions, terre végétale, sable marin } Quaternaire et moderne
- Argiles à E. dubiensis } Portlandien moyen
- Argiles à A. Laevigata } Portlandien inférieur
- Sables et grès de la Crèche } Portlandien inférieur
- Argiles de Châtillon (argiles supérieures) } Kimmeridgien
- Lumachelles } Kimmeridgien
- Argiles de Châtillon (argiles inférieures) } Kimmeridgien
- Sables et grès d'Audresselles } Kimmeridgien
- Argiles du Moulin Wibert } Kimmeridgien

Plan de comparaison
Nivellement général de la France (Lallemand)

PROFIL GÉOLOGIQUE
DU TUNNEL DE L'AVE-MARIA

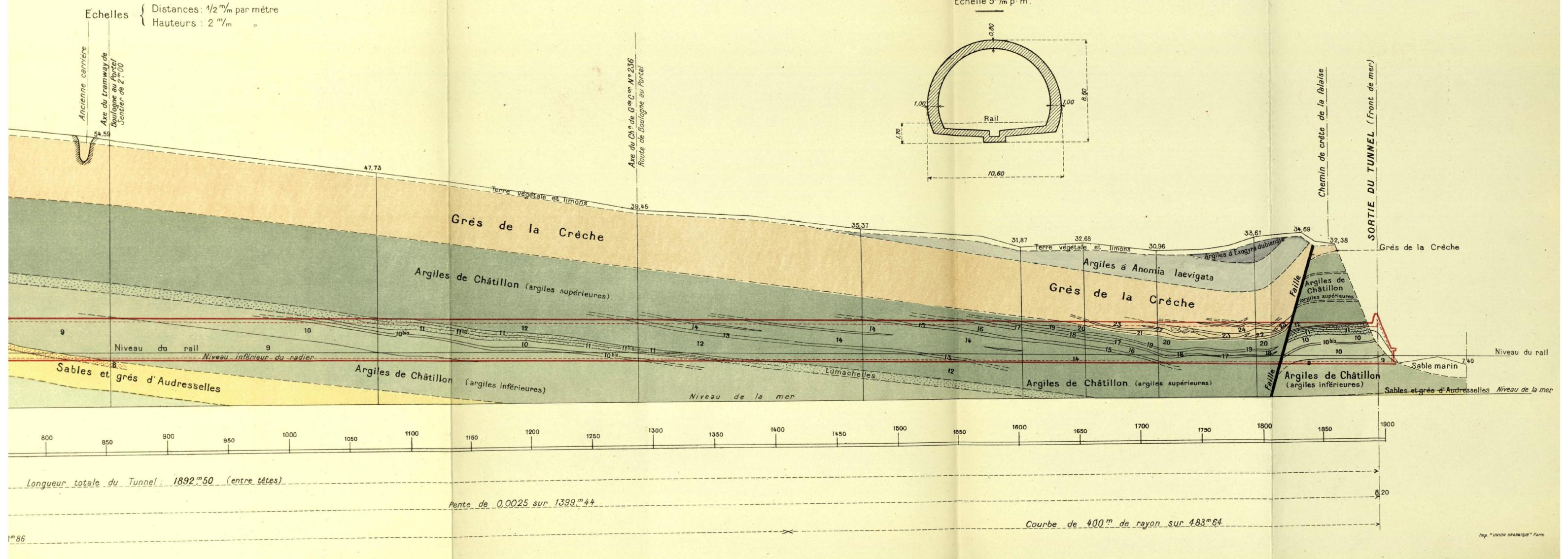
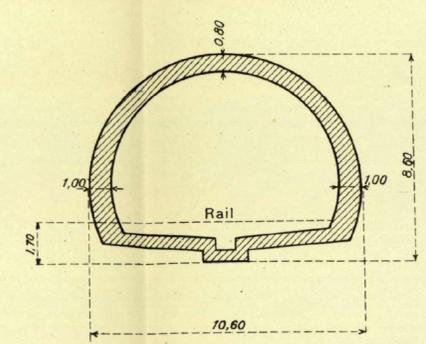


