

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GEOLOGIQUE
DU NORD

RECHERCHES
SUR LES
TERRAINS QUATERNAIRES DU NORD DE LA FRANCE

PAR
Georges DUBOIS
Docteur ès-sciences
Préparateur à la Faculté des Sciences de Lille

TOME VIII
I

LILLE
IMPRIMERIE CENTRALE DU NORD
12, rue Lepelletier, 12

1924

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

RECHERCHES
SUR LES
TERRAINS QUATERNAIRES DU NORD DE LA FRANCE

PAR
Georges DUBOIS
Docteur ès sciences
Préparateur à la Faculté des Sciences de Lille

TOME VIII
I

LILLE
IMPRIMERIE CENTRALE DU NORD
12, rue Lepelletier, 12

—
1924

A

MONSIEUR CHARLES BARROIS

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LILLE

MON MAITRE

GEORGES DUBOIS

AVANT-PROPOS

Ce mémoire a été préparé à l'Université de Lille où j'ai successivement rempli les fonctions de préparateur dans les laboratoires de Géologie, de Botanique générale, de Chimie générale et de Paléontologie végétale. Il a nécessité de nombreux voyages en France et dans les pays voisins et mon premier soin est d'adresser l'expression de ma reconnaissance aux professeurs de l'Université de Lille qui ont bien voulu me diriger, aux savants étrangers qui m'ont si libéralement guidé et assisté.

M. Ch. Barrois, membre de l'Institut, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Lille, m'a accueilli dans son laboratoire et n'a cessé de s'intéresser aux progrès de mes recherches. Je désire lui en exprimer ici ma vive gratitude et le prie d'accepter la dédicace de mon travail.

M. P. Bertrand a bien voulu m'attacher comme préparateur à sa chaire de Paléontologie végétale et m'initier à la délicate étude des plantes fossiles ; je lui en témoigne toute ma reconnaissance.

Je dois beaucoup aussi à M. P. Pruvost, professeur de Géologie appliquée à la Faculté des Sciences de Lille, qui a mis à ma disposition sa science et sa connaissance approfondie du Boulonnais.

Qu'il me soit permis d'associer à leurs noms le souvenir de Jules Gosselet que j'ai souvent suivi sur le terrain en Flandre ; de C. Eg. Bertrand, qui m'a communiqué sa discipline de travail, et de Douxami, qui fut un de mes professeurs les plus aimés. Je garde la mémoire de leur grande bonté.

J'adresse mes remerciements à M. Leriche qui fut aussi pour moi un professeur de Paléontologie dévoué, à mes maîtres de Zoologie et de Chimie de la Faculté des Sciences de Lille, et à mes différents professeurs de la Faculté de Médecine de Lille qui tous ont contribué au développement de mes connaissances générales.

Je remercie M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, et M. P. Termier, membre de l'Institut, des puissants encouragements qu'ils m'ont apportés. M. Termier, Directeur du Service de la Carte géologique de la France, a bien voulu m'accepter dans son service à titre de collaborateur auxiliaire. Grâce à lui j'ai pu effectuer plus de 300 sondages dans la région calaisienne.

J'ai contracté au cours de mes recherches de nombreuses dettes de reconnaissance :

M. Depéret, membre de l'Institut, MM. Blanchard, Briquet, Gignoux, de Lamothe, Lorié et Miller ont eu l'amabilité de me donner des conseils ou des renseignements que je sollicitais d'eux.

M. Bouly de Lesdain m'a communiqué les fossiles marins qu'il a récoltés à Ghyvelde ; M. G. Dollfus m'a libéralement abandonné l'étude des échantillons du sondage de Coquelles, qu'il avait en sa possession, M. P. Bardou et mon collègue

M. A. Dehée m'ont fait part de leurs observations sur la plaine maritime picarde au S de la Somme et M. G. Delépine a mis à ma disposition des documents inédits sur la géologie des environs de Dunkerque ; les fossiles quaternaires de Cambrai que M. Godon a généreusement offerts au Laboratoire de Géologie m'ont été de la plus grande utilité.

MM. Brégi, Joly, Cointement, Chartiez m'ont fait connaître les résultats de leurs sondages en Flandre et en Picardie. M. Dollé m'a également fourni des renseignements sur quelques sondages de la Plaine maritime flamande. M. Duparque m'a aidé au cours de mes recherches sur les marnes calcaires du Calaisis.

J'ai trouvé à Paris auprès de M. Germain et à Londres auprès de M. Robson le meilleur accueil pour mes déterminations conchyliologiques ; M. Dutertre m'a communiqué quelques coquilles de comparaison.

Bien que le résultat de mes études mammalogiques ait dû être reporté à un autre mémoire, je ne saurais pourtant passer sous silence l'amabilité avec laquelle MM. Desoil, Van Oye, Anthony, Trouessart, Dollo, Smith Woodward, Oldfield Thomas, M.A.C. Hinton, Winge, ont facilité mes travaux de documentation ostéologique à Lille, à Paris, à Bruxelles, à Londres et à Copenhague.

En Belgique, mes connaissances générales sur le Quaternaire ont été grandement développées par mes conversations avec M. Rutot et avec M. J. Cornet.

En Angleterre, j'ai pu, au cours d'une excursion de la *Geologist's Association*, visiter les formations quaternaires de Norfolk ; cette visite m'a rendu les plus grands services grâce à M. Boswell, l'un des directeurs de l'excursion, qui m'a guidé avec autant de bienveillance que de savoir. M. Hazzledine Warren, en m'ouvrant sa collection à Loughton, M. Pringle, en mettant à ma disposition les documents du Geological Survey à Londres, m'ont également facilité la connaissance du Quaternaire du bassin de la Mer du Nord.

En Danemark enfin, M. Madsen, Directeur du Service géologique, MM. Axel Jessen et V. Nordmann, géologues d'Etat, m'ont accueilli avec la plus grande cordialité et m'ont guidé à travers tout le Jutland et dans l'île de Seeland, dépensant sans compter leur temps et leur science pour me montrer les coupes les plus nettes et les affleurements les plus fossilifères du Quaternaire danois.

Je leur en exprime à tous ma gratitude profonde.

Mes différentes recherches ont été puissamment aidées par des subventions de la caisse des Recherches scientifiques, et elles ont été grandement facilitées grâce à un séjour à la Maison de l'Institut de France à Londres.

Qu'il me soit aussi permis en terminant d'exprimer ma reconnaissance à ceux qui ont contribué par leur libéralité aux frais d'impression de ce mémoire, au Ministère de l'Instruction publique, aux Amis de l'Université de Lille, et surtout à la Société Géologique du Nord qui a consenti pour moi le plus généreux effort.

RECHERCHES
SUR LES
TERRAINS QUATERNAIRES
DU NORD DE LA FRANCE



INTRODUCTION

Les terrains quaternaires du Nord de la France n'ont jamais fait encore l'objet d'une étude stratigraphique d'ensemble basée sur les méthodes géologiques ordinaires, et en particulier sur la connaissance des formations marines qui, autant qu'il est possible, doivent servir de base à la classification des différents étages de la série sédimentaire.

Toutes les classifications locales qui ont été proposées jusqu'à présent sont à cet égard très insuffisantes. La plupart ont en effet pour bases principales soit la distinction des divers limons, soit la distribution stratigraphique des différents types d'industries humaines.

La classification de Ladrière, fruit d'un labeur considérable et de minutieuses observations, est basée presque uniquement sur les caractères lithologiques des limons. V. Comont puis M. A. Rutot ont apporté à cette classification les premiers perfectionnements: ils ont fait intervenir la notion de terrasse et ont tenu grand compte des données de la paléontologie. Peut-être ont-ils attribué une importance exagérée à l'archéologie préhistorique, admettant, avec nombre de géologues et d'archéologues, que les industries humaines se sont succédé dans un ordre déterminé, toujours le même, au moins en Europe occidentale, et peuvent servir de base à la classification des temps quaternaires. Les pierres taillées sont devenues des « *fossiles caractéristiques* » des différents terrains quaternaires qui ont reçu le nom des industries qu'on croyait pouvoir y localiser.

Plusieurs préhistoriens se sont élevés contre cette conception (1); ils ont démontré que des ustensiles de types industriels différents ont pu être employés simultanément ou alternativement dans une même région, et que la succession chronologique des types industriels diffère dans des régions, même peu éloignées.

(1) Cf. en particulier. J. DE MORGAN [2] L'humanité préhistorique; voir aussi les notes de VAYSON [1] La plus ancienne industrie de St-Acheul; — [2] Etude des outillages en pierre.

Il peut être utile, dans le Nord de la France, de tenir compte pour la reconnaissance stratigraphique des dépôts quaternaires, des grandes divisions archéologiques: paléolithique, néolithimétallique, (1) gallo-romaine et post-gallo-romaine. Mais c'est un risque d'erreurs que de vouloir utiliser, comme fossiles caractéristiques les variétés de ces grands types archéologiques.

Les classifications générales ou régionales proposées par MM. M. Boule (2), E. Haug (3) A. Briquet (4) enregistrent un progrès sur les classifications principalement basées sur l'archéologie, parce qu'elles tiennent compte des stades de creusement des vallées, des modifications fauniques successives, et pour une large part, des phénomènes glaciaires. Mais les tentatives qui ont été faites pour synchroniser *directement* les formations glaciaires du Nord de l'Europe et des Alpes avec les dépôts continentaux (terrasses fluviales et limons) du Nord de la France, ont donné des résultats insuffisants; le synchronisme ne peut être tenté que par voie indirecte, en faisant intervenir au préalable les relations entre ces dépôts glaciaires et les formations marines.

Classification de de Mercey. — Une classification locale du plus haut intérêt avait été proposée en 1875 par de Mercey (5), pour les terrains quaternaires du bassin de la Somme; elle reposait sur des bases extrêmement rationnelles. Elle est tombée dans l'oubli rapidement, en raison de la plus grande simplicité apparente de la classification de Ladrrière, et aussi du succès général de la classification préhistorique.

Dans sa classification, de Mercey a attribué une grande importance d'une part aux formations marines connues sur la côte Picarde, et d'autre part aux associations fauniques des différents dépôts continentaux. Il avait proposé la distinction des étages suivants : *Carnutien, Ambianien, Hesbayen, Néerlandien.*

Le *Carnutien* est préglaciaire; il est représenté par des alluvions anciennes à *E. meridionalis*; sa faune est tempérée arctique.

L'*Ambianien* est interglaciaire, et contient *E. primigenius*; il est représenté par les alluvions anciennes du flanc des vallées et un cordon littoral ancien, et correspond au paléolithique à éclats.

L'*Hesbayen* correspond au développement de la faune froide (Renne) et sa fin est marquée par le dépôt des limons dont l'origine est supposée être glaciaire. Il correspond en partie au paléolithique à lames.

Le *Néerlandien* est postglaciaire; il est marqué par la fixation du littoral moderne, avec faune actuelle, par le dépôt d'alluvions modernes, et il correspond assez bien à la civilisation néolithimétallique.

(1) La pierre polie a été généralement employée jusqu'à l'époque du fer. Le bronze est presque totalement inconnu dans certaines vallées du Nord. (Cf. GALLE. Stations néol. vallée de la Deule).

(2) La plus récente dans BOULE [3] Les Hommes fossiles, 1923, p. 48-49.

(3) HAUG, Traité de Géologie, II, fasc. 3, 1911, p. 1776.

(4) BRIQUET [14] et [15] C. R. somm. S. G. F., 1921, p. 161 et 172.

(5) DE MERCEY [2] Classif. quat. en Picardie, 1875.

Les critiques susceptibles d'être adressées à ce système sont évidemment nombreuses : le *Carnutien* correspond au Sicilien et sans doute à tout ou partie des étages actuellement reconnus : Milazzien et Tyrrhénien ; l'*Ambianien*, qui correspond assez bien au Monastirien est insuffisamment délimité ; l'*Hesbayen* ou *étage des limons* correspond en partie à la base de l'étage *Néerlandien* ou *étage des alluvions modernes* ; celui-ci est également mal défini.

En résumé, aucun des termes de la classification de de Mercey n'a été suffisamment défini pour pouvoir être repris et appliqué à l'une des subdivisions actuellement reconnues de la masse quaternaire ; mais il convient de rappeler cette intéressante classification qui, bien que datant de 1875, avait été élaborée avec une largeur de vue des plus remarquables.

Mais depuis cette époque, dans la région scandinave, les géologues ont établi les données très précises d'une échelle stratigraphique des terrains quaternaires basée principalement sur la connaissance des faunes marines successives, et c'est en Danemark que les progrès les plus récents ont été faits en ce sens.

D'autre part, la grande plaine maritime du nord-ouest de l'Europe, dont l'extrémité méridionale se trouve à Sangatte, peut être suivie jusqu'en Danemark.

C'est pour ces différentes raisons que, ayant repris après Prestwich, Gosselet, MM. Ch. Barrois, A. Briquet, l'étude détaillée des formations quaternaires marines du Nord de la France, j'ai tenté de les comparer aux formations similaires du Danemark, que je suis allé étudier sur place. (1)

Cependant, une série de recherches récentes permettaient à M. Depéret de proposer dès 1918 une classification du quaternaire basée sur la distinction des quatre cycles sédimentaires marins successivement emboîtés l'un dans l'autre, particulièrement nets dans le bassin méditerranéen, et susceptibles d'être suivis sur les côtes atlantiques françaises.

L'*Ambianien* de de Mercey, que je me proposais d'employer à nouveau, se trouve être pratiquement synonyme du *Monastirien* de M. Depéret ; ces deux termes s'appliquent aux cordons de galets anciens dits « galets du Crotoy » ainsi qu'aux sables marins de la « plage soulevée de Sangatte » ; j'ai estimé toutefois que le terme *Monastirien*, très exactement délimité, devait être adopté plutôt que le terme *Ambianien*, insuffisamment défini.

Je n'aurais su faire aucune application précise du terme *Carnutien* et j'ai donc admis les termes *Sicilien*, *Milazzien* et *Tyrrhénien*, dont l'emploi a été proposé par M. Depéret.

Mais dans sa classification, M. Depéret n'a pas tenu compte des dépôts quaternaires les plus récents ou holocènes, qu'il a exclus du Quaternaire. Pourtant un cycle de sédimentation, analogue aux cycles antérieurs, peut être mis en évidence sur les côtes occidentales et septentrionales de France ; il a commencé à la fin des temps pleistocènes et s'est continué tardivement jusqu'au cours des temps historiques. J'ai été

(1) J'ai pu étudier également les formations quaternaires du Norfolk. Mais on sait qu'elles sont très anciennes ; elles ne présentent pas de terme marin correspondant dans le Nord de la France.

amené à décrire en détail les dépôts appartenant au dernier cycle sédimentaire, à les suivre depuis la Belgique jusqu'au Poitou et à leur appliquer le terme *Flandrien*, de création déjà ancienne, en précisant à nouveau ce terme dont la signification avait été déformée depuis sa création.

J'avais effectué, en vue du classement géologique des limons et alluvions des vallées, l'étude détaillée des faunes mammalogiques du Nord de la France. J'ai le regret de ne pouvoir l'insérer ici pour des raisons budgétaires et de devoir me borner à indiquer le plus sommairement possible la position stratigraphique de quelques-unes de ces formations continentales.

CHAPITRE I

Le Calaisis et la Côte de Sangatte

§ 1. — LA PLAINE MARITIME FLAMANDE : ASPECT GÉNÉRAL ET SUBDIVISIONS. HISTORIQUE.

La vaste plaine maritime qui s'étend dans le N. W. de l'Europe à travers les Pays-Bas jusque dans la région balte, offre son extrémité S. W. dans le Calaisis à Sangatte. La partie de cette plaine comprise entre Sangatte et les bouches de l'Escaut constitue, sur 130 km. de longueur, la *Flandre maritime* ou *Plaine maritime flamande*, dont l'étude géographique détaillée a été faite par M. Blanchard. (1)

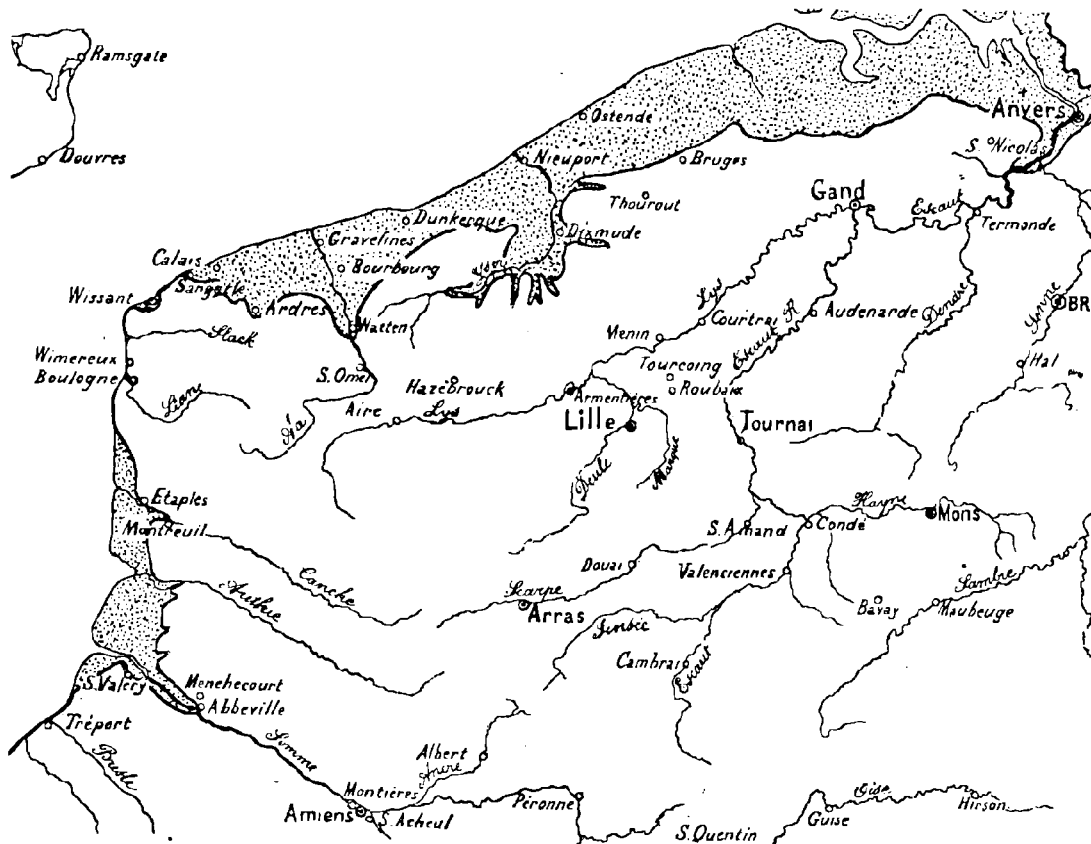


FIG. 1. — La Plaine maritime flamande et la Plaine maritime picarde

(1) BLANCHARD [4] La Flandre.

La Plaine maritime flamande n'a que 3 km. de large entre Calais et Coquelles. A Coquelles, l'ancien rivage crayeux qui limite la plaine au S., va décrire un large golfe entre Fréthun et Audruieq: c'est le golfe d'Ardres où la plaine atteint une largeur de 14 km.; la plaine s'élargit encore jusqu'au débouché de l'Aa à Watten, où elle offre une largeur de 20 km. Mais à Bergues, l'ancien rivage n'est plus distant du front de mer actuel à Dunkerque, que de 9 km. Toute la partie de la Plaine maritime qui vient d'être envisagée, et qui se trouve en territoire français est commodément désignée sous le nom de *golfe de l'Aa*, en opposition avec la partie de la plaine située au N. E. de Dunkerque, qui forme le *golfe de l'Yser*, en territoire belge, et au delà de Bruges les plaines de l'Escaut et du Rhin.

L'étude géologique de la Plaine maritime flamande a été tentée par Belpaire dès 1827 ; ce savant s'est préoccupé des « changements que la côte d'Anvers à Boulogne a subis depuis la conquête de César jusqu'à nos jours ». En rééditant ce mémoire en 1855, Belpaire fils a cherché à étendre le problème à toute la Plaine maritime du N. W. de l'Europe, par des vues souvent théoriques. (1)

Dans les années qui suivirent 1870, Gosselet et M. H. Rigaux ont repris la question au point de vue local, avec le concours de Debray puis de Ladrière et, se basant sur la récolte de nombreux documents géologiques et archéologiques, ont démontré que la Plaine maritime flamande, habitée à l'époque quaternaire, avait été envahie par la mer après le III^e siècle, et que, en outre, après une période d'assèchement, le pays d'Ardres avait de nouveau été inondé vers le XIII^e siècle. (2)

Plus récemment encore, M. Rutot a étudié les mêmes questions pour la partie belge de la Plaine maritime (3), et MM. Delépine et Blanchard ont montré l'importance morphogénique des cordons littoraux anciens, principalement dans le golfe de l'Aa. (4)

Les formations marines les plus anciennes de la plaine ont été principalement étudiées par Prestwich, MM. Barrois, Briquet et Bouly de Lesdain (5)

L'étude géologique détaillée de toute la Plaine sortirait du cadre stratigraphique que je me suis tracé. Dans le présent mémoire, j'ai surtout pris en considération le golfe de l'Aa et plus particulièrement encore le Calaisis dont j'ai relevé la constitution géologique en y pratiquant de nombreux sondages. C'est en effet aux environs de Calais que l'on peut observer avec la plus grande netteté les lignes de rivage successives qui se sont établies au cours de la formation de la plaine; plusieurs sondages profonds permettent, aux abords de Calais, d'établir l'ordre de superposition des couches profondes de la plaine. Ce n'est guère qu'en ce qui concerne la connaissance de ces dernières que j'ai été amené à faire appel à des documents fournis par des sondages opérés en dehors du Calaisis, et en particulier à ceux des environs d'Ostende.