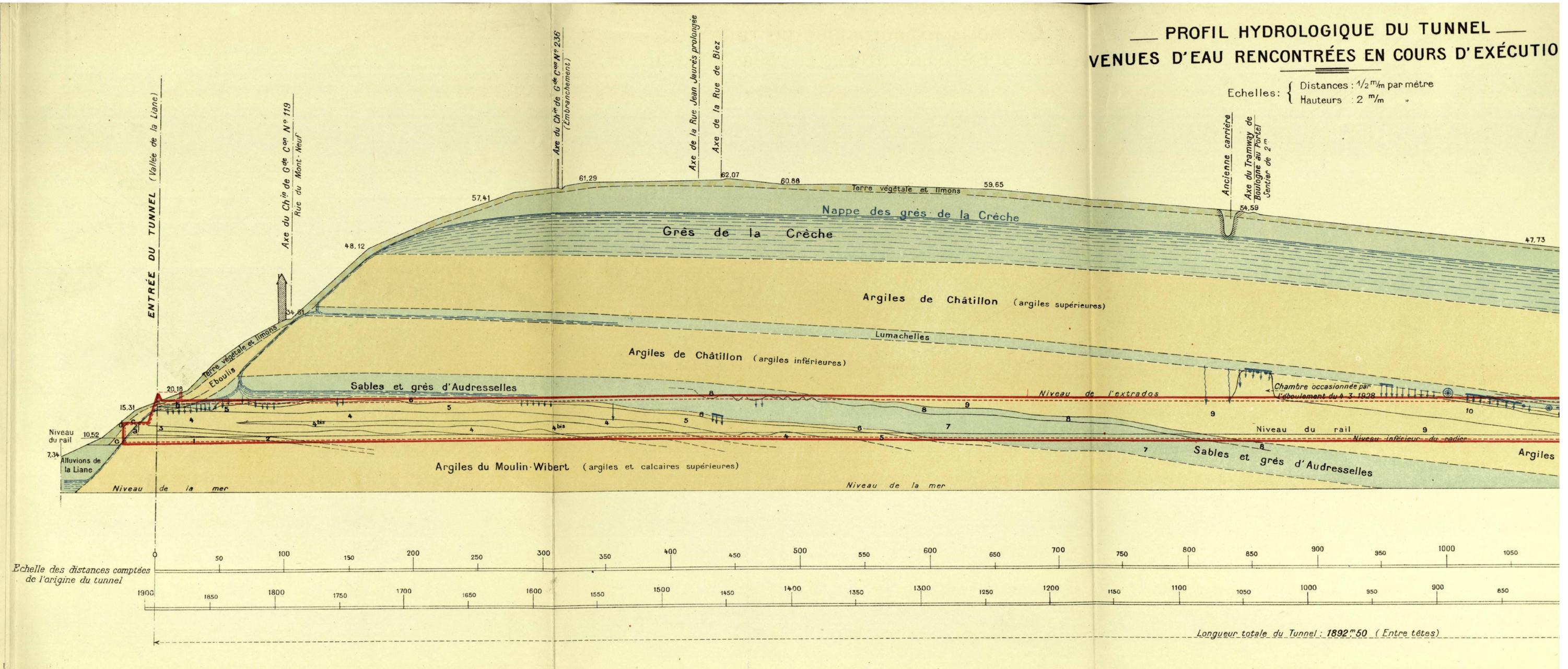
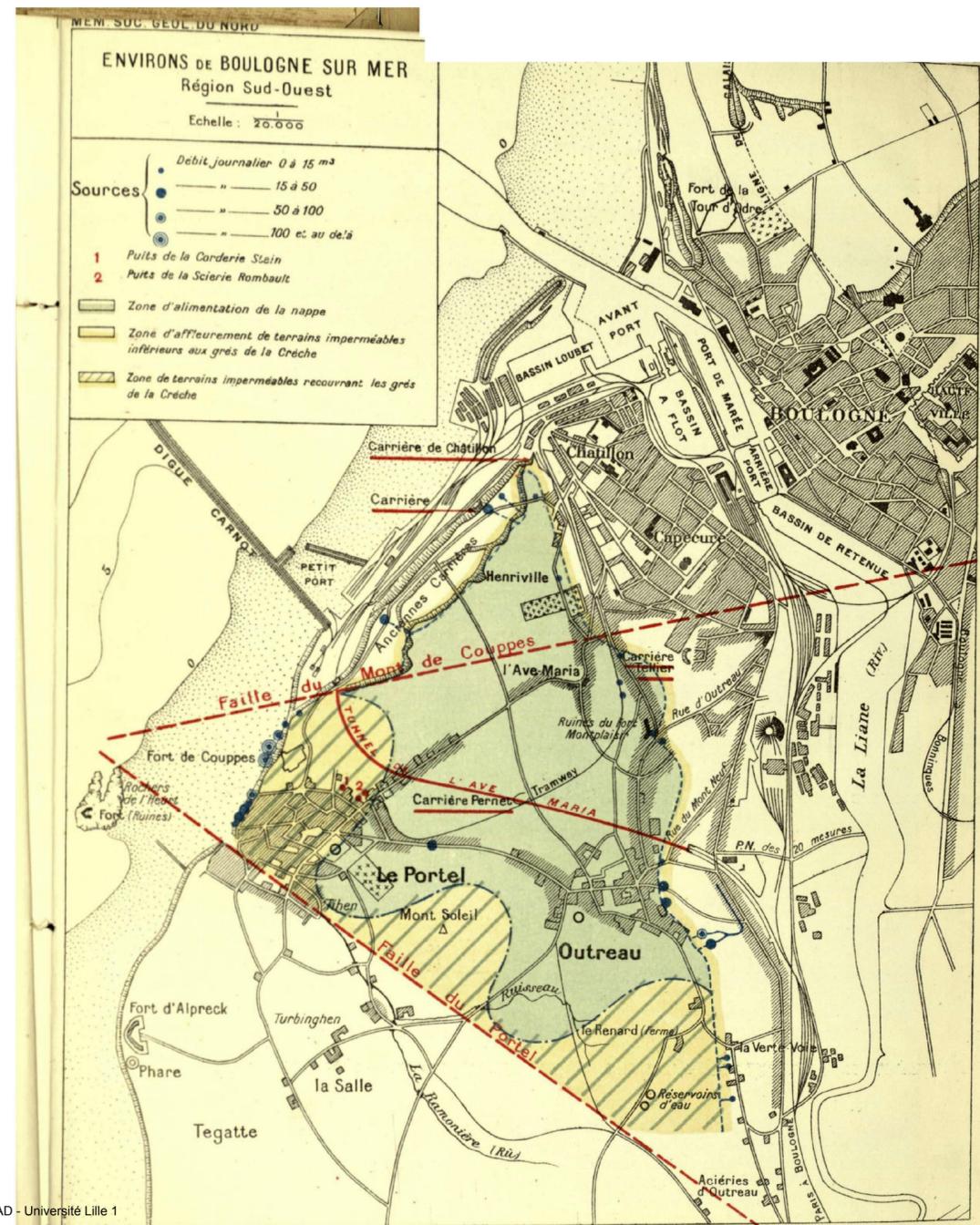
PROFIL GÉOLOGIQUE DU TUNNEL DE L'AVE-MARIA