(1) BELPAIRE Ant. Mém. changemens que la côte d'Anvers a subis 1827. Antoine et Alphonse BELPAIRE. Plaine Maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark, 1855.

(2) DEBRAY [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]; — GOSSELET [1, 2, 4, 7, 9, 10, 11]; — GOSSELET et LADRIÈRE; — GOSSELET et RIGAUX; — HENRI RIGAUX 1, 2, 3, 4].

(3) RUTOT [4, 7].

(4) DELÉPINE 1, 2; — DELÉPINE et LEBEAU; — BLANCHARD [1, 2].

(5) PRESTWICH [1, 4, 5, 7]; — BARROIS 3, 4, 17]; — BRIQUET [2, 6, 9, 16]; — BOULY de LESDAIN [1, 2].

§ 2. — LE CALAISIS

Définition. — Le Calaisis n'est pas une unité géographique ; c'est simplement : le pays des environs de Calais. Pratiquement, il correspond à la pointe occidentale de la Plaine maritime flamande (avec les pentes crayeuses avoisinantes), pointe riche en cordons littoraux anciens, de Sangatte à Marek et aux Attaques ; au S. E. on a peine à le délimiter du pays d'Ardres, bordé de côteaux tertiaires, dont la structure géologique est bien connue depuis les recherches de Debray sur les tourbières.

Caractères géographiques. — Les hauteurs du Blanc-Nez et des Noires-Mottes (Crétaécé et Diestien) dominant la plaine à l'alt. 146 m. Ces hauteurs s'abaissent peu à peu vers l'E. jusqu'au moulin de Coquelles, plus rapidement ensuite jusqu'à la Tourelle. C'est à la Tourelle que le rivage crayeux dessine un cap (cap de Coquelles) à l'abri duquel se cache le petit golfe de Fréthun. A Hames, un nouveau cap peu saillant constitue le bord N. du golfe de Guines et d'Ardres.

Au S. et au S. E. de Calais surgissent dans la plaine deux massifs caillouteux isolés de l'ancien rivage qui vient d'être décrit ; on les appellerait *pruques* en Picardie ; *îles*, dans le Marais Poitevin, et effectivement, l'un d'eux a reçu autrefois le nom d'*île*. Ce sont les bancs de *Coulogne* et des *Attaques*, dont l'altitude atteint respectivement + 8 m. et + 5 m.

De Sangatte à Calais, on peut suivre, d'autre part, un massif de galets, nommée *banc des Pierrettes*, atteignant lui aussi une altitude voisine de + 5 m., et qui se prolonge à l'E. par le *banc de sable de Marck*.

Le banc des Pierrettes délimite deux régions naturelles très différentes, dans le Calaisis. Au N. s'étend un *pays de polders*, ou d'anciens polders, dont l'altitude est voisine de + 4 m., et que j'ai nommé *Calaisis antérieur* pour indiquer sa situation par rapport au banc des Pierrettes. (1).

Au S., abrité derrière le banc des Pierrettes, s'étend un pays de prairies à l'W. de Calais, de prairies et de champs à l'E. de Calais, et que j'ai appelé *Calaisis postérieur*, pour la même raison. Le Calaisis postérieur *oriental* (de Coulogne à Marek) présente un sol sableux, atteignant une alt. voisine de + 3 à + 4 m. Le Calaisis postérieur *occidental* (de Sangatte à Fréthun et Guines), ou *marais*, présente un sol argilo-tourbeux ; en certains points, il est occupé par des marais, en d'autres par des prairies humides, rarement par des champs ; son altitude qui ne dépasse pas + 3, reste ordinairement voisine de + 2,50 ou + 2 ; quelquefois elle est plus basse encore (+ 0,61 entre Calais et la Tourelle). Une chaîne de dunes borde le littoral actuel de Sangatte à Calais ; elle devient multiple à l'E. de Calais.

Le massif crayeux du Blanc-Nez est sectionné par le rivage actuel, en une belle falaise (falaise de Sangatte), qui montre une falaise morte, un cordon littoral ancien, ainsi que des limons.

(1) DUBOIS 9 Résultats d'une campagne de sondages. A. S. G. N., t. XLVI, 1921, p. 72, p. 74.

Aspect du Calaisis, vu de la mer. — Lorsque l'on traverse le détroit et qu'on approche des côtes françaises, venant de Douvres, on voit surgir d'abord la masse du Blanc-Nez et des Noires-Mottes, qui se suit à l'E, jusqu'à Coquelles. Si le temps est un peu brumeux, on a l'illusion que la falaise du Blanc-Nez se prolonge jusque là (le rivage actuel de Sangatte restant caché par le brouillard). On peut ainsi se figurer l'aspect que pouvait avoir la falaise ancienne (monastirienne), actuellement dissimulée, entre Sangatte et Coquelles, par des éboulis et des formations limoneuses. Je donne ci-joint un croquis panoramique de cet aspect de la côte du Calaisis.

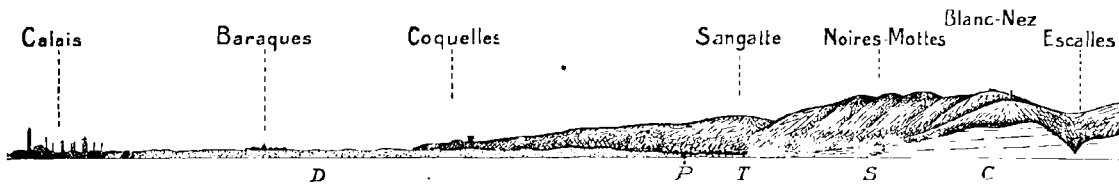


FIG. 2.— Croquis panoramique demi schématique de la côte calaisienne (pris en mer).

LÉGENDE. — C, crétacé; — S, plage suspendue (Monastirien); — T, tourbe submergée du Calaisis postérieur; — P, section par le littoral actuel du cordon littoral des Pierrettes (Flandrien); — D, dunes du littoral actuel.

§ 3. — PLAGES ET CORDON LITTORAL ACTUELS DE SANGATTE A CALAIS.

Avant d'étudier les cordons littoraux anciens du Calaisis, il convient de prendre connaissance des caractères physiques et fauniques des formations littorales actuelles entre Sangatte et Calais.

A. Cordon littoral actuel. — Au pied de la falaise du Blanc-Nez la plage est recouverte par un large cordon littoral formé de gros galets dont l'altitude moyenne est de + 4. Ce banc de galets se prolonge, en temps ordinaire, au pied de la digue de Sangatte. Près de la mairie de Sangatte, son altitude est généralement voisine de + 3, altitude qui tend encore à diminuer vers Calais, en même temps que le banc s'appauvrit en galets et que le calibre de ceux-ci diminue. A Calais même les galets sont souvent cachés par le sable; leur acheminement vers l'E. est d'ailleurs interrompu par les jetées du port.

Les altitudes indiquées sont des moyennes approximatives, à la fois locales et saisonnières; il n'est pas rare en effet d'observer, le long d'un segment de côte d'une centaine de mètres, des ondulations de la surface du cordon de galets, susceptibles d'atteindre 1 m. d'amplitude; de plus en un point donné, l'altitude du cordon littoral subit des variations en rapport avec les coefficients de marée, la direction des vents, l'état de la mer, ainsi que j'ai eu l'occasion de le rappeler en étudiant les tempêtes de 1921 et leurs effets dynamiques et morphologiques sur le rivage de Sangatte. (1).

Les galets du littoral actuel sont en grande majorité en silex provenant de la craie; beaucoup d'entre eux n'ont d'ailleurs pas été arrachés directement à la masse crayeuse, mais ont leur origine dans le remaniement des galets quaternaires du cordon littoral ancien, ou des amas de silex inclus parmi les limons qui recouvrent ce cordon littoral ancien. Effic-

(1) DUBOIS G. [11, 12] Tempêtes Sangatte, *C. R.*, 1922 et *A. S. G. N.*, t. XLVII, 1922, p. 14-15, p. 17.

tivement, le cordon littoral actuel est considérablement plus large et plus épais au pied de la falaise formée de dépôts quaternaires qu'au pied de la falaise crayeuse.

On trouve aussi, en grande abondance des galets plats à surface parfois un peu ondulée, et constituée par du grès ferrugineux identique à celui qui couronne les Noires Mottes (Diestien). Ces galets sont eux aussi empruntés aux formations quaternaires de la falaise dans lesquelles ce grès ferrugineux abonde, soit à l'état de galets (dans le cordon littoral et les sables marins quaternaires), soit à l'état de blocs irréguliers (dans les limons). Plus rarement peuvent être observés des galets de craie cénomaniennne, de grès verts albiens provenant de Wissant, et de grès calcaireux portlandiens de provenance boulonnaise.

Outre ces galets dont l'origine est locale, le cordon littoral actuel présente des galets d'origine exotique constitués en particulier par des roches cristallines ou schisto-cristallines très variées. J'aurai à revenir plus loin sur la question de l'origine de ces galets exotiques; je me contenterai d'indiquer ici: 1° que les galets exotiques du cordon littoral actuel sont constitués généralement par des roches fraîches, non cariées; 2° qu'ils sont relativement fréquents; 3° qu'une partie d'entre eux seulement paraît dériver de roches armoricaines.

Il y a lieu de mentionner enfin les galets constitués par des produits de l'industrie humaine tels que ciment, brique, tuile verre, scorie. (†).

Faune subfossile du cordon littoral actuel. — La faune subfossile du cordon littoral actuel est pratiquement nulle près de Sangatte, les coquilles étant triturées par les galets. Près de Calais, on trouve des coquilles parmi les graviers. Ce sont les mêmes que celles des sables de la plage.

B. Plage. — Au pied du cordon littoral formé par l'apport des hautes mers de vive eau s'étend une plage dont l'aspect varie avec le coefficient de la marée, la direction et la force du vent. Elle est sableuse, parsemée de galets dont le nombre est considérable, surtout lors des marées à faible coefficient et par vent N. ou N. E. A l'E. de Calais, le sable de la plage est fortement mélangé de vase.

Au pied même du Blanc-Nez, l'estran n'atteint pas 250 m. de large aux plus basses marées: il est constitué par des affleurements de craie plus ou moins recouverts de sable.

En face de l'ancien cordon littoral quaternaire, l'estran mesure 300 ou 350 m. aux marées les plus basses; il est formé de sable et de craie cénomaniennne et turonienne affleurant en une plate-forme assez régulière vers l'altitude — 2 à — 3. On peut suivre ces affleurements de craie un peu marneuse blanche, jusque par le travers du Chemin Croisé où l'estran possède une largeur voisine de 500 m.

Dans des circonstances favorables, M. Briquet a pu récolter en ce point, à marée basse des blocs de poudingue fossilifère qui semblent indiquer que les sables marins quaternaires, visibles dans la falaise, se prolongent sous la plage vers le N. N. E. jusqu'ici.

En face du bourg de Sangatte, l'estran mesure 600 m. aux plus basses mers. Il est

(1) Ces produits doivent toujours être recherchés avec soin dans les cordons littoraux situés un peu au-dessus des cordons littoraux actuels et auxquels on serait tenté d'attribuer, en raison de leur altitude, un certain degré d'ancienneté. La découverte d'un de ces produits à l'état de galet peut éviter une bien fâcheuse méprise. Si le ciment, la brique, la tuile, le verre, peuvent manquer dans les cordons littoraux actuels en certains points peu habités du littoral, les scories semées par les navires dans toutes les mers manquent rarement.

extrêmement sableux; mais dans des circonstances favorables, au pied de la digue on peut observer de la tourbe sous les sables vers l'alt. + 2,25 à + 2.50.

Entre Sangatte et Calais, l'estran est essentiellement sableux sauf près de la mairie de Sangatte, où l'on observe parfois un peu d'argile de polders recouvrant une mince lame de tourbe.

Caractères lithologiques des sables de la plage de Sangatte. — Ce sont des sables formés de grains de quartz toujours bien roulés, pigmentés de teintes limonitiques très pâles; leur diamètre moyen varie de 300 à 500 μ ; la glauconie est abondante, non altérée en grains de 150 à 200 μ . Il n'y a pratiquement pas d'autres minéraux colorés; le mica est d'une rareté extrême.

Faune actuelle de la plage de Sangatte. — Les Mollusques susceptibles d'être récoltés vivants à Sangatte se réduisent à quelques espèces : *Mytilus edulis* L., c; *Tellina* (*Macoma*) *ballhica* L., c; *Tapes pullastra* Mont, c; *Littorina obtusata* L., r; *Littorina littorea* L. r.; *Maetra solida* L., r, qui se rencontrent près des rochers crayeux situés au pied du Blanc-Nez.

La faune subfossile (1) est beaucoup plus riche et présente d'ailleurs des caractères assez remarquables.

Ainsi au cours de mes nombreuses courses sur la plage, (2) j'ai toujours été frappé de l'abondance des valves déparcellées de *Zirphaea crispata* L., la grande Pholade boréale. Elles abondent ici sur l'estran. Mais on trouve surtout cette espèce, bivalve, bien que morte, dans les gros galets de craie qui jonchent la plage près des rochers crayeux en face de la falaise et dont beaucoup sont criblés de cavités creusées par la Pholade; les deux valves réunies se trouvent au fond des cavités. On est réellement en droit de dire que *Zirphaea crispata* L. constitue le « fossile caractéristique » des sables actuels de la plage de Sangatte.

J'ai dressé ci-dessous une liste des coquilles subfossiles de la plage de Sangatte.

Les espèces sont rangées par ordre de fréquence avec l'indication de leur degré d'abondance ou de rareté. En outre, j'ai rappelé les affinités climatiques de chacune d'elles au moyen des lettres A, B, L, en les classant, selon leurs extensions géographiques respectives en espèces *arctiques*, *boréales*, *lusitaniennes*. (3).

(1) J'entends désigner par ce terme les coquilles rejetées à la surface de la plage ou enterrees à faible profondeur dans le sable de la plage.

(2) Effectuées d'ailleurs en toutes saisons, après des périodes de grand calme, aussi bien qu'après les hautes marées d'équinoxes ou de tempêtes.

(3) Cette classification est un peu arbitraire. Elle a cependant rendu d'importants services aux géologues scandinaves qui l'utilisent habituellement au cours de leurs comparaisons fauniques des diverses formations quaternaires.

Dans cette classification on ne tient pas seulement compte de l'aire générale d'habitat de chacune des espèces et des limites de cette aire, mais aussi des régions où l'espèce considérée est à la fois très abondante et très typique.

Ainsi *Cardium edule* L. vit en Méditerranée et dans les Mers Océaniques depuis le Sénégal jusqu'en Islande. (De Ламонье [2] Faune ligne de rivage de 148 m., p. 57). Malgré cette extension septentrionale, le *C. edule* est pourtant une forme nettement *lusitanienne*.

Voici un autre exemple : *Mya truncata* L., qui est fréquente sur les rivages de la Mer du Nord, comme dans la Manche et sur nos côtes océaniques, a été signalée jusqu'aux abords de Gibraltar (Cf. Gigoux. Formations marines, p. 130); son domaine principal est pourtant situé dans les mers arctiques; elle est en conséquence classée comme arctique.

<i>Cardium edule</i> L. (cc)	L	<i>Purpura lapillus</i> L. (r)	B
<i>Zirphaea crispata</i> L. (cc)	B	<i>Mactra stultorum</i> L. (r)	L
<i>Tellina balthica</i> L. (cc)	B	<i>Littorina littorea</i> L. (r)	B
<i>Tapes pullastra</i> Mont. (cc)	B	<i>Littorina obtusata</i> L. (r)	B
<i>Donax vittatus</i> L. (c)	L	<i>Scalaria communis</i> Lmk (r)	L
<i>Mactra subtruncata</i> D. C. (c)	L	<i>Murex erinaceus</i> L. (r)	L
<i>Mya truncata</i> L. (c)	A	<i>Laevicardium norvegicum</i> Sp. (r)	L
<i>Mytilus edulis</i> L. (ac)	B	<i>Arca lactea</i> L. (r)	L
<i>Mactra solida</i> L. (ac)	B	<i>Ostrea edulis</i> L. (r)	L
<i>Pecten varius</i> L. (ac)	L	<i>Modiola modiolus</i> L. (r)	B
<i>Hydrobia ulvae</i> Penn. (ac)	B	<i>Patella vulgata</i> L. (r)	B
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm. (ac)	L	<i>Barnea candida</i> L. (rr)	L
<i>Buccinum undatum</i> L. (r)	B	<i>Trivia europaea</i> Mont. (rr)	L
<i>Nassa reticulata</i> L. (r)	L		

On doit ajouter à cette liste un Annélide Polychète : *Polydora ciliata* Johnston qui est connu par les nombreux cavités en « trous de serrure » dont il a perforé la plupart des galets de craie que l'on ramasse sur la plage. (1). Cet Annélide de la famille des Spionidiens a un habitat essentiellement littoral, mais vit à des profondeurs voisines de 10 m. On le connaît dans les mers arctiques (Spitzberg), la Mer du Nord, la Manche, l'Atlantique, la Méditerranée, l'Océan Pacifique. (2).

Cette faune offre un mélange à peu près égal de types boréaux et de types lusitaniens. C'est d'ailleurs ce qu'on peut en général observer sur nos plages et nos cordons littoraux de Picardie et de Flandre.

C. Fonds marins littoraux. — Au large du Blanc-Nez, on connaît des fonds rocheux, pierreux ou sableux de 10 à 15 m. de profondeur. Les sables coquilliers y sont rares.

A 1.500 m. environ au large de la côte, se trouve le banc de Rouge Riden où le tirant d'eau aux plus fortes marées basses n'est en certains points que de 1 m. Un étroit couloir avec fonds de 10 à 16 m. sableux et coquilliers sépare le Rouge Riden des Quénoes dont la cote de profondeur est de 2 m. 30 (à 2 km. 300 de la côte).

Les fonds marins s'abaissent alors rapidement jusqu'à la profondeur 32 à 35 m., pour se relever ensuite très légèrement, en constituant des fonds sableux ou rocheux peu ondulés, sur une grande étendue.

Le Rouge Riden et les Quénoes paraissent correspondre à un emplacement ancien du massif du Blanc-Nez. (3).

Vents. Courants et Marées. — Les vents dominants sont les vents d'W.

(1) L'attention a déjà été attirée plusieurs fois sur ces perforations et sur leur intérêt au point de vue géologique. Je rappelle l'indication ancienne donnée à ce sujet par LEROI (Cailloux perforés par un Annélide, *A. S. G. N.*, t. II., 1875, p. 73-74. Consulter DOUVILLÉ. 1 Perforations d'Annélides, *B. S. G. Fr.*, 4 S, t. VII, 1. 07, p. 316-370, fig. 1, 6. — et CALMAN W. T. Marine boring animals, *Brit. Mus.* 1919, p. 28. fig. 17-18

2 FAYVEL. Annélides polychètes. *Camp. Sc Albert I^{er}*, fasc. XLVII, 1914, p. 220.

(3) Le Banc à la Ligne avec la Barrière, se trouve plus à l'W, en face de Wissant ; l'Out-Ruytingen, se trouve au contraire plus à l'E., en face de Calais

La direction du courant de flot est S.W.-N. E. ; sa vitesse, de 2 m. 15 par seconde, lors des marées moyennes de vive eau.

Le courant de jusant est au contraire E. N. E.-W. S.W. ; sa vitesse est de 2 m. 05, en vive eau moyenne.

Le courant de flot est dominant et l'Ingénieur Plocq (1) a montré que les sédiments se déplacent de l'W. vers l'E. sur le littoral Calaisien, et d'une façon générale, de la Manche vers la mer du Nord.

Les conditions de transport des sédiments se modifient selon la direction des vents. Si le vent est N.-E., la sédimentation est favorisée sur le littoral Calaisien ; si le vent est W., N.-W., ou W.-N.-W., la sédimentation est réduite, la puissance de transport et la puissance érosive de la mer sont au contraire considérables ; si le vent est S.-W., c'est surtout la puissance de transport du flot qui est favorisée.

La marée haute atteint en vive eau d'équinoxe une altitude voisine de + 3^m30 ; on cite d'ailleurs des marées exceptionnelles ayant atteint l'altitude de + 5^m50. (2)

(1) Plocq. Courants et marches des alluvions aux abords du détroit, 1863.

(2) Voir pour ces différents détails hydrographiques : ARON, *Ports Maritimes de la France*, I. 1874, Calais, p. 196-200 ; et ARON, CHARGUÉRAUD et BODIN. *Ibid.*, Notice sur le Port de Calais, 1904, p. 1-3.

CHAPITRE II

La falaise de Sangatte

§ 1. — GÉNÉRALITÉS ET HISTORIQUE.

Bien que cette falaise ait fait l'objet de nombreuses recherches et de nombreuses publications, son importance au point de vue des formations quaternaires de la plaine maritime m'a engagé à l'étudier à nouveau dans ses plus petits détails de structure.

Historique. — La falaise de Sangatte a été visitée par un grand nombre de géologues, de sorte qu'une littérature considérable s'y rattache. Je ne rappellerai ici que les recherches et travaux les plus importants. Nous devons à Prestwich la première coupe de la falaise de Sangatte (1) en 1851 :

Dans cette coupe il décrit la falaise morte, le soubassement de craie situé au pied de cette falaise et surmonté par 4 à 8 pieds de galets de silex d'assez forte taille, roulés et usés, dont il signale l'origine marine; puis il décrit les couches qui recouvrent les lits marins, soit 50 à 60 pieds d'un mélange de craie, de sable et de silex avec bancs irréguliers de graviers et 20 à 25 pieds de silex anguleux avec blocs plats de grès ferrugineux et quelques galets roulés à pâtime verte; elles s'observent, dit-il, sur environ un demi-mille jusqu'à Sangatte. La falaise morte a 80 pieds de haut; la falaise quaternaire n'a plus que 10 pieds de haut à Sangatte.

Cette coupe est restée classique et a été reproduite fréquemment.

En 1865, Prestwich, visitant à nouveau la falaise de Sangatte, récolte deux cailloux de roche granitique dans les sables marins (2) Il émet l'hypothèse que ces roches granitiques proviennent directement de la région armoricaine, ou qu'elles ont été remaniées de couches plus anciennes dans lesquelles elles se trouvaient déjà à l'état de galets (*Lower green sand* ou *Boulder Clay*).

La présence de ces galets dans les couches de Sangatte soulevait une question d'une exceptionnelle importance à cette époque où l'on ne connaissait pas le rythme des oscillations du niveau marin durant les temps quaternaires, et où l'on était très préoccupé de savoir à quelle époque l'Angleterre avait été séparée du continent ; s'il était prouvé que ces roches granitiques provenaient directement de la région armoricaine, on devait en conclure qu'à l'époque pleistocène, l'Angleterre était déjà séparée du continent. Malheu-

(1) PRESTWICH J. [1] On the Drift at Sangatte Cliff near Calais, *Q. J.* 1851, p. 274-278, 1 fig.

(2) PRESTWICH [44] Additional observ. *Q. J.*, 1865, p. 440-442, 1 fig.

reusement, Prestwich, en retournant à Calais, perd ses deux échantillons, ce qui le rend moins fort pour discuter cette question.

C'est aussi au cours de cette visite de 1865, qu'il constate l'existence du loess dans la falaise, et y récolte des coquilles terrestres dont Gwyn Jeffreys effectue la détermination.

Peu de temps après, le docteur Robbe de Sangatte, trouve des restes d'*Elephas primigenius* dans le diluvium de la falaise (1), et plus tard des mollusques dans les sables marins.

En 1880, M. Barrois donne connaissance de cette faune marine dans une note de première importance où sont étudiées les relations de cette faune avec celle des « *raised Beaches* » de l'Angleterre. (2)

Il y a lieu de mentionner que pendant ce temps, MM. Whitaker et Topley trouvaient, en 1865, un silex taillé aux abords de la falaise, et l'anthropologiste Hamy un silex (du type *Moustérien*) *in situ* dans le diluvium.

En l'année 1880, à l'occasion de la session extraordinaire de la Société Géologique de France, à Boulogne-sur-Mer, sont publiées plusieurs notes récapitulatives sur le quaternaire de Sangatte. (3).

En 1893, Prestwich rédige un important travail d'ensemble sur les derniers mouvements relatifs de la terre et de la mer en Europe et donne une coupe de la falaise de Sangatte dans laquelle il indique schématiquement les points où ont été trouvés les coquilles terrestres, les ossements et le silex paléolithique de Hamy. (4)

Les descriptions et coupes publiées en 1899, à l'occasion du xxviii^e congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, et en 1900, à l'occasion du viii^e congrès géologique international, n'apportent aucune précision nouvelle relativement à la structure de la falaise.

En 1905, M. Clément Reid (5) fait présenter à la Société Géologique du Nord un bloc de granite rose à grains fins avec mica noir et un peu d'amphibole altérée, du type armoricain, trouvé par lui 15 ans auparavant à Sangatte, enrobé de loess. Mais le fragment semble avoir été ramassé dans un éboulement de la falaise et son gisement exact est difficile à établir.

En 1919, au cours d'une excursion de la Faculté des Sciences de Lille, plusieurs excursionnistes récoltent quelques cailloux de granite rose, *in situ*, dans les sables marins.

En 1921, au cours d'une excursion à Sangatte, MM. Van Baren, Oostingh et moi-même avons trouvé également *in situ* dans les sables marins un galet de granite rose (6). J'en ai retrouvé un autre depuis dans le banc de galets.

(1) CHELLONNEIX [3] *A. S. G. N.*, vol. 1, 1873, p. 39.

(2) BARROIS [3] *A. S. G. N.*, t. VII, 1880, p. 181-183.

(3) PRESTWICH [5] Notes et obs. théoriques sur plage de Sangatte. *B. S. G. F.*, 1880, p. 547-552. — BARROIS.

[4] Quat. côtes du Boulonnais. *B. S. G. F.*, 1880, p. 352-353. — SAUVAGE [1] Quat. Boulonnais. *B. S. G. F.*, 1880, p. 597-601, fig. 5.

(4) PRESTWICH [6] Evidences of submergence, *Phil. Trans.*, p. 908, fig. 1.

(5) REID [2] *A. S. G. N.*, t. XXXIV, 1905, p. 1-2.

(6) DUBOIS [8] Deux observations à Sangatte et Etaples. *A. S. G. N.*, t. XLVI, 1921, p. 40

Il reste à rappeler, pour terminer cet historique, les travaux de coordination géographique régionale publiés par M. Briquet, et les synthèses géologiques toutes récentes de M. Depéret, qui a rattaché les couches marines de Sangatte à son étage Monastirien.

Géologie générale des abords de la Falaise et repères topographiques (fig. 3). — Le bourg de Sangatte situé à 8 km. à l'W. de Calais, est constitué par une rue principale; à l'extrémité N. E. de celle-ci est bâtie la mairie avec quelques maisons formant le quartier du Cran ; à l'extrémité S. W. est bâtie l'église.

L'altitude à la mairie est de 4^m38 ; celle de l'église de 4^m37 (nivellement général). Au S. W. de l'église, la route de Wissant (chemin de grande communication n° 119) s'élève un peu (repère du niv. général 7^m36 à la villa « La Terrasse ») pour gravir les contreforts du Blanc-Nez. Elle passe à l'altitude 30^m devant les bâtiments encore debout de l'usine qui avait été construite en vue de l'établissement du tunnel sous la Manche. Ces bâtiments isolés constituent pour les habitants de Sangatte un lieu dit connu sous le nom du « Tunnel ». On verra plus loin qu'ils établissent pour l'étude de la falaise un repère topographique précieux.

A l'E. de la route se dressent les 3 Noires-Mottes formées de sables tertiaires (Diesien au sommet) alt. 146^m, à l'W. la butte crayeuse du Blanc-Nez, (alt. 138^m), au S. des hauteurs également crayeuses vers 156^m. Deux petits vallons secs descendent de ces hauteurs. L'un prend naissance au pied de la butte du Blanc-Nez, l'autre au pied de la côte 156; ils sont séparés par une crête crayeuse que suit la route et se réunissent un peu au S. du Tunnel.

La route s'élève jusqu'à un col situé à l'alt. 115 entre le Blanc-Nez et la côte 156. A partir de ce point, elle descend rapidement par des lacets jusqu'à Escalles (alt. 40).

A l'E. des Noires-Mottes, la chaîne de collines qui se dirige vers Coquelles, se maintient longtemps à une altitude voisine de 100^m. Cette chaîne est constituée par la craie sénonienne recouverte à la côte 104 d'un paquet de sables contenant des grès tertiaires remaniés.

Entre les Noires-Mottes et la côte 104 se trouve le petit col de Belle-Vue (alt. 90 environ) par lequel passait la route romaine de Théroüanne à Sangatte.

Lorsque l'on descend de ces diverses hauteurs vers la plaine, on suit d'abord des pentes assez rapides jusqu'à l'altitude 30 à 35^m. En-dessous de l'altitude 30^m les pentes des Noires-Mottes et du Blanc-Nez deviennent très douces. C'est d'ailleurs à partir de cette altitude que l'on quitte le sol crayeux et que l'on peut observer un sol de limons.

Ce n'est qu'entre les altitudes 5 et 3 que l'on passe de la pente limoneuse à la Plaine maritime proprement dite.

Repère du Tunnel. — J'ai signalé les bâtiments qui avaient été construits en vue de l'établissement du tunnel sous la Manche, entre le bord de la falaise et le chemin de Sangatte à Wissant, vers l'altitude + 30. Ils comprennent deux corps de bâtiments principaux, l'un S.W., l'autre N. E. Ces bâtiments sont visibles de la plage, à marée basse, à condition que l'on s'écarte du pied de la falaise. C'est sous l'extrémité occidentale du bâtiment le plus occidental du Tunnel que se trouvent, à quelques mètres près, la falaise morte quaternaire et les formations littorales anciennes de la plage suspendue (1) de Sangatte.

Falaise de Sangatte et du Blanc-Nez. — De Sangatte au Cran d'Escalles se développe sur 3700^m, la falaise de Sangatte et du Blanc-Nez.

(1) On a critiqué à juste titre l'expression « *plage soulevée* » qui a le défaut d'exprimer l'idée d'un soulèvement du continent, alors que fréquemment un tel soulèvement n'est pas démontré. Le terme « *plage suspendue* » indique uniquement la situation élevée, par rapport à l'altitude zéro actuelle, d'une formation littorale ancienne sans rien préjuger des causes qui ont contribué à l'établissement de cette situation topographique.

Le terme « *ligne de rivage* » convient pour désigner l'ensemble de toutes les plages suspendues de même âge, et s'applique d'ailleurs aussi bien aux cordons littoraux anciens noyés ou ensevelis sous des sédiments plus récents à une altitude inférieure au zéro actuel.

La falaise crayeuse du Blanc-Nez qui a une vingtaine de mètres au Cran d'Escalles (1), s'élève très rapidement jusqu'à l'altitude 100^m au cap Blanc-Nez (2). En ce point, elle est constituée par du Cénomaniens à la base recouvert de tout le Turonien, ainsi que le montrent les coupes levées par Chellonneix et par M. Barrois.

Au N. E. du cap, la falaise crayeuse s'abaisse d'abord très rapidement jusqu'à + 60, puis un peu moins vite jusqu'à + 30, c'est-à-dire jusqu'au Tunnel.

Les couches crétacées s'abaissant vers le N., près du tunnel, la falaise est constituée presque entièrement par du Turonien inférieur et moyen, sous lequel on ne voit plus que quelques mètres de

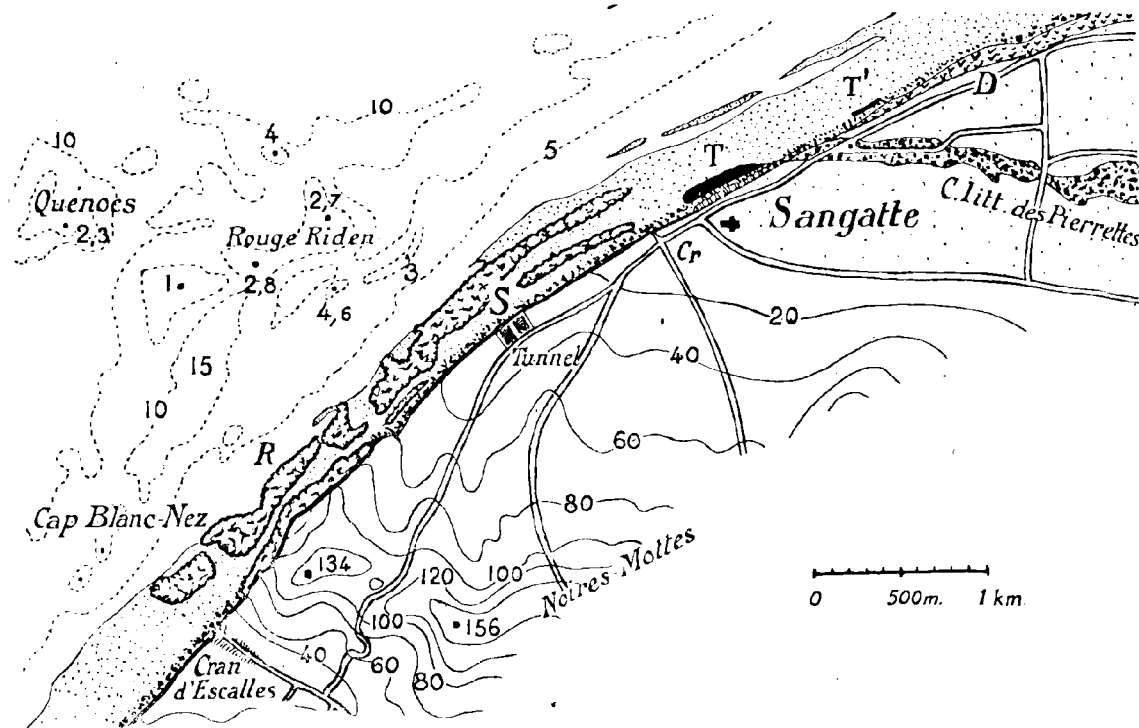


FIG. 3. — Carte des abords de Sangatte et du Cap Blanc-Nez.

LÉGENDE. — R, plate forme littorale crayeuse actuelle ; — S, falaise morte et plage suspendue ; — T, tourbe submergée au S. du cordon littoral des Pierrettes (Calaisis postérieur) ; — T', petit massif de tourbe submergée au N. du cordon littoral des Pierrettes (Calaisis antérieur) ; — D, dunes du cordon littoral actuel ; — Cr, Chemin-Croisé.

Topographie d'après les cartes de l'E. M., levé régulier au 1/20.000^e (cotes d'altitude comptées à partir du zéro moyen du nivellement général). -- Topographie sous-marine d'après les cartes marines cotes de profondeur comptées à partir du zéro des cartes marines ou niveau des plus basses mers, qui, ici est environ à l'alt. -3,30 du nivellement général.

(1) Le cran d'Escalles est une descente à la plage creusée artificiellement sur le flanc N.-E. d'une vaulesse dont le fond est occupé par un peu de diluvium recouvert par du limon de lavage. J'attribue le diluvium au Flandrien du fait qu'il n'est pas recouvert de limons autres qu'un limon de lavage. J'y ai trouvé une dent d'*Equus*.

(2) Le cap Blanc-Nez est en réalité très peu accentué ; il n'est marqué que par une légère inflexion de la côte de quelques degrés seulement et s'il est particulièrement visible de la mer, c'est principalement à cause de son altitude.

Cénomaniens supérieurs. La base du Turonien constituée par de la craie noduleuse à *Inoceramus labiatus*, un peu verdâtre, tranche nettement sur le Cénomaniens qui est de couleur blanche.

A partir de ce point, commencent les formations quaternaires qui donnent à la falaise une teinte générale brune. La falaise diminue de hauteur très lentement et se termine auprès de l'église de Sangatte.

L'érosion des couches quaternaires étant plus aisée que celle des couches crayeuses, un cap très moussu est indiqué aux abords de la plage suspendue, près du Tunnel. Un second petit cap a été marqué également pendant plusieurs années entre la plage suspendue et Sangatte; depuis 1922, à la suite des progrès de l'érosion, il s'estompe de plus en plus. Il a pourtant été pour mes observations un repère très précieux, car on y voyait, à la base de la falaise, des couches à Pupa et Succinées. Il correspond au point XX de ma description.

Repère initial adopté. — Afin de désigner exactement l'emplacement de chacun des points de la falaise décrits ci-dessous, j'indiquerai pour chacun d'eux sa distance à partir du Chemin croisé que j'ai adopté comme repère initial. — Le *Chemin croisé* est la désignation locale d'un carrefour situé vers l'altitude 9^m à l'extrémité occidentale du village, à environ 250^m au S. W. de l'église, et où aboutit au chemin de grande communication n° 119 (route de Wissant) un petit chemin qui descend du col de Bellevue, et qui fait suite à la grande Leulène (ancienne route romaine de Théroouanne à Sangatte). Dans le prolongement de ce chemin, une descente a été creusée pour aboutir à la plage. Les distances indiquées ont été mesurées à partir de cette descente.

§ 2. — DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE DE LA FALAISE (Pl. I-II et coupe Pl. B). (1)

Point I. — Falaise morte. Au S. W. du chemin croisé, à 1150^m de distance. (Sous l'extrémité S.W. du bâtiment le plus occidental du Tunnel). — La plage suspendue est dominée par une falaise morte dont la direction générale fait un angle de 50° avec le segment de falaise actuelle compris entre la plage suspendue et le Chemin croisé.

Mais cette falaise morte n'était pas rectiligne; elle décrivait de petites ondulations comme toutes les falaises actuelles. De 1919 à 1922, la direction de la falaise morte paraissait presque perpendiculaire à celle de la falaise actuelle. A la suite d'un éboulement, pendant l'été 1923, la direction de la falaise morte ne paraissait plus faire qu'un angle de 30° avec celle de la falaise actuelle.

L'altitude du sommet de la falaise actuelle au point d'intersection de la falaise morte est d'environ + 28 et sa hauteur est voisine de 24^m.

La falaise morte est à peu près verticale, sauf dans sa partie supérieure où j'ai toujours vu sa paroi oblique par suite de l'existence d'une vaste échancrure remplie par de l'argile à silex.

La base de la falaise morte est formée par la craie à *Inoceramus labiatus*; le sommet par du Turonien moyen.

Du point I au point II. — (Plage suspendue). — Sur une longueur de 20^m, on peut

(1) Les différentes sections observées dans la falaise ont été repérées à partir du Chemin Croisé par une mesure directe à la chaîne d'arpentage appliquée sur la grève à peu près au niveau du cordon littoral de morte eau. Il est aisé de se rendre compte que le chiffre indiqué n'est exact qu'à 1 ou 2 m. près et correspond à l'état actuel d'érosion de la falaise. Pourtant la plupart des détails de structure qui ont été repérés ont pu être reconnus en 1921, 1922, 1923, sans modifications sensibles du chiffre de repère.

observer les dépôts de galets constituant le cordon littoral de l'ancien rivage. La falaise actuelle présente la coupe suivante :

5. Limon sableux brun	0 ^m 50
4. Diluvium blanc, environ	2 ^m 00
3. Masse d'éboulis crayeux avec silex, avec gros blocs crayeux en couches inclinées vers la partie moyenne, environ	14 ^m 00
2. Cordon littoral constitué par des lits de galets alternant avec de petits lits d'éboulis crayeux, et, au sommet, un peu de sable mélangé d'éboulis crayeux, environ	3 ^m 00
(Le sommet de ce cordon littoral est situé vers l'altitude + 11).	
1. Plate-forme littorale et soubassement crayeux (Cénomaniens supérieur) visible sur	4 ^m 00

La plate-forme littorale n'est pas perforée de lithophages; elle est rabotée, polie par places par les galets qui ont été projetés sur elle. Sa partie supérieure est légèrement altérée et décalcifiée sur quelques centimètres d'épaisseur. La craie se montre parcourue par des diaclases ayant un pendage d'environ 60° et dont la direction paraît assez voisine de celle de la falaise morte.

En 1922, on pouvait observer une particularité fréquente le long de la falaise actuelle; la falaise morte était creusée à sa base d'une légère cavité occupée par les galets du cordon littoral ancien. La masse crayeuse superposée au cordon littoral ancien ressemble à la roche qui dans la vallée de la Somme est appelée *presle*: c'est une boue crayeuse mélangée de blocs de craie constituée sous l'action combinée de l'éboulement et du ruissellement.

Point II. — Au S. W. du Chemin croisé, à 1130^m. — La coupe de la falaise actuelle est très voisine de celle qui vient d'être décrite: à noter seulement que la zone de gros blocs de craie qui occupait la partie moyenne de la *presle* n'est ici qu'à 5 ou 6^m de la plate-forme littorale ancienne. La couche de galets n'a que quelques centimètres d'épaisseur seulement; elle est immédiatement recouverte par l'éboulis crayeux.

Du point II au point III. — Sur une longueur d'une dizaine de mètres, on peut observer les modifications suivantes de la coupe décrite :

La grosse masse moyenne d'éboulis crayeux occupe ici la partie inférieure de la *presle* qui a généralement pris une structure plus fine et qui est un peu plus riche en argile. L'éboulis crayeux repose sur le cordon littoral épais de 2^m50 et formé d'alternances de galets et d'éboulis crayeux. La base du cordon littoral repose sur la plate-forme littorale crayeuse qui se trouve 1^m plus bas qu'au pied de la falaise morte, (soit environ 3^m de craie visibles).

Point III. — Au S.W. du Chemin croisé, à 1120^m. — Il n'offre aucune particularité dans la partie inférieure de la falaise. Dans le haut de la falaise on peut observer 1^m à 1^m50 de limon très sableux brun qui paraît être un limon de lavage occupant le fond du petit vallon qui aboutit au tunnel.