Echelles { Distances : 1/2 m/m par mètre
Hauteurs : 2 m/m

PROFIL-COUPÉ DU TUNNEL

Echelle 5 m/m p m.



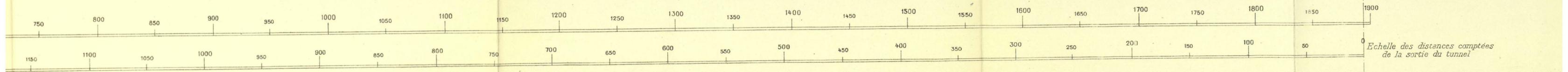
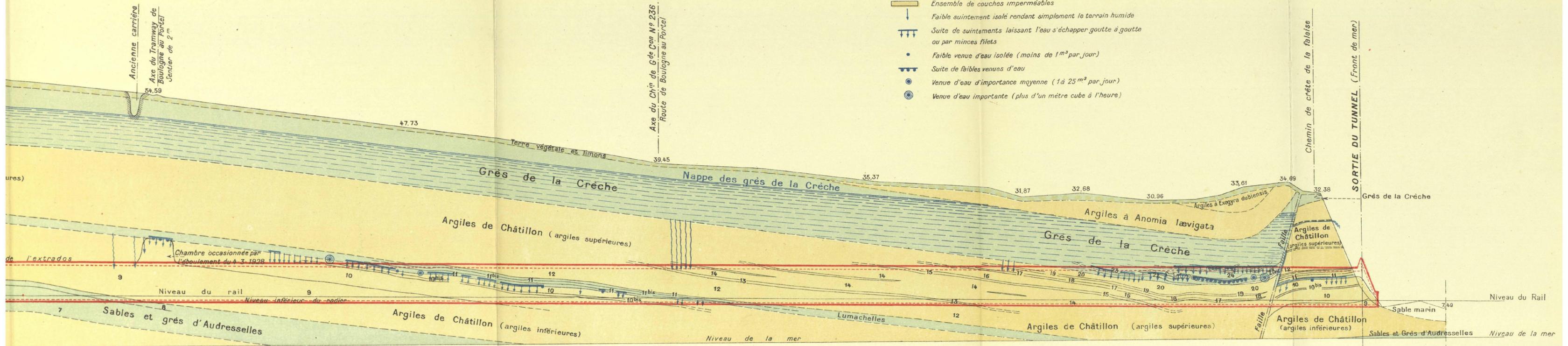


— PROFIL HYDROLOGIQUE DU TUNNEL —
 VENUES D'EAU RENCONTRÉES EN COURS D'EXÉCUTION

Echelles: { Distances: 1/2 m/m par mètre
 Hauteurs: 2 m/m

LÉGENDE

-  Ensemble de couches perméables
-  Ensemble de couches imperméables
-  Faible suintement isolé rendant simplement le terrain humide
-  Suite de suintements laissant l'eau s'échapper goutte à goutte ou par minces filets
-  Faible venue d'eau isolée (moins de 1 m³ par jour)
-  Suite de faibles venues d'eau
-  Venue d'eau d'importance moyenne (1 à 25 m³ par jour)
-  Venue d'eau importante (plus d'un mètre cube à l'heure)



Longueur totale du Tunnel: 1892^m50 (Entre têtes)

Echelle des distances comptées de la sortie du tunnel