Point IV. — Au S.W. du Chemin croisé; à 1110^m. — La falaise s'est légèrement abaissée; elle a environ 22^m de haut, et offre la coupe suivante :

5. Limon très sableux brun	1 ^m 50
4. Masse de marne crayeuse à silex, alternant avec du limon marneux jaunâtre à silex	15 ^m 00
3. Sable marin mélangé de blocs de craie et de quelques petits galets.....	1 ^m 00
2. Galets	2 ^m 50
1. Plate-forme crayeuse visible sur	2 ^m 00

Le sommet des formations marines est voisin de l'alt. + 10.

La masse marneuse superposée aux couches marines est une formation qui résulte du remaniement et de la décalcification des masses crayeuses éboulées. On assiste ici au passage latéral de l'éboulis crayeux au lœss (1); toute la masse présente une stratification assez grossière, les banes étant inclinés de quelques degrés vers le N. Les sables marins sous-jacents sont mélangés de fragments crayeux provenant de l'éboulis voisin; le tout forme une roche sablo-calcaire de couleur claire, avec des blocs crayeux de toutes dimensions non roulés.

La plate-forme littorale est abaissée de 2^m par rapport au pied de la falaise morte.

Point V. — Au S.W. du Chemin croisé, à 1092^m. — On se trouve à peu près au-dessous du mur N. E. du bâtiment N. E. du tunnel et au centre du petit vallon rempli de limon de lavage déjà signalé. On observe la coupe suivante :

8. Limon de lavage sableux	1 ^m 50
7. Diluvium en bancs irréguliers; épaisseur maximum	1 ^m 00
6. Lœss très calcaire blanchâtre à nombreux bancs de silex en couches inclinant vers le N.	9 ^m 00
5. Lit de gros blocs crayeux	1 ^m 25
4. Lœss très marneux jaunâtre	4 ^m 50
3. Sable marin glauconieux avec lits de galets et blocs de craie non roulés....	1 ^m 50
2. Galets	2 ^m 25
1. Socle crayeux visible sur	1 ^m 00

L'altitude du sommet des formations marines est voisine de + 9.

Point VI. — Au S.W. du Chemin croisé, à 1075^m. — En ce point, la plate-forme littorale ancienne s'est abaissée au niveau du cordon littoral actuel, de sorte que, normalement, on ne voit plus la craie cénomaniennne; on peut arriver à la suivre en déblayant un peu le cordon littoral actuel; on peut la voir aussi en affleurements sur la plage à marée basse à une altitude voisine de zéro en face du point VI.

Dans l'ensemble, la coupe est très peu différente de celle du point V. On observe :

7. Limon de lavage	1 ^m 50
6. Diluvium irrégulier	1 ^m 00
5. Lœss très calcaire blanchâtre	9 ^m 50
4. Lit de gros blocs crayeux	1 ^m 00
3. Lœss très marneux	5 ^m 00
2. Sable marin glauconieux jaune	1 ^m 75
1. Galets	2 ^m 25

(1) Fait observé déjà par Commont dans la vallée de la Somme.

L'altitude du sommet des couches marines est voisine de + 8.

Point VII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 1065^m.* — Au point VII, la coupe ne diffère pas sensiblement de celle observée au point VI. A noter seulement une épaisseur de 2^m70 environ de sables jaunes, glauconieux, entremêlés de blocs de craie alternant avec des lits de boue crayeuse. J'ai ramassé dans les sables glauconieux une *Lima Hoperi* du Crétacé non roulée et non décalcifiée. Au-dessus de ces sables, la masse de lèss débute par un conglomérat crayeux avec bancs de silex. Il y a passage insensible entre ce conglomérat crayeux et le lèss qui lui est superposé. Les couches marines atteignent une altitude voisine de + 9^m.

Point VIII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 1030^m.* — On se trouve sur le bord oriental de la valleeuse du Tunnel et la falaise s'élève légèrement. Elle a environ 23^m de haut. Il y a à la partie supérieure une mince couche de diluvium roux. Sa masse principale est constituée par des couches alternantes de marnes crayeuses et de silex.

A sa partie inférieure il y a, comme au point VII, 2^m75 à 3^m de sables jaunes avec blocs de craie surmontant 2^m de galets.

L'altitude des couches marines avoisine + 9^m.

Point IX. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 1025^m.* — La masse de diluvium, de marne crayeuse et de lèss a la même composition que précédemment. J'ai pu relever, en 1921, à la base de la falaise, les détails suivants :

8. Sables marins, blocs de craie et boue crayeuse	1 ^m 00
7. Boue crayeuse blanche avec quelques bancs de silex non roulés.....	0 ^m 30
6. Sable glauconieux (sans craie) jaune	0 ^m 07
5. Boue crayeuse blanche avec quelques bancs de silex non roulés	0 ^m 20
4. Sable glauconieux (sans craie) jaune	0 ^m 05
3. Boue crayeuse blanche avec quelques bancs de silex non roulés, avec de petits grains de sable glauconieux	0 ^m 25
2. Sable glauconieux (sans craie) jaune	0 ^m 10
1. Galets	1 ^m 60

Point X. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 1000^m.* — L'ensemble de la falaise présente au point X, la coupe suivante :

5. Diluvium roux	2 ^m 00
4. Diluvium blanc	7 ^m 50
3. Lèss et boue crayeuse; à la base, masse de blocs de craie, empâtés de boue crayeuse	10 ^m 00
2. Masse formée de sables glauconieux blancs et de craie éboulée avec en outre quelques petits lits de graviers et de galets de petite taille	2 ^m 00
1. Galets	1 ^m 50

L'altitude du sommet des couches marines est d'environ + 8.

Point XI. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 992^m.* — Au point XI la falaise atteint une hauteur de 23 à 24^m. Masse de lèss et de diluvium comme au point X.

La base de la falaise offre les détails de structure suivants :

6. Craie fragmentée avec marne crayeuse (sans sable) formant la base des couches de lœss sus-jacentes	1 ^m 00
5. Boue crayeuse avec filets sableux	0 ^m 60
4. Sable glauconieux verdâtre avec paquets de marne crayeuse, en moyenne..	0 ^m 50
3. Lit ondulé de marne ligniteuse	0 ^m 01
2. Sable glauconieux blanc avec fragments crayeux non roulés, sans apparence de stratification à la base, puis bien stratifié vers la partie supérieure à limite supérieure très ondulée, en moyenne.....	0 ^m 50
1. Galets	1 ^m 20

L'altitude des couches marines est voisine de + 6^m50.

Du point XI au point XII. — On voit la masse de galets inférieurs passer latéralement à du sable glauconieux par une interpénétration de filets sableux qui deviennent de plus en plus épais au détriment des lits de galets; ce changement de facies s'établit d'abord au sommet de la couche et gagne progressivement la base à fait qu'on s'éloigne vers le N.

Point XII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 928^m.* — La masse de lœss et de diluvium a la même constitution que précédemment. A la base de la falaise, j'ai pu faire les observations suivantes en janvier 1922 :

6. Boue crayeuse (base du lœss)	
5. Sable argileux tourbeux avec petits galets et lentilles de boue crayeuse....	0 ^m 20
4. Banc lenticulaire de galets, épaisseur maximum	0 ^m 15
3. Sable vert riche en glauconie	0 ^m 25
2. Lit de galets avec sable roux fortement limonitisé, épaisseur variable	0 ^m 05 à 0 ^m 15
1. Sable verdâtre avec petits galets épars dans la masse et 4 bancs de plus gros galets, d'épaisseur assez régulière (0 ^m 25); épaisseur du banc	1 ^m 60

Il n'y a plus de masse compacte de galets visible à la base des formations marines, mais des sables à galets.

Le socle crayeux ne doit pas être très bas, car, à marée basse, en face de ce point on peut observer de la craie en place.

L'altitude du sommet des couches marines est encore voisine de + 6^m50.

Point XIII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 912^m.* — La falaise a 22^m de haut. On voit au sommet un limon brun ayant approximativement 1^m d'épaisseur, un peu de diluvium roux, lequel repose à son tour sur une masse de marne crayeuse, de lœss et de diluvium blanc en couches lenticulaires alternantes. A la base de la falaise on voit 1^m50 de sable glauconieux vert, limonitisé à la partie supérieure et surmonté par une couche de marne tourbeuse de 0^m02 qui constitue la limite des formations continentales.

Le sommet de la formation marine atteint une altitude voisine de + 6.

Du point XIII au point XIV. — La couche de sable glauconieux diminue progressivement d'épaisseur de telle façon que près du point XIV, les marnes crayeuses descendent presque au niveau du cordon littoral actuel, (Observations faites en 1920, 1921, 1922 et 1923), soit approximativement vers l'altitude + 4^m50.

Point XIV. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 820^m.* — Lorsque le cordon littoral actuel est très élevé, toute la falaise ne présente que lœss crayeux, diluvium et limons. Elle a une hauteur de 18^m, et montre la série suivante :

7. Limons riches en silex	2 ^m 00
6. Limons sableux avec un peu de silex	2 ^m 00
5. Læss crayeux avec diluvium blanc	8 ^m 00
4. Diluvium blanc à gros éléments	4 ^m 00
3. Boue crayeuse blanche	2 ^m 00

Lorsque le niveau du cordon littoral actuel s'est abaissé après les gros temps par vent W. N. W., on peut voir la section suivante à la base des boues crayeuses :

3. Boue crayeuse et læss jaune fortement limonitique en lits alternants inclinés vers le N. de 10 à 20°.	
2. Tourbe ligniteuse feuilletée, formant un lit très ondulé, épaisseur moyenne.	0 ^m 01
1. Marne blanc crème, un peu sableuse, glauconieuse avec filets un peu plus sableux, en lits présentant une stratification légèrement ondulée, visible, selon les circonstances, sur	0 ^m 25 à 0 ^m 50

Le sommet de la marne n° 1 est vers l'altitude 4^m.

Du point XIV au point XV. — Entre le point XIV et le point XV, tandis que la falaise s'abaisse légèrement, on voit la masse de læss et de diluvium se relever très faiblement :

7. Limon sableux	1 ^m 00
6. Diluvium roux	environ 5 ^m 00
5. Læss avec bancs de diluvium blanc	environ 5 ^m 00
4. Læss et boue crayeuse	environ 4 ^m 50
3. Banc de diluvium riche en gros silex,	environ 1 ^m 00
2. Boue crayeuse très calcaire	1 ^m 50
1. Sable marin glauconieux au niveau du cordon littoral actuel (alt. + 5 env.).	

En s'avancant vers le point XV, les sables glauconieux qui dépassaient à peine le niveau du cordon littoral, augmentent peu à peu d'épaisseur visible.

Point XV. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 735^m.* — Il y a à la base de la falaise 2^m50 de sable glauconieux avec petits lits de graviers ou de petits galets, sur lesquels reposent des formations de læss calcaire analogues à la couche n° 3 de la coupe relevée au point XIV, mais n'ayant que 1^m50 d'épaisseur (au lieu de 2^m au point XIV). Puis viennent du læss et du diluvium dont un banc à gros silex marque la base.

Le sommet du sable glauconieux se trouve vers l'alt. + 7.

Point XVI. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 660^m.* — Au point XVI, la falaise a environ 16^m de haut; la coupe générale est la suivante :

8. Diluvium roux	3 ^m 00
7. Læss calcaire et diluvium blanc	6 ^m 50
6. Masse diluviale à silex très abondants et à gros éléments	2 ^m 00
5. Marne blanche constituée par une boue crayeuse presque pure et ravinant la couche sous-jacente	1 ^m 25
4. Sable brun raviné par la boue crayeuse	0 ^m 15
3. Sable glauconieux pauvre en cailloux	0 ^m 65
2. Sable avec lit de cailloux	0 ^m 80
1. Sable pauvre en cailloux	0 ^m 65

Dans les sables glauconieux, j'ai trouvé au point XVI, différents exemplaires de coquilles marines et, dans les boues crayeuses des Pupa.

Les sables marins atteignent l'alt. + 7.

Du point XVI au point XVII. — J'ai pu observer en 1921 et 1922, les sables marins dont l'épaisseur visible variait, suivant l'état du cordon littoral, entre 2^m25 et 3^m. C'est dans cette région de la falaise, à 650^m environ du Chemin croisé qu'ont été trouvés des galets exotiques de granite.

A la partie supérieure de la falaise, on peut voir se développer au-dessus de la masse de diluvium roux n° 8 indiquée à la coupe relevée au point XVI, une nouvelle masse de diluvium blanc.

Point XVII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 630^m.* — On observe la même coupe d'ensemble qu'au point XVI avec 1^m50 à 2^m de diluvium blanc couronnant la falaise et creusé de poches d'altération elles-mêmes remplies par un limon sableux roux.

Les sables glauconieux de la base ont 2^m25 à 2^m50 d'épaisseur, et j'ai pu observer, à la limite des sables glauconieux et des boues crayeuses qui les surmontent, une zone humique de 2 ou 3 cm.

Cette zone humique est à l'alt. + 7 environ.

Du point XVII au point XVIII. — On peut observer la coupe d'ensemble suivante :

6. Limon d'altération du diluvium, en poches.
5. Diluvium blanc.
4. Diluvium roux.
3. Löss calcaire et diluvium blanc.
2. Boue crayeuse.
1. Sable glauconieux.

Toutes ces couches sont très irrégulières et d'épaisseur très variable. Les sables glauconieux sont presque toujours cachés par des éboulements.

Point XVIII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 580^m.* — J'ai pu en ce point encore, observer les sables glauconieux sur 1^m50 environ en janvier 1922, après les tempêtes de l'hiver 1921 (soit jusque vers l'alt. + 5^m50 à + 6^m).

Point XIX. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 510^m.* — L'ensemble de la falaise est formé dans son quart supérieur de lits lenticulaires alternants de diluvium blanc et de diluvium roux. Sa partie principale est constituée par du löss calcaire avec petits amas de silex; son quart inférieur par des lits de boues crayeuses et de löss jaune. Il n'y a plus de sable marin visible. Il ne m'a pas été possible de savoir si les sables marins existaient sous le niveau du cordon littoral; il est seulement possible de voir la craie affleurer à marée basse, à une altitude voisine de 0^m au-devant du point considéré.

Du point XIX au point XX. — La masse de diluvium occupe presque toute la moitié supérieure de la falaise. Dans les boues crayeuses de la base, j'ai trouvé quelques Succinées à 2^m au-dessus du cordon littoral.

Point XX. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 465^m.* — Ce point constitue le second petit cap que j'ai signalé dans ma description générale. La falaise a environ 13^m50 de haut.

La coupe de la falaise en ce point est la suivante :

6. Limon sableux descendant en poches dans le diluvium sous-jacent, en moy.	1 ^m 00
5. Diluvium roux et blanc en bancs lenticulaires alternants.....	2 ^m 25
4. Læss jaune	3 ^m 75
3. Diluvium blanc	1 ^m 50
2. Læss blanc jaunâtre avec lits lenticulaires de diluvium blanc.....	3 ^m 50
1. Limon marneux et couches crayeuses à <i>Succinea</i> et <i>Pupa</i>	1 ^m 50

Les couches de limon marneux et de boues crayeuses n° 1, qui ont 1^m50 au point considéré, n'ont plus que 1^m à une distance de quelques mètres plus au N. E. Elles sont formées par un grand nombre de petits lits à stratification fortement marquée, grâce à la présence de bandes alternativement ocre et blanches. Tous ces petits lits inclinent fortement vers le N. N. W. Pendant l'été 1922, ils se présentaient particulièrement bien et on pouvait y noter la coupe suivante :

Détail des couches 1, de la coupe générale précédente :

1. (4) Limon argileux jaune, riche en granules crayeux	0 ^m 30
1. (3 b.) Limon argilo-marneux à grains fins gris-clair, bien stratifié, avec nombreuses et fines linéoles, de couleur ocre et particulièrement riche en Succinées	0 ^m 35 à 0 ^m 40
1. (3 a.) (localement) biseau de marne à linéoles ocre contenant de nombreux granules crayeux	0 ^m 10 à 0 ^m 15
1. (2). Couche de limon gris-noirâtre	0 ^m 02
1. (1). Marne crayeuse bien stratifiée, formée de grains de craie roulés cimentés par de la boue crayeuse fine	0 ^m 25

Point XXI. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 425^m.* — Au point XXI, les limons et boues crayeuses de la base, (couche n° 1 de la coupe d'ensemble relevée au point XX) ont 1^m70 d'épaisseur; on n'y voit guère qu'une masse bien stratifiée, mais uniquement composée de marne calcaire jaunâtre. Au-dessus se trouve un ensemble formé de læss et de diluvium blanc à la base, de diluvium blanc et de diluvium roux au sommet.

Point XXII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 390^m.* — On ne voit plus de boue crayeuse à la base de la falaise. Celle-ci, qui a environ 12^m de haut, est divisée en 2 masses à peu près égales. A la base, du læss avec lentilles de diluvium blanc; au sommet, diluvium blanc et roux en bancs alternants.

Point XXIII. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 357^m.* et *Point XXIV.* — *Au S.W. du Chemin croisé, à 337^m.* — Entre ces deux points, j'ai pu observer, de 1921 à 1923, une large poche de diluvium roux et de limon descendant dans la masse inférieure de læss avec diluvium blanc jusqu'à 2^m au-dessus du niveau du cordon littoral actuel.

Point XXV. — *Au S.W. du Chemin croisé, à 300^m.* — La falaise a 10^m de haut. Elle présente la coupe suivante :

10. Limon très sableux	1 ^m 00
9. Diluvium en gros cailloutis	0 ^m 50
8. Diluvium blanc à éléments plus fins	1 ^m 50
7. Limon à cailloux de silex	0 ^m 75
6. Diluvium roux	1 ^m 00

5. Limon roux riche en cailloux	0 ^m 75
4. Diluvium roux	1 ^m 00
3. Læss jaunâtre	2 ^m 00
2. Boue crayeuse	0 ^m 50
1. Diluvium blanc	1 ^m 00

Point XXVI. — Au S.W. du Chemin croisé, à 270^m. — La coupe est très semblable à la coupe précédente; la masse de læss inférieure n'a plus que 3^m; sa base est très argileuse; son sommet beaucoup plus sableux.

Point XXVII. — Au S.W. du Chemin croisé, à 262^m. — La coupe de la falaise est la suivante :

5. Limon et terre végétale	1 ^m 00
4. Masse de limon avec silex, avec 5 bancs de diluvium blanc ou roux.....	5 ^m 00
3. Læss jaune sableux	0 ^m 50
2. Cailloutis	0 ^m 50
1. Læss argileux avec quelques bancs plus sableux	2 ^m 00

Point XXVIII. — Au S.W. du Chemin croisé, à 247^m. — Presque toute la falaise est composée par une masse de diluvium roux avec des lits limoneux intercalés et du limon superficiel; le tout est légèrement descendu en poches dans le læss inférieur jusqu'à 1^m50 au-dessus du cordon littoral actuel.

Point XXIX. — Au S.W. du Chemin croisé, à 222^m. — On peut observer :

4. Limon sableux	1 ^m 00
3. Limon roux	1 ^m 50
2. Diluvium roux au sommet, blanc vers la base	5 ^m 00
1. Læss jaunâtre à petits grains de craie	1 ^m 50

Point XXX. — Au S.W. du Chemin croisé, à 200^m. — A 200^m de la descente du Chemin croisé, le læss calcaire de la base de la falaise n'est plus visible. Toute la falaise, haute de 8^m environ, est constituée par du diluvium roux au sommet, blanc vers la base, couronné de limon d'altération.

Point XXXI. — Au S.W. du Chemin croisé, à 147^m. — Au point XXXI, la falaise (qui a 6^m50 de haut environ) est étayée par le mur d'une villa. On peut observer contre le mur de la villa :

3. Limon très sableux gris sale	1 ^m 00
2. Limon sableux roux avec nombreux silex cornus et d'énormes blocs de grès diestien	1 ^m 50
1. Diluvium blanc avec paquets irréguliers de diluvium roux.....	4 ^m 00

A partir de ce point, on ne peut plus faire d'observations avant la descente du Chemin croisé.

Point XXXII. — Tranchée du Chemin croisé. — La tranchée de la descente du Chemin croisé permet de revoir les couches quaternaires de la falaise, assez mal d'ailleurs.

On peut observer sur le flanc S.W. de la tranchée, la coupe suivante :

3. Limon avec diluvium très altéré	0 ^m 30
2. Limon sableux un peu calcaire avec silex et blocs de grès diestien	1 ^m 50
1. Diluvium blanc	2 ^m 00

Sur le flanc N. E. de la tranchée, on ne voit plus que :

2. Limon très sableux gris	1 ^m 50
1. Diluvium blanc et roux	2 ^m 00

Point XXXIII. — Au N. E. du Chemin croisé, à 55^m. — La falaise atteint à peine 3^m de haut; elle est partagée entre :

2. Limon jaune très sableux	1 ^m 50
1. Diluvium	1 ^m 50

Entre le point XXXIII et le point XXXIV. — La falaise est masquée, en grande partie, par des villas.

Point XXXIV. — Au N. E. du Chemin croisé, à 120^m. — Entre deux villas on peut observer une courte section :

3. Terre rapportée et immondices	1 ^m 00
2. Limon très sableux	1 ^m 00
1. Diluvium	1 ^m 00

Du point XXXIV au point XXXV, on ne peut faire aucune observation, toute la côte étant cachée par des villas.

Point XXXV. — Au N. E. du Chemin croisé, à 147^m. — En ce point la falaise meurt, et une digue de pierre vient s'appuyer sur elle. Bien qu'on ne puisse pas y faire d'observation, il est facile de se rendre compte qu'en ce point du rivage, on est au pied de la pente limoneuse qui borde le Boulonnais, et que l'on se trouve en Plaine maritime. C'est en effet à quelques mètres au N. E. de ce point que l'on peut observer, dans des circonstances favorables, au pied de la digue, la tourbe généralement cachée par le sable de la plage, à une altitude voisine de + 2^m50.

A 1170^m N. E. du Chemin croisé, la digue empierrée se termine contre la section (par le rivage actuel) du banc de galets des Pierrettes.

§ 3. — REMARQUES LITHOLOGIQUES SUR QUELQUES-UNES DES COUCHES DE LA FALAISE DE SANGATTE.

I. *Cordon littoral* (Plage suspendue). — Le cordon littoral quaternaire est formé de gros galets, en général parfaitement roulés, de plus petits galets, de graviers et de sables ferrugineux.

En certains points, ces différents éléments sont agglomérés en poudingue.

Les galets sont principalement des silex de la craie roulés, d'un poids moyen de 200 à 500 gr. On en trouve d'ailleurs de plus gros (jusqu'à 3.000 gr.).

On peut observer aussi de nombreux galets de grès ferrugineux diestiens. En septembre 1922, j'ai trouvé dans le cordon littoral, au point X de la coupe, près de la partie supérieure de la masse de galets (exactement à la base de la couche n° 2), un *petit galet de granite rouge* fortement altéré, à feldspath en partie kaolinisé.

II. *Sables marins blancs ou jaunâtres avec craie.* — Au-dessus des galets du cordon littoral, se trouvent des sables blancs ou jaunes visibles de façon à peu près continue

depuis la falaise morte jusqu'au point X. Ils offrent la particularité de contenir des blocs de craie, plus ou moins volumineux, ou en certains points, de remplir les interstices existant entre des blocs de craie éboulés; en d'autres points, ils sont interstratifiés avec des petits lits de fragments crayeux ou de masse crayeuse (au point IX, par exemple).

En quelques points, ils sont mal stratifiés et semblent alors avoir subi un léger remaniement sur place d'origine éolienne.

Ils offrent en tous les cas des caractères nettement marins. Ils sont constitués par de gros grains de quartz bien roulés, possédant une légère pigmentation limonitique. Leur diamètre moyen est de 250 à 300 μ . La glauconie est rare en certains points, fréquente en d'autres; elle n'est pas altérée de façon sensible; elle se présente en gros grains noirs sphériques ou réniformes de 100 à 240 μ de diamètre.

Au point IX, où l'on peut observer des alternances nombreuses de sable marin jaune et de boue crayeuse, le sable est moins homogène; on y remarque de gros grains de quartz de 400 μ de diamètre en moyenne, mais susceptibles d'atteindre 700 μ , mélangés à des grains ne dépassant pas 40 μ ; il n'y a pratiquement pas de grains de taille intermédiaire. La glauconie est abondante et se présente en grains volumineux de 200 à 250 μ de diamètre.

III. *Sables marins verts*. — Ce sont les sables qu'on peut observer entre le point XI et le point XIV, et plus loin, du point XV au point XVIII.

Le sable offre en certains points une coloration verte très prononcée; en d'autres points il est au contraire jaunâtre; enfin la partie supérieure des sables marins est rousse, par suite de la limonitisation de la glauconie.

C'est un sable formé de gros grains de quartz bien roulés, de 200 à 500 μ , à pigmentation verte ou limonitique prononcée, la glauconie abondante se montre en grains de 120 μ à 250 μ . Ces sables ressemblent au plus haut point à ceux de la plage actuelle.

IV. *Marne sableuse et glauconieuse*. — Du point XIV (couche n° 1). — Il y a au point XIV à la base de la falaise, occupant une sorte de petite cuvette entre deux banes sableux, un lit mince de marne sableuse fortement calcaire. Elle se montre constituée par des grains marneux jaunâtres, irréguliers, dont la taille varie entre 10 μ et 30 μ , contenant, groupés en petits lits, des grains de quartz blancs et de minuscules graviers de silice de 100 à 200 μ de diamètre. En outre, des grains de glauconie (de 40 à 50 μ), sont disséminés dans la masse ou groupés en petits lits.

Cette masse apparaît nettement comme résultant d'un mélange de sable marin et de boue crayeuse d'origine continentale.

V. *Couche limite entre les dépôts de sables marins et les boues crayeuses*. — En de nombreux points de la falaise, on peut observer à la partie supérieure des sables marins, une couche hachiolée de brun, de noir et de blanc. C'est un sable ferrugineux, humique et crayeux qui résulte du mélange de sable marin limonitisé et de boue calcaire, puis recouvert d'une couche de sable humique, mélangée elle-même de grains de marnes crayeuses.

Le sable est très hétérogène et offre, mélangés en proportions capricieuses, des grains roulés ou anguleux, et dont les dimensions varient entre 60 et 300 μ , en général. La glauconie est absente; les grains de quartz sont fortement pigmentés de roux.

VI. *Marnes à Pupa et Succinea*. — Elles offrent une composition et une structure assez variables. Elles sont formées en effet d'un mélange de grains de quartz enrobés dans une enveloppe calcaire, et de fines particules argileuses ou calcaires ; la composition de la roche varie avec les proportions du mélange.

VII. *Diluviums et limons divers*. — Leur composition est des plus variables. On peut y distinguer les types suivants :

a) des *boues crayeuses*, résultant du lavage et de la trituration de la craie, en place, avec ou sans silex ;

b) des *læss calcaires*, formés de fines particules d'argile et de marne, avec ou sans silex.

c) du *diluvium blanc*, terme commode pour désigner un mélange bariolé de teintes ocre et blanches, formé de sables grossiers, ferrugineux, de læss calcaires, de boues crayeuses, avec de nombreux silex irréguliers, enduits de læss ou de boue crayeuse.

d) du *diluvium roux*, résultant manifestement de l'altération et de la décalcification directes du diluvium blanc; le diluvium roux est constitué presque uniquement de sables grossiers roux, avec ou sans argile, et contient de nombreux silex irréguliers.

e) du *limon*, résultant du remaniement du diluvium roux; il est formé de sables roux et d'argile; les silex sont plus rares et plus petits et ils sont souvent légèrement roulés ou usés, signe d'un certain transport sous l'action des eaux de ruissellement.

Toutes ces formations contiennent, en outre des éléments signalés, de nombreux blocs non roulés ou très peu roulés de grès diestiens.

§ 4. — FAUNE DES COUCHES MARINES.

Il n'a jamais été signalé de fossiles dans le *cordon littoral* de la plage suspendue; on a vu que le cordon littoral actuel est lui aussi très pauvre en fossiles.

La faune des *sables marins* ne comprend qu'un petit nombre d'espèces, elles-mêmes représentées par de rares échantillons. Les Lamellibranches ont leurs valves dépareillées, leurs coquilles ont donc été abandonnées sur la plage sableuse; ils n'ont pas vécu au point où ils ont été fossilisés.

Toutes les coquilles sont d'un blanc jaunâtre (sauf les Mytilidés qui ont gardé en partie leur nacre); elles sont extrêmement friables, pulvérulentes presque, ce qui indique une décalcification du test déjà avancée.

Voici la liste des Mollusques trouvés dans les sables marins par Robbe et par moi-même, avec l'indication de leur degré de fréquence relative (c. commun, — a c, assez commun, — r, rare, — rr, très rare) et leur caractère climatique (L lusitanien, -- B boréal).

<i>Cardium edule</i> L. (c)	L	<i>Purpura lapillus</i> L. (ac)	B
<i>Mytilus edulis</i> L. (c)	B	<i>Littorina littorea</i> L. (r)	B
<i>Tellina balthica</i> L. (ac)	B	<i>Modiola modiolus</i> L. (r)	B
<i>Littorina obtusata</i> L. (ac)	B	<i>Buccinum undatum</i> L. (rr)	B

Il y a lieu d'y joindre *Polydora ciliata* Johnst. (perforations d'un petit galet de craie jaunie).

Cette faune, pauvre en espèces, assez pauvre en individus, est formée de types vivant actuellement dans la Manche ou la Mer du Nord.

C. edule L. est représenté par de vigoureux exemplaires,

M. edulis L. est également représentée par des individus d'assez forte taille.

T. balthica L. est au contraire peu vigoureuse.

Purpura lapillus L. est représentée par quelques exemplaires de différentes tailles et ayant perdu toute trace d'ornementation; il est difficile avec de tels échantillons de tenter une assimilation avec les nombreuses variétés plus ou moins bien définies qu'on a établies dans ce genre.

L. obtusata et *L. littorea* L. se présentent sous leurs formes typiques.

B. undatum L., est représenté par un petit fragment provenant d'un exemplaire à test relativement peu épais.

Modiola modiolus L., est représentée par deux exemplaires presque entiers trouvés par Robbe. L'un d'entre eux offre des dimensions très légèrement inférieures à celles du bel échantillon figuré par M. Brögger (1), soit près de 10 cm. de longueur. Cette espèce est une forme boréale des plus typiques dont l'aire d'extension est limitée aux mers septentrionales froides et tempérées froides : Côtes Scandinaves, Mer Blanche, Côtes de la Laponie russe, Mer de Kara, Mer de Behring, Côtes de Terre Neuve, de Groenland et d'Islande ; on la signale également dans les mers japonaises (2). En Europe occidentale on ne la connaît pas au S. de la mer du Nord et des mers anglaises. (3)

A l'état fossile elle est connue dans le Calabrien et les couches limites du Pliocène et du Quaternaire de la région méditerranéenne (4).

On remarquera dans la faune fossile de Sangatte l'absence de *Tapes*, de *Mastra*, de *Donax* qui sont fréquents, soit vivants, soit à l'état rejeté sur la plage actuelle, et, semble-t-il, celle de *Zirphaca crispata* (5) dont les valves sont abondantes sur la plage actuelle.

En résumé, la faune marine des sables quaternaires de Sangatte est pauvre, boréolusitanienne, à caractère boréal plus accentué que le caractère lusitanien. Elle indique une mer de température sensiblement égale à celle de la Mer du Nord actuelle à Sangatte ou un

(1) BRÖGGER [1] Senglaciale og postglaciale Nival., p. 225, fig. 21.

(2) DAUTZENBERG et FISCHER [2]. Moll. campagnes Hirondelle et Princesse Alice dans les Mers du Nord. *Camp. Albert I^{er}*, fasc. 37, 1912, p. 368.

(3) Sa présence le long de côtes boulonnaises et picardes (J. DE GUERNE in BARROIS [3] Faune de Sangatte, p. 182 ; -- LOË et RAEMACKERS. Rech. malacol. embouch. Somme, p. XLI ; -- GIARD. Coup d'œil faune Boulonnais, 1899), est très douteuse ; cette espèce se trouve remplacée sur les côtes de la Manche par une forme nettement différente de petite taille : *M. gallica* Dautzenberg. (DAUTZENBERG [2]. Descr. nouvelle espèce *Modiola* prov. du litt. occidental de la France, *F. jeunes Nat*, 1895, n^{os} 295-296, 3 p. Pl. I, fig. 1, 2, 7, 8). Ce serait à *M. gallica* qu'il y aurait lieu d'attribuer les *M. papuana* Lamk. signalés par Bouchard-Chantereaux sur la côte boulonnaise (BOUCHARD-CHANTEREAUX [4]. Cat. Moll. marins viv. côtes boulonnaises, 1834), d'après DAUTZENBERG et FISCHER [2]. *loc. cit.*, p. 368.

(4) GIGNOUX. - Formations marines, p. 391-392.

(5) Dans un galet crayeux perforé par *Polydora ciliata*, j'ai remarqué des perforations d'une Pholade dont je n'ai pu préciser l'espèce (leur diamètre ne dépassant pas 1 cm.). S'il s'agit de *Z. crispata*, ce qui est douteux, on peut en tous cas signaler que cette espèce est très rare dans le sable de la plage suspendue de Sangatte.

peu plus froide, telle la Mer du Nord à la latitude du Dogger Bank ou des côtes frisonnes et danoises.

§ 5. — FAUNE DES DÉPÔTS CONTINENTAUX.

Faune malacologique. — Je n'ai rien à ajouter aux indications qui ont été données à ce propos par Prestwich d'après les déterminations de Gwyn Jeffreys (1) et par M. Barrois. (2).

La faune se réduit donc à :

<i>Succinea oblonga</i> Drap.	<i>Helix pulchella</i> Müll.
<i>Pupa marginata</i> Drap.	<i>Arion ater</i> L.
<i>Helix hispida</i> L.	<i>Limax agrestis</i> L.

Les Succinées et Pupae sont particulièrement fréquentes.

Faune mammalogique. — Elle se réduit à *E. primigenius* connu par un échantillon trouvé vers la base des limons par Robbe. C'était (3) un fragment de mâchoire avec une dent dont la description donnée par Chellonneix (4) ne permet pas de reconnaître la variété.

Les collections géologiques de Lille possèdent un fragment de molaire d'*E. primigenius* donné autrefois par Hette avec l'indication d'origine « Sangatte », sans autre précision de gisement. (n° 10355 du catalogue); cet échantillon paraît provenir de la masse de diluvium continental. C'est un fragment correspondant à la région moyenne d'une molaire à fréquence laminaire voisine de 10, ce qui indique un type assez évolué.

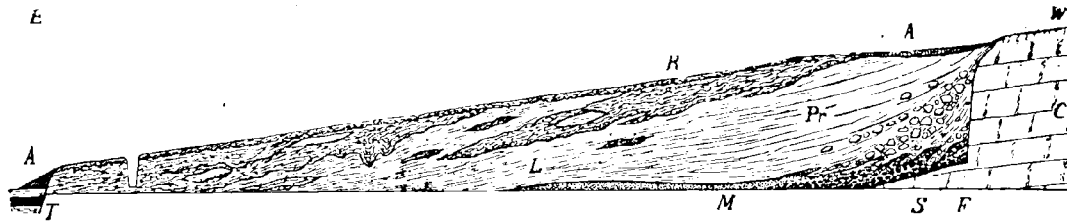


FIG. 4. — Coupe schématisée de la falaise de Sangatte.

LÉGENDE. — C, craie ; — F, falaise morte ; — S, plage suspendue ; — M, Monastirien (galets et sables) ; — Pr, presle et éboulis crayeux ; — L, limons non décalcifiés ; — R, limons rouges décalcifiés ; — T, dépôts poldériens et tourbeux de la plaine maritime (Flandrien) ; — A, limons de ruissellement des pentes.

§ 6. — NATURE ET ORIGINE DES DIVERS DÉPÔTS DE LA FALAISE DE SANGATTE.

AGE DES FORMATIONS MARINES.

L'examen de la coupe détaillée de la falaise de Sangatte montre que les formations marines quaternaires y affectent une disposition identique à celle des dépôts d'une plage actuelle au pied d'une falaise.

(1) PRESTWICH [4] Additional observ. *Q. J.*, 1865, p. 442.

(2) BARROIS [3], *loc. cit.*, 1880, p. 182.

(3) Cet échantillon, conservé au Musée géologique de l'Université de Lille, n'a pas été retrouvé après la guerre ; une partie des collections relatives aux terrains quaternaires a été détruite par l'éboulement d'un mur après une explosion.

(4) CHELLONNEIX [3] *Elephas primigenius* à Sangatte, *A. S. G. N.*, t. I, 1873, p. 38-40.

On voit en effet une falaise ancienne (au point I) avec cordon littoral, atteignant l'altitude + 11 et reposant sur un soubassement crayeux; le cordon littoral est recouvert par des éboulis qui ont été entourés de dépôts de galets. Une partie des éboulis s'est mélangée par places aux sables marins (ceux-ci étant exactement *in situ*, ou ayant subi un très léger remaniement d'origine éolienne).

Peu à peu on voit les galets faire place à des sables marins, *in situ*, dont la surface atteint une altitude plus basse de quelques mètres que celle du cordon littoral de galets. Il en est de même sur la plage actuelle.

Au point XIV, on trouve des couches constituées par une sorte de vase sableuse, calcaire et glauconieuse qui paraît être un mélange de sable marin et de boue crayeuse descendue de la falaise; ces couches ont leur surface plus basse de 2^m50 à 3^m, que celle des sables marins voisins. On voit actuellement sur la plage de semblables petits bassins ou « basses » se produire entre deux banes sableux.

En résumé, la coupe de Sangatte montre une véritable plage ancienne fossilisée sous des produits de ruissellement continentaux. On peut y observer les formations *successives* d'une mer en *phase transgressive*, puis en *état d'équilibre* qui ayant déposé d'abord des galets sur une plate-forme littorale crayeuse, les a recouverts ensuite de sable, sauf au pied même de la falaise. Fait digne de remarque, on ne peut y observer les traces de la régression qui a certainement suivi cette phase transgressive (régression postmonastirienne), traces qui consisteraient en une traînée de galets superposée aux sables marins; un changement géographique qui a empêché l'apport des galets sur les sables, a donc précédé la régression marine. (1).

Les dépôts continentaux consistent en un manteau d'éboulis descendus de la falaise crayeuse, et en produits issus de la remise en jeu par ruissellement, puis de la décalcification de plus en plus accentuée de ces éboulis.

L'ensemble a été nommé « diluvium de Sangatte »; c'est en réalité une masse de limons extrêmement variés, calcaires argileux, sableux ou caillouteux, humiques à la base, et caractérisés par *E. primigenius*, de type évolué.

Les ruissellements qui ont provoqué la formation de ces nappes limoneuses se sont répétés fréquemment, ainsi que le montrent les zones multiples de rubéfaction et de décalcification de la masse limoneuse.

A l'W. du point XVI, on distingue une masse principale de nappes limoneuses, rubéfiée au sommet; à l'E. de ce point, une masse de limons non décalcifiés recouvre la masse de diluvium roux et donne naissance plus à l'E. à des limons rubéfiés. M. Briquet a déjà attiré l'attention sur ce fait. (2).

Mais plus à l'E. de ce point, d'autres masses de limons non rubéfiés se rencontrent

(1) Les alternances d'éboulis continentaux et de couches marines qu'on peut observer sur les photographies jointes au présent mémoire indiquent que la section *actuelle* de la plage passe justement en un point où des éboulis considérables ont fait localement reculer le cordon littoral de quelque quarante mètres. Ce n'est évidemment pas ce qu'on peut appeler une régression marine.

(2) BRIQUET [9]. — *Ex. pleistocène N. de la Fr.*, 1908, p. 293.

encore sporadiquement. Aussi il me paraît impossible de distinguer dans la masse limoneuse de Sangatte les deux séries ancienne et récente de limons qu'on peut parfois séparer dans quelques vallées du Nord de la France.

Conclusions.

Il y a lieu d'attribuer les formations marines de Sangatte à l'étage *Monastirien* (1) ; leurs caractères répondent en effet dans leurs grandes lignes à ceux de cet étage en Méditerranée septentrionale et en différents points des côtes océaniques, savoir :

- a) Ligne de rivage un peu inférieure à + 20.
- b) Faune marine sensiblement identique à la faune actuelle dans la région considérée (2), (ou un peu plus froide).
- c) En outre, présence, dans les dépôts continentaux qui recouvrent les couches marines, d'*E. primigenius*, type évolué. (3)

(1) Je suis heureux en terminant cette révision de la coupe de Sangatte d'arriver à une conclusion identique à celle que M. Depéret a déjà formulée au sujet de l'âge des dépôts marins de Sangatte (DEPÉRET. Coordination générale [1] *C. R. Ac. Sc.*, t. 167, 1918, p. 418. Extr. p. 4).

(2) DEPÉRET [1] Coordination générale, *C. R.*, t. 166, 1918, p. 480. (Extr. p. 6).

(3) DEPÉRET et MAYET in DEPÉRET, MAYET et ROMAN. — Eléphants pliocènes, 2^{me} p., p. 204-205, tableau.

CHAPITRE III

Les formations littorales monastiriennes à l'intérieur de la plaine maritime

§ 1. — LES DÉPÔTS LITTORAUX MONASTIRIENS DE SANGATTE A COQUELLES.

Quand on suit le pied du coteau crayeux du Blanc-Nez vers l'E., on peut observer d'une façon générale, au-dessus de l'altitude 30^m, un sol blanc représentant la craie recouverte en quelques points d'argile à silex.

Entre la côte 30 et la côte 0, un sol brun avec silex mal roulés ou non roulés, représente les couches les plus élevées des limons de Sangatte. Vers l'altitude 5 en particulier, près des fermes Bara, Grand-Cour et des Calimottes, j'ai pu observer des limons avec galets roulés (galets atteignant jusqu'à 160 gr. à la ferme Bara, 250 gr. à la ferme de la Grand-Cour). Ces formations sont pratiquement impénétrables à la sonde qui est arrêtée dès que l'on dépasse la zone labourée : sondage 20 (alt. 6) aux Calimottes, dans un limon sableux gris avec gros galets roulés; sondages 2 et 3 (alt. 5) à la ferme Bara dans le même limon sableux à galets (1). L'altitude des galets et leur localisation à une assez grande distance en avant de l'escarpement crayeux des Calimottes, rendent peu vraisemblable leur attribution à un cordon littoral prolongeant vers l'E. les formations littorales monastiriennes de Sangatte ; ce cordon qui existe probablement, doit être caché plus au S. sous des limons. Je verrais plus vraisemblablement dans les galets des Calimottes, soit des produits d'éboulis, soit des produits de remaniement aux temps flandriens du cordon littoral monastirien ou d'un épi détaché de ce cordon littoral. (2).

Sables et galets de la Petite Rouge Cambre. — Le massif de sables et galets de la Petite Rouge Cambre (fig. 5), découvert par M. Briquet (3), est la racine d'un épi ou cordon littoral qui, se détachant du cap monastirien de Coquelles, se dirige vers le S. E.

(1) Les numéros des sondages indiqués ici sont ceux de mon carnet de sondages.

(2) Je considère également comme douteuse l'attribution au système littoral de la plage suspendue de Sangatte des sables non fossilifères signalés par M. Briquet à la Chaussée de Coquelles. (BRIQUET [6], *Form. quat. littoral. P.-de-C.*, 1906, p. 215)

(3) BRIQUET [2] *Extension plage soulevée Sangatte*, 1905, p. 110 ; et [6], *loc. cit.*

Il s'appuie contre un coteau crayeux qui porte le moulin de Coquelles et le Château Pigache (alt. 30 à 35 m). La craie peut être observée aux abords de la Chaussée, près de la vieille église de Coquelles et à 500^m à l'W. de la ferme de la Petite Rouge Cambre dans une ancienne carrière vers l'alt. 12^m ; en ces différents points, elle est recouverte de un à quelques mètres de limon.

Le massif caillouteux de la Petite Rouge Cambre qui s'élève jusqu'à l'alt 8^m environ est séparé du coteau crayeux par un léger vallon suivi par le chemin qui se rend à la ferme de la Tourelle.

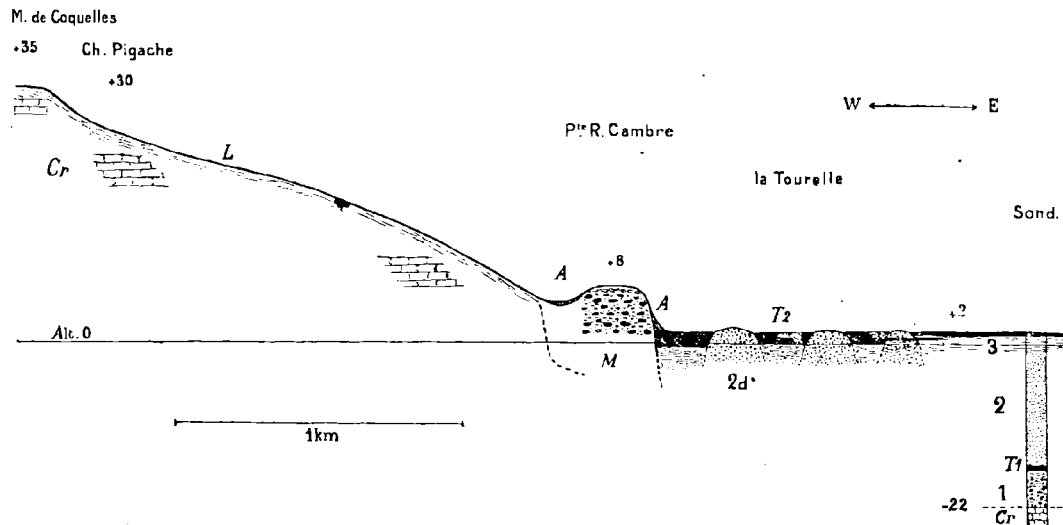


FIG. 5. — Coupe passant par le massif de la Petite-Rouge-Cambre et le sondage de Coquelles.

LÉGENDE. — Cr, craie ; — L, limons ; — M, sables et galets de la Petite-Rouge-Cambre (Monastirien) ; — 1, couches d'estuaire de Coquelles (Flandrien inf. ; — T1, tourbe inférieure (id.) ; — 2, sables gris bleu (Flandrien moyen) ; — 2d, digitation de la Tourelle (id.) ; — 3, argile de polder (Flandrien moyen et sup.) ; — T2, tourbe supérieure (id.) ; — A, limons des pentes

Le plan directeur au 1/20.000^e (feuille de Calais, xxii-3, région de Boulogne, 187), a mis en évidence le massif de la Petite Rouge Cambre, grâce à une courbe de niveau de 5^m qui délimite une aire sensiblement triangulaire.

La bordure orientale du massif constitue un rideau de 2 à 3^m de hauteur. C'est une véritable petite falaise qui fut attaquée par la mer flandrienne et qui a conservé une certaine fraîcheur, qui surprend lorsqu'on aborde le massif en arrivant de l'E.

Le sol roux du massif est formé de limon très sableux avec cailloux cassés et quelques galets entiers. Il est impénétrable à la sonde à main.

Cette formation est nettement différente des limons du coteau crayeux, à la fois par sa nature plus sableuse et la présence de galets. Elle doit être considérée comme un dépôt littoral dont on ne voit que la surface très altérée et légèrement remaniée sur place ; ce dépôt s'est effectué à la pointe du cap de Coquelles et présente une similitude de position

topographique très nette avec les sables à galets de Sangatte. Je n'ai pas trouvé de galets exotiques dans cette formation.

En résumé, les sables de la Petite Rouge Cambre représentent une formation marine ancienne, à surface altérée et plus ou moins remaniée, atteignant une altitude voisine de 8^m. Il est évident que l'altitude supérieure du dépôt a dû être plus élevée autrefois, et voisine de celle des galets de la falaise de Sangatte, avant que l'érosion n'eût enlevé une partie des couches.

Ces caractères d'ancienneté, d'altitude et de situation topographique, permettent d'assimiler les sables de la Petite Rouge Cambre à ceux de la Plage suspendue de Sangatte et d'y voir un cordon littoral d'âge *monastirien*.

§ 2. — LE MASSIF DE GALETS DE COULOGNE (fig. 6).

Le massif de Coulogne constitue un accident topographique particulièrement important dans la monotonie de la plaine maritime. C'est une butte couverte de champs, les « Hauts-Champs », comme disent les habitants de la plaine, à sol brun, un peu caillouteux, et que l'on aperçoit de la route Nationale n° 43, comme du chemin de fer de Calais à Lille.

Sur cette butte fut installée une station romaine qui n'a pas été submergée lors de l'inondation du iv^e siècle (1); au xv^e siècle, la petite hauteur est connue sous le nom de « Ile de Colne » (2).

A ma connaissance, c'est Gosselet (3) qui le premier a signalé la nature géologique du banc de galets de Coulogne, en 1893.

Figuration. — Sur la carte d'Etat-Major au 1/80.000^e (f. 3, Boulogne et f. 4, St-Omer), aucun figuré topographique n'attire l'attention sur ce massif. On remarque seulement une cote d'altitude 8 sur son emplacement, et l'indication « les Hauts-Champs » au N. E. de cet emplacement.

La carte du Ministère de l'Intérieur au 1/100.000^e, f. xvi-5, Calais, mise à jour en 1904, n'indique qu'une cote 8 au S. du clocher.

Sur le plan directeur de l'Etat-Major, région de Boulogne, f. 188 (Calais, xxii-3), levé en 1889, les hauteurs de Coulogne sont remarquablement bien figurées grâce à une courbe de niveau 5 en trait plein, et une courbe 7,50 en pointillé; aucune cote d'altitude maxima n'est indiquée. Le figuré topographique mentionne plusieurs carrières, aujourd'hui abandonnées, entre Coulogne et Pont-de-Coulogne.

Sur la carte géologique, f. de Boulogne n° 3, 2^e édition, par M. Douvillé, la pointe E. du massif n'a pas été marquée; une teinte uniforme a 2 indique seulement la plaine maritime.

Il en est de même sur la feuille de St-Omer, n° 24, 2^e édition, 1914; Gosselet connaissait pourtant l'existence du banc de Coulogne; mais lors de la révision de la feuille, Gosselet et M. Dollé, pressés par les nécessités de la publication, n'ont pu effectuer le levé de la partie de la feuille correspondant à la Plaine maritime.

MM. Briquet et Blanchard ont figuré le banc de Coulogne de manière schématique. (4).

(1) H. RIGAUD, in GOSSELET (10). C. R. Exc. Audruicq, Pont-d'Ardres, 1893, A. S. G. N., t. XXI, p. 116.

(2) LANDRIN. Essai hist. Calaisais, 1889, p. 80.

(3) GOSSELET [8] A. S. G. N., t. XXI, 1893, p. 112.

(4) BRIQUET [6] Formations quat. du litt. du P.-de-C. A. S. G. N., t. XXXV, 1906, p. 212, fig. 1; — BLANCHARD [1] La Flandre, 1906, p. 148, fig. 31.

Dans mon étude préliminaire sur la structure du Calaisis, j'ai figuré le banc de Coulogne en insistant sur sa couverture de dépôts d'altération. (1).

Caractères géographiques. — Le banc de Coulogne forme un massif allongé qui atteint l'altitude de 8^m43. (2) Son plus grand axe, dirigé sensiblement N.W.-S. E., mesure environ 2.600^m. Sa plus grande largeur, de l'église de Coulogne au Château de Vendroux, est de 1 kilomètre.

A son extrémité N. W. il est très étroit; sa lisière N. est très abrupte, et la Basse-Rue de Coulogne chemine au pied de cet abrupt, dont la hauteur est de 3 à 5^m. Vers son extrémité S. E., il est plus élargi et festonné. L'un de ces festons se termine au Colombier; un autre à l'E. du Pont-de-Briques; un troisième, au S. du Pont-de-Briques, près du château de Vendroux. Quelques festons sont encore visibles le long du bord S. du massif entre le Pont-de-Briques et Pont de Coulogne; mais ces festons sont peu prononcés et viennent mourir à peu de distance du canal de Calais. La lisière S. de Pont de Coulogne au Colombier, offre toujours une pente très douce.

Constitution géologique. — Quelques carrières toutes abandonnées maintenant, ont été ouvertes dans le banc de Coulogne; aucune coupe ne peut y être levée. On y voit seulement des sables roux, des graviers et des galets de même teinte.

Gosselet a observé 3^m de galets avec banc argileux à la base, reposant sur du sable.

Dans le cimetière, j'ai pu voir dans une fosse (3) à l'alt. 8^m :

	Epaiss.
3. Terre végétale brune	0 ^m 20
2. Limon sableux roux avec quelques cailloux.....	1 ^m 10
1. Sable roux, grossier, avec lits de cailloux ronds ou anguleux, visibles sur..	1 ^m 60

A 500^m à l'E. du cimetière, j'ai tenté un sondage dans un champ. Je n'ai réussi à pénétrer qu'à la profondeur 1^m40 :

Sondage n° 65. — *Coulogne.* — Alt. 7^m50.

	Profond.	Epaiss.
2. Terre végétale brune		0 ^m 40
1. Limon sableux roux avec quelques cailloux	0 ^m 40	1 ^m 00
Arrêt dans les cailloux à.....	1 ^m 40	

En 1922, j'ai pu observer les déblais d'un puits qui venait d'être creusé entre Pont-de-Coulogne et le Pont-de-Briques, à l'altitude 7^m50. Le puits avait traversé 5^m de sables avec galets; d'après le puisatier, ces galets se trouvaient surtout vers la partie supérieure. (4)

Vers l'extrémité S. E. du massif, le limon épais de 0^m50, est argileux, il contient quelques galets cassés et repose sur un banc riche en galets impénétrable à la sonde à main (sondages 289 et 290, près du Colombier; alt. 4^m50).

Caractères lithologiques des couches de sables et galets. — Les sables provenant de la

(1) G. DUBOIS [9] Campagne sondages A. S. G. N., t. XLVI, 1921, p. 70, pl. I (2 b).

(2) GOSSELET [11] Géog. phys. N. Fr. Belg., A. S. G. N., t. XXI, 1893, p. 130.

(3) Notée sur mon carnet d'observations comme sondage 68.

(4) Noté sur mon carnet d'observations comme sondage 188.

partie profonde du puits signalé plus haut (Sondage n° 188), sont constitués par des grains de quartz bien roulés, très limonitisés, et dont le diamètre varie de 300 à 400 μ . La glauconie non altérée, assez abondante, se présente en grains de 100 μ .

Les *graviers* sont de toutes dimensions.

Les *galets* sont généralement bien roulés, elliptiques, à patine rousse, d'assez forte taille (500 gr. par exemple). Ce sont tous des galets de silex; je n'ai récolté aucun galet exotique à Coulogne.

La décalcification des différentes couches est totale. Je n'y ai trouvé aucun fossile.

Caractères lithologiques des couches limoneuses supérieures. — Au cimetière de Coulogne, le limon sableux est constitué par un sable à grains de quartz de 200 à 300 μ , bien roulés, limonitisés. On y trouve de la glauconie très rare, faiblement altérée, de 80 à 100 μ de diamètre, de petits graviers de silex esquilleux et de petits galets de quartz blanc.

Le limon sableux contient des galets identiques à ceux des couches sous-jacentes et, en outre, une grande quantité de silex cassés à arêtes émoussées ou arrondies, ayant l'aspect habituel des silex des dépôts de « diluvium des hauteurs » de la Flandre.

Vers l'E., les mêmes couches supérieures deviennent moins riches en cailloux, les sables sont un peu plus fins et deviennent légèrement argileux. Près du Colombier, en certains points, il est presque impossible de distinguer ces sables argileux de certaines terres à briques.

Relations géologiques du Banc de Galets de Coulogne. — Les sables, graviers et galets du banc de Coulogne descendent certainement jusqu'à l'altitude + 2^m50 (puits à Coulogne), tandis que autour du massif la surface des sables marins blancs, à *Cardium* (et tourbes associées) est susceptible d'atteindre une altitude de + 3 à + 4^m.

Le bord N. du massif, qui est subrectiligne, est en même temps abrupt et constitue une véritable petite falaise au pied de laquelle s'observent les dépôts de sables marins non décalcifiés, coquilliers, mélangés de tourbes, analogues à ceux qui constituent la plus grande partie de la Plaine (sables gris bleu, tourbe, sables blancs), mais qui possèdent ici un caractère littoral bien accusé (cordon littoral flandrien du massif de Coulogne).

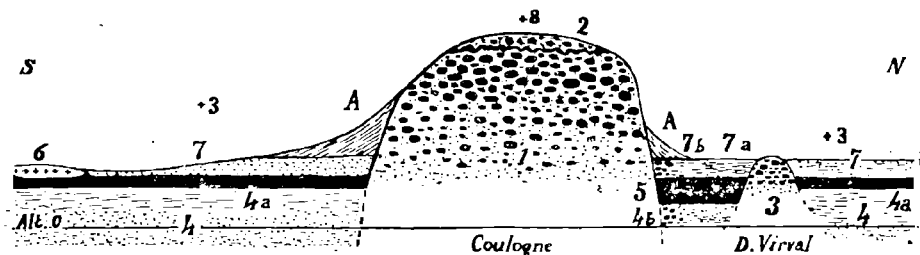


FIG. 6 Coupe N.-S. du massif de Coulogne et de ses abords.

LÉGENDE. — 1, sables et galets de Coulogne (Monastirien); — 2, couches d'altération du Monastirien; — 3, digitation S du Virval (Flandrien moyen); — 4, sables gris bleu (id.); — 4a, argile de polder (id.); — 4b, cordon littoral des sables gris bleu (id.); — 5, tourbe (id.); — 6, tuf (Flandrien sup.); — 7, sables gris à *Cardium* (id.); — 7a, argile de polder supérieure (id.); — 7b cordon littoral des sables à *Cardium* (id.); — A, éboulis et limons de ruissellement.

On peut donc en conclure que le massif de Coulogne est plus ancien que les sables et tourbes de la plaine et que son bord N. a constitué un rivage plus ou moins abrupt au moment du dépôt des sables gris bleu puis de celui des sables à *Cardium* (fig. 6).

De plus, il est situé sur un axe à peu près rectiligne qui joint la plage suspendue de Sangatte à la Petite Rouge Cambre et se prolonge vers l'E. jusqu'aux Attaques.

Il y a donc lieu d'admettre que le banc de Coulogne fait partie du même système de formations littorales que celui de Sangatte-Petite Rouge Cambre.

Il peut donc être attribué à l'étage Monastirien.

§ 3. — LE MASSIF DE GALETS DES ATTAQUES.

Le petit massif de galets des Attaques surgit au milieu de la plaine maritime au N.E. du village des Attaques. De la route nationale n° 43 (de St-Omer à Calais), on l'aperçoit entre les Attaques et la ferme de Rond Galet, sous forme d'une petite butte herbue et couverte de buissons d'ajones. Aussi, bien que la butte n'ait guère que 2 à 3^m de haut au-dessus du niveau général de la plaine, elle attire l'attention par le paysage tout à fait inattendu et singulier qu'elle offre en ce point la plaine maritime.

Figuration. — La carte d'Etat-Major au 1/80.000^e (f. 4, St-Omer), révision de 1898, indique l'ancienne carrière située à l'extrémité N. E. du massif, mais ne donne aucun figuré topographique de ce massif, qu'elle mentionne pourtant par l'écriture de « les Hauts-Champs »; mais cette écriture est disposée au N. E. de l'agglomération.

La carte du Ministère de l'Intérieur au 1/100.000^e, feuille XVI-5, Calais, mise à jour en 1904, indique seulement la carrière.

Sur le plan directeur de l'Etat-Major, région de Boulogne, feuille 189 (Calais, XXIII-3) levé en 1889-90, qui figure les courbes de niveau de 5 en 5 m. avec une cote intermédiaire 2^m50, en Plaine maritime, le massif est entouré par la courbe 2^m50. Mais cette courbe ne correspond pas à la limite exacte du massif; elle englobe un large espace de terrain plat occupé par les formations ordinaires de la Plaine maritime (sables marins à *Cardium edule*). L'écriture Hauts-Champs est disposée en bonne place et les accidents topographiques irréguliers résultant de l'exploitation des galets sont figurés avec grand soin.

En dehors de cette figuration, l'emplacement du massif de galets est encore mis en évidence par la disposition du réseau de watergands.

Sur la carte géologique, feuille de St-Omer, n° 4, 2^e édition, 1914, aucun figuré particulier ne signale ce banc de galets. (1)

MM. Briquet et Blanchard ont signalé le banc des Attaques et l'ont figuré, très schématiquement d'ailleurs, le premier dans sa carte des formations quaternaires des environs de Sangatte, le deuxième dans une petite carte du Calaisis avec courbes de niveau des altitudes ramenées au zéro des cartes marines. (2).

Lors de ma note préliminaire sur les résultats de mes premiers sondages dans le Calaisis, je n'ai pas signalé le banc des Attaques; je n'avais pas alors poussé mes recherches plus à l'E. que Coulogne.

(1) Dans GOSSELET [22] Esquisse géologique, et [44] Géog. phys. N de la France, le banc des Attaques n'est pas mentionné. Dans la légende de la f. de St-Omer, 2^e éd., il est signalé que « entre Coulogne et les Attaques, il y a une surface plus élevée où le sable contient des galets en quantité variable ».

(2) BRIQUET [6], Form. quatern. du litt. du Pas-de-Calais, A. S. G. N., t. XXXV, 1903, p. 212, fig. 1. — BLANCHARD [1], La Flandre, 1906, p. 148, fig. 31.

Caractères géographiques. — Le banc des Attaques est grossièrement elliptique avec un grand axe dirigé à peu près N.W.-S. E. En réalité, la crête médiane du banc n'est pas rectiligne ; elle est légèrement incurvée de façon à être concave vers le S. ; à son extrémité N. W., l'axe du banc possède la direction W.20°N.—E.20°S., tandis qu'à son extrémité S. E. il a acquis la direction W.60°N.—E.60°S.

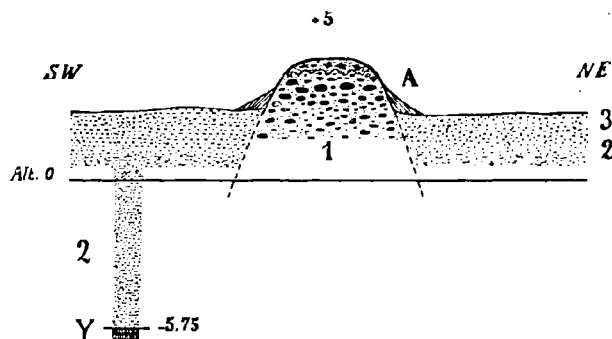


FIG. 7 — Coupe du massif des Attaques.

LÉGENDE. — Y, socle yprésien ; — 1, galets des Attaques (Monastirien) ; — 2, sables gris bleu (Flandrien moyen) ; — 3, sables blancs (Flandrien sup.) ; — A, éboulis et limons de ruissellement

Sa longueur est d'environ 800^m, sa plus grande largeur d'environ 300^m.

Il s'élève de 2 à 3^m au-dessus du niveau général de la plaine dont l'altitude est, aux environs des Attaques, partout très voisine de + 2^m50 (1) et atteint ainsi l'altitude + 5^m, sans la dépasser.

Au N. W., il s'élève assez rapidement en un relief déjà très accusé à 100^m de la Rue des Cocus et du watergand qui suit ce chemin ; un watergand sinucieux en suit d'assez près la lisière N. ; au S., un watergand en ligne brisée en souligne les festons. Sa pointe S. E. qui s'abaisse très lentement est couverte par un groupe d'habitations constituant le lieu dit « Rue de l'Espérance ».

De tous côtés, ses pentes sont occupées par des champs à terre grise couverts de galets et de cailloux cassés qui diminuent peu à peu au niveau de la plaine.

Il n'existe pas autour du massif de galets, comme à Coulogne, de grandes étendues de champs sans cailloux couverts de terre limoneuse brune.

Constitution géologique. — Toute la partie du massif située au N. W. de la Rue de l'Espérance a été exploitée autrefois en une vaste carrière maintenant abandonnée. L'exploitation a eu lieu en général sur 2^m ou 2^m50 d'épaisseur. En certains points, on est descendu plus bas, vers 4^m de profondeur jusqu'au niveau d'eau qui est en relation avec celui de l'eau dans les watergands voisins. (Aux alentours du massif, l'eau du système de watergands est environ à l'altitude + 1^m du nivellement général).

On ne peut plus observer de coupe fraîche ; d'une façon générale, sous les talus herbeux, on peut voir du sable grossier et roux et des galets nombreux. En certains points, j'ai pu observer des alternances de lits plus sableux et de lits graveleux contenant de petits cailloux anguleux.

(1) Plaque du nivellement général sur la route nationale n° 43 : 3^m00, à 0^m60 du sol.

Les galets sont de toutes tailles ; les plus nombreux sont du type moyen de 5 cm. (1).

On peut en trouver de plus forte taille : 12 cm par exemple comme grand diamètre. La plupart ont un poids variant entre 50 et 100 gr. J'en ai ramassé pesant jusqu'à 470 et 950 grammes.

Ces galets ont une p^âtine g^én^ér^al^ement blanche ou brune et sont toujours assez fortement corrodés, surtout sur les faces planes; ils sont quelquefois cupulés. Lorsqu'ils sont cassés, la cassure est g^én^ér^al^ement p^âtinée de la m^ême teinte que la surface du galet. Les petits cailloux anguleux, les graviers, ont toujours leurs angles et leurs arêtes émoussés et sont toujours p^âtinés. Les p^âtines verte, rouge et noire sont relativement rares.

Après de nombreuses recherches, j'ai trouvé un seul galet exotique. C'est un grès blanc, fortement carié qui est un *grès feldspathique* d'origine *armoricaine*. J'ai trouvé également une plaquette de grès diestien.

Le *sable* est assez grossier; son grain, assez mal roulé, est g^én^ér^al^ement de 250 à 300 μ de diamètre, (certains grains atteignent 600 μ); il est fortement coloré en brun par la limonite, le mica y est tr^ès rare et en tr^ès petites paillettes. Il existe de nombreux grains limonitiques résultant de l'altération de la glauconie et beaucoup plus rarement des grains de glauconie en voie d'altération (de 80 à 140 μ).

En certains points, on voit des couches de sable gris-blanc présentant des grains de quartz peu tachés de limonite, de 250 à 400 μ mélangés à d'autres grains plus petits mal roulés, esquilleux de 20 à 50 μ . Dans ce sable, la glauconie est également totalement altérée ou en voie d'altération tr^ès accentuée.

Je n'ai trouvé aucun fossile.

Le socle de la Plaine Maritime aux Attaques. — Le socle du banc de galets des Attaques n'est pas connu. Il est pourtant permis d'affirmer que le soubassement des dépôts quaternaires de la Plaine maritime se trouve à une faible profondeur aux abords du banc de galets. C'est ce qui ressort de l'examen de la coupe d'un forage effectué aux Attaques par M. Ch. Chartiez, sondeur à Béthune. (2)

Forage Chartiez aux Attaques, (alt. + 2^m50 environ) :

	Profond.	Epaiss.
3. Terre végétale		0 ^m 50
2. Sable argileux	0 ^m 50	0 ^m 75
1. Sable mouvant avec coquillages	1 ^m 25	7 ^m 00
— 5 ^m 75 h. Glaise grise (Argile des Flandres — Yprésien).....	8 ^m 25	43 ^m 75
g. Glaise bleuâtre (id. id. id.).....	52 ^m 00	5 ^m 00
f. Terre noire avec pierrettes (Base de l'Yprésien).....	57 ^m 00	7 ^m 50
e. Terre noire avec sillons de sable vert (Landénien).....	64 ^m 50	7 ^m 50
d. Sable vert	72 ^m 00	5 ^m 00
c. Sable gris	77 ^m 00	10 ^m 00
b. Argile (Argile de Louvil)	87 ^m 00	22 ^m 00
— 106 ^m 50 a. Craie	109 ^m 00	

Le sondage, effectué près du bourg n'a pas traversé le banc de galets des Attaques :

(1) C'est-à-dire un ellipsoïde de révolution ou légèrement aplati et dont le plus grand axe mesure environ 5 cm.

(2) Les résultats de ce sondage m'ont été aimablement communiqués par M. Chartiez.

il n'a en effet rencontré que les formations sableuses de la plaine maritime attribuables au Flandrien. On peut toutefois y lire que l'Yprésien (argile des Flandres) ne se trouve qu'à une profondeur de 8^m25 ou à l'alt. — 5,75 (fig. 7).

Relations géologiques du Banc de galets des Attaques. — Le banc de galets des Attaques est plus ancien que les sables à *Cardium edule* ; ces sables reposent en effet sur le banc de galets.

C'est ce que montre la coupe suivante relevée le long des berges du watergand bordant le massif au N. (et notée comme sondage n° 283).

Sondage n° 283. *Les Attaques.* — (Berges du fossé au N.W. des Hauts-Champs). Alt. 3^m.

	Profond.	Epaiss.
3 Terre végétale avec galets récemment éboulés		0 ^m 75
2 Sable blanc à <i>Cardium edule</i> avec très rares galets à patine bleue repris au banc de galets des Attaques, soit directement, soit à la suite d'éboulements, au cours du dépôt des sables.....	0 ^m 75	0 ^m 50
1 Sable grossier avec galets nombreux (représentant le cordon de galets en profondeur)		1 ^m 25

A titre de preuves indirectes de cette superposition, on peut encore noter que dans les carrières le gravier a été exploité jusqu'à un niveau légèrement inférieur au niveau d'eau soit approximativement jusqu'à l'alt. + 0^m50. Au contraire, les sables blancs à *Cardium edule* qui reposent vers l'alt. + 1 à zéro sur des sables gris bleu (1), s'élèvent tout autour du massif jusqu'à l'alt. + 2^m50 à + 3. (Sondages 277 à 282 et 284 à 286).

Age du banc de galets des Attaques. — L'ancienneté relative des sables et galets des Attaques est d'ailleurs rendue évidente par l'état de rubéfaction très prononcée de ces sédiments et leur décalcification qui est totale ; leur glauconie est très limonitisée et les grains de quartz du sable sont fortement pigmentés de limonite.

En résumé, les sables et galets du banc des Attaques sont tout à fait semblables à ceux qui constituent le massif de Coulogne, par leurs relations stratigraphiques, leurs caractères lithologiques, leur totale décalcification.

Il y a lieu de noter d'autre part que le massif des Attaques se trouve sur le prolongement de l'axe Sangatte, Petite Rouge Cambre, Coulogne. On est donc en droit de conclure que le banc de galets des Attaques fait partie du même système de formations littorales que celles de Sangatte-Coulogne et représente une formation d'âge *monastirien*.

§ 4. — OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LE CORDON LITTORAL COULOGNE-ATTAQUES.

Les deux bancs de galets de Coulogne et des Attaques rappellent par leur aspect général et leur constitution géologique, les bancs de galets que j'étudierai plus loin dans la Plaine maritime picarde et qui y sont appelés « pruques ». Ils appartiennent à une même série de formations littorales et prolongent vers l'E S. E., le cordon littoral qui longe la falaise morte de Sangatte à la Petite Rouge Cambre.

Ils semblent installés sur des hauts fonds de la plaine, à en juger par le sondage des Attaques.

(1) On verra plus loin qu'il n'y a pas de tourbe entre les sables blancs à *Cardium* et les sables gris bleu aux environs des Attaques.

On peut supposer que ces bancs ont été primitivement réunis en un seul cordon littoral que l'érosion a segmenté ultérieurement.

Altitude. — A Sangatte, les formations littorales, conservées à l'abri d'un épais manteau d'éboulis et de lœss, possèdent une altitude de + 11 environ ; les sables sont peu ou pas décalcifiés.

A la Petite Rouge Cambre, à Coulogne, le dépôt de sables et de galets atteint une altitude voisine de + 8 ; aux Attaques, le banc n'atteint plus qu'une altitude voisine de + 5.

Mais on a vu que les couches de sables et de galets de Coulogne et des Attaques étaient non seulement altérées en surface, mais aussi recouvertes de formations caillouteuses ou limoneuses qui paraissent provenir de la dégradation du cordon littoral lui-même. Il est donc évident que les bancs sableux de Petite Rouge Cambre, de Coulogne et des Attaques, ont dû posséder autrefois une altitude un peu plus élevée que leur altitude actuelle, voisine de celle des couches marines de Sangatte qui n'ont pas été dégradées ou l'ont été très peu sous leur manteau d'éboulis et de limons.

D'ailleurs, le cordon littoral des Pierrettes, beaucoup plus frais que celui de Coulogne et des Attaques a, lui aussi près de sa racine, une altitude supérieure de 0^m50 à 1^m environ à celle atteinte par les différentes terminaisons de ses digitations.

Calibre des éléments. — D'une façon générale, le calibre des galets diminue depuis Sangatte à l'W. jusqu'aux Attaques à l'E. A Sangatte, les galets de 15-20 cm. de diamètre ne sont pas rares ; à Coulogne, on observe surtout des galets de 10 cm. de diamètre ; aux Attaques, surtout des galets de 5 cm. de diamètre, ou plus petits. On observe des faits similaires dans le système littoral des Pierrettes.

Festons et Digitations. — Le cordon littoral de Coulogne présente un bord N. (marin) subrectiligne, et un bord S. (continental) festonné. Il paraît ainsi formé, comme le banc des Pierrettes, de masses élémentaires dont la direction générale est oblique (30° environ) par rapport à celle de l'axe général du banc. Le banc des Attaques lui-même qui ne paraît pas subdivisible en masses élémentaires, est arqué, avec concavité tournée vers l'intérieur du pays (ou vers le S.), comme on l'observe souvent pour les terminaisons des cordons littoraux.

Conclusions. — Les conditions géographiques dans lesquelles s'est constitué le cordon littoral monastirien de Sangatte, Petite Rouge Cambre, Coulogne, Attaques ont été très sensiblement identiques aux conditions qui régnaient lors de la formation du banc des Pierrettes, et, par suite, sensiblement identiques aux conditions géographiques actuelles : climat (ainsi que le montre la faune de Sangatte), morphologie côtière et courants côtiers (ainsi que le montrent la position et les détails de structure des bancs de galets de Coulogne et des Attaques).

CHAPITRE IV

Le cordon littoral des Pierrettes

§ 1. — GÉNÉRALITÉS ET HISTORIQUE

Le banc de galets des Pierrettes est l'une des formations géologiques les plus importantes de la Plaine maritime. Sa fraîcheur, son importance topographique et économique, font qu'il n'a échappé à l'attention d'aucun géologue, ni d'aucun géographe.

Antoine Belpaire en a donné les caractéristiques essentielles : à l'ouest de Calais, sur la route de Boulogne, existe un banc considérable de galets ; ce banc, ainsi que le terrain sablonneux qui se trouve à l'est (1), a une inclinaison vers l'intérieur du pays ; il forme une lisière plus élevée que le sol environnant, large d'un quart de lieue à son origine, vers l'ouest, et s'élargissant dans sa partie orientale. Antoine Belpaire ajoute en outre, fait sur lequel j'aurai à revenir, qu'on a trouvé dans ce banc, en creusant le canal des Pierrettes qui le traverse, des vases antiques et des vitrages à la profondeur de 15 pieds (2).

Après Belpaire, tous les géologues et géographes qui ont étudié la Plaine maritime flamande, se sont occupés du Banc des Pierrettes : Debray, Gosselet et M. Barrois en ont étudié la constitution géologique ; M. Briquet, les rapports stratigraphiques.

Figuration du banc des Pierrettes. — Pourtant la cartographie du banc de galets des Pierrettes se réduit à quelques croquis.

Les cartes topographiques de l'Etat-Major au 1/80.000^e (feuilles 1, Calais ; 2, Dunkerque), ou du Ministère de l'Intérieur au 1/100.000^e (feuilles Marquise xv-5, et Calais xvi-5) le mettent vaguement en évidence, grâce au figuré des watergands et des marais : une bande de terrain sans watergands correspond approximativement au banc des Pierrettes. Sur les feuilles de l'Etat-Major, en certains points, la nature caillouteuse et inculte du terrain est figurée.

Sur les plans directeurs de l'Etat-Major au 1/20.000^e, la plupart des carrières de Fort-Nieulay sont notées et les petits monticules sableux du banc de Marck sont figurés avec quelques cotes d'altitude.

La carte géologique détaillée au 1/80.000^e est très sommaire en ce qui concerne le banc des Pierrettes et ses dépendances. Sur la feuille de Calais (feuille 1, par Potier, 1878) le banc a été divisé en trois masses distinctes offrant chacune un contour schématique, sans figuré spécial avec simple-

(1) Banc de sable de Marck, sans doute.

(2) BELPAIRE. *Mém. changem. côte*, 1827, p. 30 ; — *Pl. Marit* (1^{re} partie), 2^e éd., 1835, p. 26-27.

ment la notation a² w, ' s ; il en est de même sur la feuille de Dunkerque, (feuille 2, par Potier, 1876), pour le banc sableux de Marck; entre Calais et Beaumarais, la limite S. en est soudain festonnée irrégulièrement: c'est peut-être le massif digité de Virval que Potier a figuré par ce feston, qui, en ce cas, n'est pas en bonne place.

M. Briquet (1) a donné en 1906 une carte des formations quaternaires des environs de Sangatte dans laquelle le cordon littoral des Pierrettes est figuré en trois tronçons: le tronçon oriental commence au Fort-Nieulay et s'étend jusque vers Marek; un petit massif est figuré au coude de la Digue Royale; enfin, progrès très sensible sur la figuration de la feuille géologique de Calais, un tronçon occidental s'étend depuis la plage de Sangatte (littoral actuel) jusqu'à 1.500^m environ dans l'intérieur des terres.

En 1921, dans une note déjà citée (2), j'ai donné une carte plus détaillée du Calaisis, dressée à coups de sonde, sur laquelle j'ai indiqué avec le plus de détails possible, les contours du banc des Pierrettes et de ses dépendances. J'ai figuré le banc de galets sans solution de continuité depuis la plage de Sangatte jusqu'à l'E. de Calais, les coupures qui s'y montrent au Fort-Nieulay me paraissant en grande partie artificielles.

Cette carte demande pourtant une nouvelle mise au point: En 1922 et 1923, j'ai en effet pu résoudre différents problèmes qui n'avaient qu'éteé entrevus en 1921. Ainsi la structure du cordon de galets au S. de Fort-Nieulay a fait l'objet de nouvelles recherches; j'ai pu me faire une idée de l'aspect du cordon de galets dans l'agglomération de St-Pierre en suivant pendant l'hiver 1922-1923 des travaux de voirie, et j'ai reconnu que la façon dont j'avais primitivement uni le banc de galets des Pierrettes avec le banc de sable de Petit-Courgain était erronée.

La carte que je présente dans ce mémoire (Pl. A), résulte de ces dernières recherches.

§ 2. — DESCRIPTION GÉOGRAPHIQUE DU BANC DE GALETS DES PIERRETTES.

Le banc de galets des Pierrettes débute à Sangatte au point où se termine la digue empierrée qu'on a appuyée sur lui; ce point est très voisin de la cabine d'attache des câbles télégraphiques à destination des Iles Britanniques (Pl. I, fig. 2, P). (3) Mais il a perdu sa racine; il est sectionné obliquement par le littoral actuel dont la direction générale est S.W.—N.E. à Sangatte, tandis que la direction générale du banc est W.E. (fig. 3).

Cette section formait jusqu'en 1922 un amas de galets généralement caché par le sable de la dune qui tend à envahir la côte à partir de Sangatte. Des circonstances favorables seules pouvaient en permettre l'observation. Ainsi que M. Briquet (4) l'a décrit, cette section se présentait sous l'aspect d'un épaissement du cordon littoral actuel, également formé de galets. Après les tempêtes de l'hiver 1921-1922, la section du cordon des Pierrettes était bien visible; mais toutefois les galets retournés sans ordre par la vague, ne formaient qu'un tas semblable à une masse d'éboulis jusqu'au niveau de la plage; celle-ci avait été dépouillée, par les derniers coups de mer, de son cordon de galets actuel, sauf au pied du cordon ancien où les galets se renouvelaient constamment à la suite d'éboulements. L'épaisseur visible de la masse de galets était de 2^m; la longueur visible de la section avait une trentaine de mètres.

(1) BRIQUET [6] *Form. quat. litt. P.-de-C.*; A. S. G. N., t. 35, 1906, p. 212, fig. 1.

(2) G. DUBOIS [9] *Résultats campagne de sondages*; A. S. G. N., t. 46, 1921, pl. I.

(3) G. DUBOIS [12] *Tempêtes côte Sangatte*, A. S. G. N., t. 47, p. 12, p. 21.

(4) A. BRIQUET [6] *loc. cit.*, p. 214.

Depuis ces tempêtes, qui ont fortement alarmé le Syndicat des Dunes, des blocs de béton ont été placés à l'extrémité de la digue et masquent le cordon des Pierrettes.

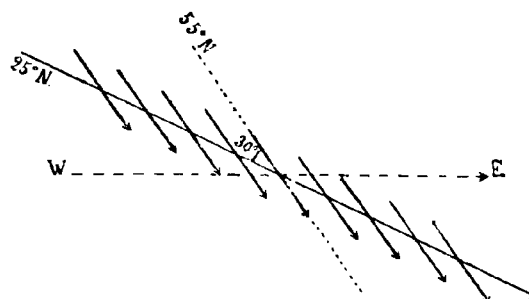
On peut voir les galets du banc des Pierrettes, dans les cours de quelques villas situées entre la cabine des câbles télégraphiques et la mairie de Sangatte. Puis on constate son existence sous la place de la mairie (repère d'altitude 4^m38, nivellement général). L'altitude du cordon de galets peut être fixée approximativement à 4^m25. Derrière la mairie, entre la route de Calais (chemin de grande communication n° 119) et la rue du Cran, était ouverte autrefois une petite carrière de galets, fermée depuis 1922. J'y ai vu des galets disposés sans ordre par suite de l'éboulement des parois de la carrière.

La rue du Cran et les maisons en bordure de cette rue sont installées sur la levée de galets; le sol s'abaisse de part et d'autre de la rue, au N. et au S.; le banc paraît ici avoir une centaine de mètres de largeur.

A l'E. des dernières maisons du Cran, le chemin Tournant, du plan cadastral, tourne au N., puis ultérieurement reprend son orientation primitive pour aller rejoindre la digue Camyn. Au premier angle du chemin Tournant, on a extrait autrefois des galets dans une petite carrière actuellement fermée. En 1921, j'ai pu y ramasser un galet de diorite.

Le banc des Pierrettes peut se suivre dans les prairies sèches et sableuses situées au S. du chemin Tournant. Il y est formé de bandes sableuses et caillouteuses alternantes et de direction oblique par rapport à la direction générale du cordon des Pierrettes. Tandis que dans ces prairies, la direction générale du cordon est W.25°N.—E.25°S., celle des bandes sableuses ou caillouteuses est W.55°N.—E.55°S. La différence angulaire est donc de 30° ; cette disposition a été schématisée dans la figure ci-jointe. Les bandes caillouteuses étant légèrement plus élevées et se prolongeant un peu plus loin vers le S. E. que les bancs sableux, il en résulte que le bord S. ou interne du cordon des Pierrettes est plus ou moins frangé. De ci, de là, existe une bande d'argile sableuse.

FIG. 8. — Obliquité des bandes sableuses et caillouteuses (W. 55° N. — E. 55° S.) du cordon littoral des Pierrettes relativement à la direction générale du cordon littoral (W. 25° N. — E. 25° S.) près de la digue Camyn.



Le cordon littoral se montre de plus en plus pauvre en cailloux, et les galets ont presque totalement disparu à la digue Camyn, où l'on éprouve beaucoup de difficultés à suivre la levée sableuse dont la largeur diminue considérablement; à l'E. de la digue Camyn, on voit seulement une bande sableuse de 10^m de largeur. Cette bande sableuse s'élève légèrement et s'élargit jusqu'à 50^m; puis elle se double de bandes sableuses et caillouteuses.

A 400^m à l'E. de la digue Camyn, le cordon littoral atteint environ 200^m de largeur. Ici encore, on constate l'obliquité des banes de sédiments sableux ou caillouteux, par rapport

à la direction générale du cordon littoral, qui est maintenant presque rigoureusement W. E. Les bandes de sédimentation sont W.20°N.—E.20°S., approximativement.

La levée de galets se suit alors sans aucune interruption de l'W.vers l'E., son bord N. ou externe étant presque toujours éloigné d'une cinquantaine de mètres de la digue Royale qui, sur plus d'un kilomètre, a été construite au-devant de la levée naturelle de galets.

Le sol a une altitude un peu inférieure à 5^m, (mais extrêmement voisine de ce chiffre); au S., on descend très vite dans des prairies humides ou des mares, à des altitudes inférieures à 2^m. Au N., on descend aussi, mais plus lentement, le sol se relevant à nouveau à la Digue Royale, au devant de laquelle l'argile des polders plus ou moins sableuse s'est déposée jusqu'à une altitude voisine de 4^m. (Pl. I, fig. 3).

Sur l'emplacement du cordon des Pierrettes, le sol est parsemé de galets; les cultures sont moins belles (moins denses surtout) que dans les champs voisins. Après la moisson, les champs installés sur le cordon de galets ont des chaumes très espacés. Ici encore, on peut constater rien que par ce caractère superficiel l'alternance de bandes de terrains plus riches en cailloux avec des bandes plus sableuses; les bandes caillouteuses sont plus stériles que les bandes sableuses.

A 1 km environ du Fort-Nieulay, la digue Royale fait un coude en baïonnette et s'installe sur le cordon des Pierrettes lui-même. Un peu au S. W. du coude et à la « Cage à Rats », il y a deux petites carrières abandonnées. Entre le coude de la Digue Royale et le hameau du Moulin, le cordon des Pierrettes, fortement sableux, a environ 200^m de largeur; ses bords interne et externe sont tous deux très festonnés; le bord externe ou septentrional est plus riche en galets que le bord interne ou méridional.

A l'E. de ce hameau, le banc des Pierrettes redevient plus riche en cailloux; il a tendance à s'élargir en même temps qu'à diminuer légèrement d'altitude. A l'angle de la Digue Royale et du chemin qui mène de la ferme Trouille au cabaret « A la Française », il y a une carrière abandonnée dont les couches sont éboulées. On suit les galets sous la ferme installée contre la pointe occidentale du fort Nieulay, ainsi que dans les champs situés au S. de cette ferme.

Plus à l'E., l'étude du cordon littoral des Pierrettes est très difficile parce que le Fort Nieulay a été installé en un point de la levée de galets qui présentait déjà une structure naturelle très complexe. Les bouleversements produits par l'établissement des remparts et le creusement des fossés empêchent d'éclaircir complètement la succession des événements qui, à un moment donné, ont provoqué selon toute vraisemblance, la rupture du cordon littoral avec dispersion de ses éléments dans le marais tourbeux qu'il séparait de la grève ou du polder. Je reviendrai un peu plus loin sur ce détail en étudiant la structure des points du cordon des Pierrettes rompus par des coups de mer. Je me contenterai pour le moment de signaler qu'au S. du cordon des Pierrettes, au niveau du Fort-Nieulay et près du lieu dit le Vivier, une masse considérable d'argile un peu sableuse et empâtant des galets, recouvre la tourbe du marais situé entre la Chaussée, Fort-Nieulay et la ferme Guillaume. D'autre part, des bandes sableuses étroites et allongées se suivent dans le Marais, entre la Tourelle et Fréthun. Je désignerai ces bandes sableuses sous le nom de *Digilations de la Tourelle*.

Au N. du Fort, on voit au pied du rempart le plus externe des sables blancs à *Cardium edule* dont je n'ai pu établir les relations exactes avec les formations immédiatement voisines qui sont, d'une part, les galets de la levée des Pierrettes, d'autre part, les argiles sableuses des polders Mouron, et les vases à *Scrobicularia piperata*, du Grand Courant.

Entre le Fort-Nieulay et les fortifications de Calais dans le faubourg nommé Fort-Nieulay, le cordon des Pierrettes est facile à observer, car il a été et est encore exploité dans de nombreuses carrières.

Les fossés d'une partie du front occidental des fortifications de Calais sont creusés dans la levée de galets. Tout le bastion N., une partie de son flanc S., et une grande partie de son flanc N. montrent des galets remués par la pelle.

Le canal des Pierrettes est creusé dans le cordon de galets selon une direction N. S., c'est-à-dire transversalement par rapport à la direction générale de la levée. Par l'observation de ses berges, on peut limiter de façon assez précise le cordon des Pierrettes au N. et au S., et en évaluer assez exactement la largeur, qui est de 800^m.

C'est tout ce qu'on peut tirer de l'étude du canal, qui ne montre plus aucun détail de structure de la levée de galets. Je n'en connais aucune coupe levée avec précision, soit à l'occasion de travaux de réparation des berges, soit à l'occasion de son creusement, qui date d'ailleurs des années avoisinant l'année 1785 (1).

La voie ferrée entre Calais-Ville et les Fontinettes entame le cordon des Pierrettes en tranchée. Une coupe encore assez fraîche peut y être observée au N. E. du pont de la route de Calais à Boulogne. Tout le quartier de Calais-St-Pierre compris entre les Fontinettes, la voie ferrée, et la fortification, est bâti sur le cordon de galets, sauf quelques rues au S. de la gare des Fontinettes. C'est le *quartier des Pierrettes*. L'altitude des galets s'y abaisse jusque vers 2^m, alors qu'elle est encore voisine de 4^m50 à la route de Boulogne. Derrière l'Abattoir, il y a plusieurs gravières abandonnées. Plus à l'E. encore, on est en pleine ville et les observations deviennent impossibles. Au cours de mes différentes visites dans la région de Calais, j'ai parfois eu la chance de voir des fondations de maison, ou des travaux de voirie qui m'ont fourni quelques indications sur la composition du sol de St-Pierre.

Ainsi, j'ai pu me rendre compte que le boulevard Gambetta (route de Boulogne) parcourt la partie la plus élevée du cordon de galets; l'altitude de la rue est à peu de choses près, celle du sol naturel, le service de voirie n'ayant eu aucun avantage à surélever artificiellement cette partie de la ville, dont le sol constituait un véritable macadam naturel. Cette altitude est de 4^m30 (Levé régulier au 1/20.000^e; (feuille Calais, xxii-2, n° 172).

La rue des Fontinettes est tout entière sur les sables à galets, jusqu'à la gare des Fontinettes.

La rue du 11 Novembre (Anciennement du Petit-Paris) est sur les galets, du boulevard Gambetta jusqu'à l'église du Sacré-Cœur. Au N., son pavage est installé directement sur l'argile des polders sableuse.

La rue des Salines est construite sur les galets dans sa partie S. et sur l'argile des polders dans la partie N., ainsi que l'a montré un sondage profond exécuté par MM. Pagniez et Brégl. (2)

(1) ARON, Ports maritimes, t. I, 1874, Calais p. 203. — ARON, CHARGUERAUD et BODIN, Port de Calais, 1904, p. 7.

(2) *Ann. Soc. Géol. N.*, t. 35, 1906, p. 177.

D'ailleurs, on se trouve ici dans la légère dépression qui correspond, un peu plus à l'E., au cours du fossé qui a nom l'Abime (ou Abyrne). Ce cloaque qui a peut-être été primitivement un fossé naturel, est un watergand qui se prolonge de l'autre côté du canal de Calais par le canal de Marck; il se tient un peu au N. du bord N. de la levée de galets des Pierrettes.

Dans des fondations, à l'angle du boulevard Jacquart et de la rue de Vic, je n'ai vu que l'argile des polders sableuse avec *Cardium edule* L. c.c.c.; *Hydrobia ulvae* Penn. cc; *Scrobicularia piperata* Gm. r. On n'est pourtant qu'à 200^m de la place du Théâtre qui est sur la partie haute de la levée de galets.

J'ai très peu de renseignements relativement à la constitution du sol de la partie S. de St-Pierre.

Le watergand de la Calendrierie paraît correspondre à peu près à la limite S. de l'affleurement du cordon des Pierrettes, dont les traînées caillouteuses s'étendraient en profondeur sur quelques centaines de mètres vers le S., sous l'argile des polders.

Les galets ont en effet été signalés par Debray à l'emplacement du pont du chemin de fer de Dunkerque sur le canal de Calais (1).

Le canal de Calais, qui joint St-Omer à Calais, coupe un peu obliquement le cordon des Pierrettes. Ses rives ne fournissent plus aucune indication utile sur la structure géologique du sol. Le canal date des années qui suivirent 1679 (2) et sa coupe ne semble pas avoir été levée.

Le cordon des Pierrettes s'observe dans la partie S. E. de St-Pierre, dans les jardinets en bordure du boulevard de Lesseps (route de Dunkerque) ou de la rue Victor-Hugo (route de St-Omer). Il est encore assez riche en galets sur son bord S, près de la porte de Saint-Omer; des gravières ouvertes autour de St-Pierre-Halte permettent d'observer cette masse de galets vers l'altitude 3^m. La malterie du Virval est installée près du bord S. du cordon littoral; un important forage y a été effectué autrefois par les soins de MM. Pagniez et Brégi; j y reviendrai plus loin.

De part et d'autre de la malterie du Virval, à l'W, près du bastion 6, et surtout à l'E. et au S. E., dans le marais situé entre Beaumarais et Coulogne, on peut reconnaître encore une nappe importante de galets, digitée et ramifiée, et que j'ai dénommée, dans mon étude préliminaire sur la structure du Calaisis, *Digitations du Virval*. (3) J'en étudierai plus loin la constitution.

Dans sa région N. le cordon littoral est moins riche en galets, ainsi qu'on peut l'observer le long du boulevard de Lesseps et aux abords de la porte de Dunkerque.

Dans les fossés du front E. des fortifications, on voit ces sables à galets jusqu'à 250^m environ au N. de la porte de Dunkerque. Les petites exploitations ouvertes dans le faubourg le long de la route de Dunkerque dans le voisinage du cimetière et toutes abandonnées maintenant, ne permettent plus d'observations précises; mais elles montrent pourtant que les galets sont relativement rares et disséminés par plages. L'altitude de ces sables à

(1) DEBRAY [7] *A. S. G. N.*, 1875, t. III, p. 2930.

(2) ARON, CHARGERAUD et BODIN, *loc. cit.*, p. 7.

(3) G. DUBOIS [9] Résultats campagne de sondages, *A. S. G. N.*, t. 46, 1921, p. 71, pl. I, n° 4 a.

galets est voisine de 4^m50. On peut suivre les sables jusqu'à Marek, le long de la route Nationale n° 40, et le long du chemin de fer de Calais à Gravelines.

La limite méridionale du cordon littoral reste toujours facile à tracer, souvent même sans avoir recours à la sonde, le sol sableux, sec et peu productif, tranchant assez avec le sol tourbeux, spongieux et humide que l'on trouve en bordure à une altitude voisine de 2^m50. Cette limite méridionale est toutefois assez irrégulière par suite de l'existence de traînées sableuses qui se prolongent vers le S. E. plus loin que d'autres.

Au N., sa limite est facile à tracer seulement près des fortifications de Calais où les sables à galets se distinguent facilement de la vase sableuse poldérienne qui borde le banc de sable. Une légère dépression d'altitude voisine de 2^m50 à 3^m, et occupée par le canal de Marek, longe le cordon littoral; cette dépression est elle-même limitée au N. par le banc sableux du Petit-Courgain de Calais dont il sera question plus loin. A mesure qu'on avance vers l'E., près des fermes Clipet et Roussel, la distinction du banc de Marek et du polder situé en avant de lui, devient plus difficile. D'une part, les galets sont presque totalement défaut dans le cordon littoral; d'autre part, le dépôt des polders devient de plus en plus sableux, fait qui paraît en relation avec la terminaison du cordon littoral du Petit-Courgain en face des dites fermes. Il faut alors avoir constamment recours à la sonde pour séparer les sables un peu grossiers, contenant quelques cailloux, dépourvus d'argile, qui sont ceux du banc de Marek, des sables un peu argileux sans cailloux qui se sont déposés au N. Une pente douce conduit d'ailleurs des altitudes voisines de 4^m50, occupées par la levée sableuse, à des altitudes voisines de 3^m qui règnent dans le polder sableux de Fort-Vert et de Petite-Walde.

La partie axiale de la levée sableuse de Marek offre un aspect très spécial; c'est une lande que les maigres jardinets de Beaumarais essaient de s'incorporer et qui a été utilisée en champ de manœuvre: c'est le *champ de l'Alma*, qui mesure 2 km. de long et qui, par places, présente de petites dunes de 2 à 3^m de hauteur. Près de l'église de Beaumarais, la levée sableuse mesure au total 1 km. de large (dans le sens N. S.).

Le Petit-Courgain de Marek et l'agglomération de Marek elle-même sont installés sur la levée de sable dont les galets sont devenus très rares. Marek dont le sol est à une altitude voisine de 5^m, est située à l'extrémité de cette levée sableuse. Le sol des abords de l'église est séparé par places du sol avoisinant le canal de Marek par un rideau de 2^m. Au-delà du canal de Marek, tant au N. qu'à l'E., on ne reconnaît plus la levée sableuse; les sondages ne montrent plus que des sables plus ou moins argileux, voire de l'argile franchement poldérienne, à une altitude variant de 2^m50 à 3^m.

Depuis les fortifications de Calais (porte de Dunkerque) jusqu'à l'extrémité E. du cordon littoral, (au pont Polard), la levée caillouteuse ou sableuse mesure environ 5 km. 800 de longueur.

Dans son ensemble, depuis la côte de Sangatte jusqu'à son extrémité E., à Marek, le cordon littoral des Pierrettes s'étend sur une longueur de 14 km. 600.

§ 3. — STRUCTURE GÉOLOGIQUE DU BANC DES PIERRETTES.

I. — *Le cordon des Pierrettes à l'ouest de Fort-Nieulay.*

Ainsi qu'on vient de le voir, à l'W. de Fort-Nieulay, les coupes dans le cordon littoral des Pierrettes sont très rares; les quelques carrières qui y ont été ouvertes sont abandonnées; la sonde à main est impuissante à pénétrer la masse de galets. De ci de là, un sondage peut être tenté aux points fortement sableux du cordon littoral; il ne descend guère au-delà de 1^m à 1^m50 de profondeur. En voici un exemple :

Sondage n° 8. — *Sangatte.* — Prairie entre le chemin Tournant et le watergand de Sangatte, sur la lisière S. du cordon littoral des Pierrettes, à 200^m à l'W. de la digue Camyn. Alt. 2^m50 environ,

	Prof.	Epaiss.
3. Sable gris		1 ^m 00
2. Sable gris bleuâtre, fin, un peu argileux	1 ^m 00	0 ^m 20
1. Sables mouillés et cailloux : arrêt du sondage	1 ^m 20	

Dans la petite carrière ouverte près du coude de la Digue Royale, on voyait encore en 1922, des banes de galets ayant conservé leurs rapports primitifs. Une masse supérieure de galets épaisse de 1^m25 environ, sans sable ou avec très peu de sable, recouvrait une masse de galets riche en sable. Une autre carrière dans la Cage à Rats, ne montrait en 1922 que du sable blanc, avec des galets relativement rares et aucun fossile.

II. — *Le cordon des Pierrettes à Fort-Nieulay.*

Ce n'est qu'à l'E. du Fort, dans le faubourg de Fort-Nieulay, que l'on peut relever quelques coupes dans le banc de galets, grâce aux nombreuses gravières ouvertes au N. et au S. de la route de Boulogne.

On retirait autrefois de ces gravières du ballast pour routes ou du sable pour la construction. Abandonnées peu à peu, la plupart de ces petites carrières qui parsemaient le faubourg ont été comblées d'immondices. Mais les progrès de l'industrie du ciment armé ont encouragé les différents exploitants à reprendre avec activité l'extraction des galets et graviers en vue de la fabrication de fragments de silex concassé. (Carrières Dufour et Létendard).

Malheureusement, ces grandes exploitations ne permettent guère d'observations précises : la partie supérieure du cordon littoral ayant déjà été enlevée, on exploite maintenant les galets et graviers à l'excavateur sous le niveau d'eau.

On ne peut ici avoir de renseignements que grâce à l'obligeance des exploitants (1), contremaîtres ou ouvriers.

Au contraire, les petites gravières que l'on ouvre ci et là, ainsi que les fondations de maisons, fournissent des documents précis sur la partie supérieure du banc de galets.

Sur le croquis ci-joint sont indiqués par des lettres les emplacements des coupes décrites ci-dessous (fig. 9) :

A. *Carrière Dufour.* — La gravière Dufour est ouverte vers l'altitude 5^m au N. de la route de Boulogne entre le Fort-Nieulay et les dernières maisons du faubourg.

L'excavateur ramène des sables, graviers et galets de 4^m50 de profondeur sous le ni-

(1) J'ai à me louer tout particulièrement de l'amabilité avec laquelle j'ai été admis à parcourir les chantiers des carrières Létendard.

veau d'eau qui se maintient approximativement à l'altitude 1^m50. Jamais l'excavateur ni les sondages de recherche n'ont ramené de tourbe.

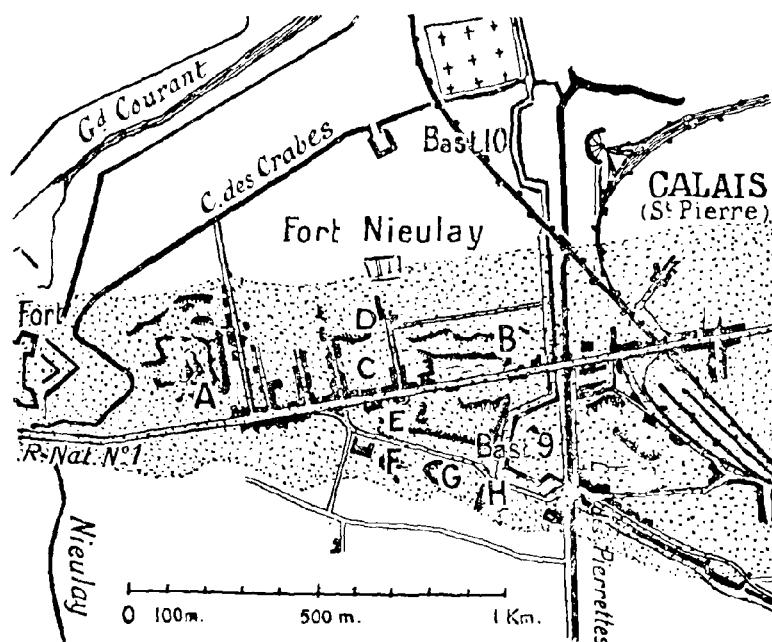


FIG. 9. — Carte des principales carrières de Fort Nieulay.

B. *Carrière Létendard*. — Elle s'ouvre vers la même altitude 5^m au N. de la route de Boulogne entre la fortification de Calais et les premières maisons du faubourg. (Pl. III, fig. 11).

L'excavateur descend également jusqu'à une profondeur de 4^m50, sous le niveau d'eau; à la partie supérieure, la masse est surtout riche en galets et graviers disposés en couches qui inclinent toutes vers le N. de quelques degrés. Vers la partie inférieure de l'exploitation, le banc est surtout riche en sables contenant quelques bancs de gros galets et de grandes Huîtres.

• Vers la profondeur de 3^m sous l'eau, à un emplacement très peu étendu, on aurait ramené un peu de tourbe. Sous la masse de sables à galets, on trouve de l'argile. Parmi les galets ramenés par l'excavateur, on peut faire une ample provision de galets de roches exotiques dont je donnerai la liste plus loin.

Autres carrières au N. de la route de Boulogne, C. — Dans une cour, entre deux files de maisonnettes, j'ai pu observer en décembre 1922, une cavité creusée en vue de l'exploitation du sable. On avait déjà exploité autrefois des galets sur 2^m50 d'épaisseur et les anciennes cavités avaient été remblayées en partie par des décombres. La nouvelle excavation montrait sous les remblais la coupe d'ensemble suivante :

3. Sables et galets (autrefois exploités, actuellement remplacés par du remblai)	2 ^m 50
2. Sables et graviers avec galets rares ; 4 ou 5 bancs de coquilles finement triturées de <i>C. edule</i>	1 ^m 30
1. Sables argileux avec gravier fin, galets mal roulés, coquilles triturées nombreuses	0 ^m 50

Toutes les couches, disposées en stratification plus ou moins entrecroisée, se fusionnant par places, ou se subdivisant en bancs plus minces en d'autres points, inclinaient dans l'ensemble de 10° en moyenne vers le N. E.; le niveau d'eau n'était pas atteint.

D. — Un peu plus au N., une autre carrière montre une coupe plus compliquée.

Elle est ouverte sur le flanc N. du cordon littoral dont la surface s'abaisse rapidement de l'alt. 4^m50 à l'alt. 3^m environ. La partie supérieure des couches a déjà été enlevée, lors d'une phase d'exploitation antérieure, sur 2^m environ qui sont maintenant occupés par des immondices et des décombres.

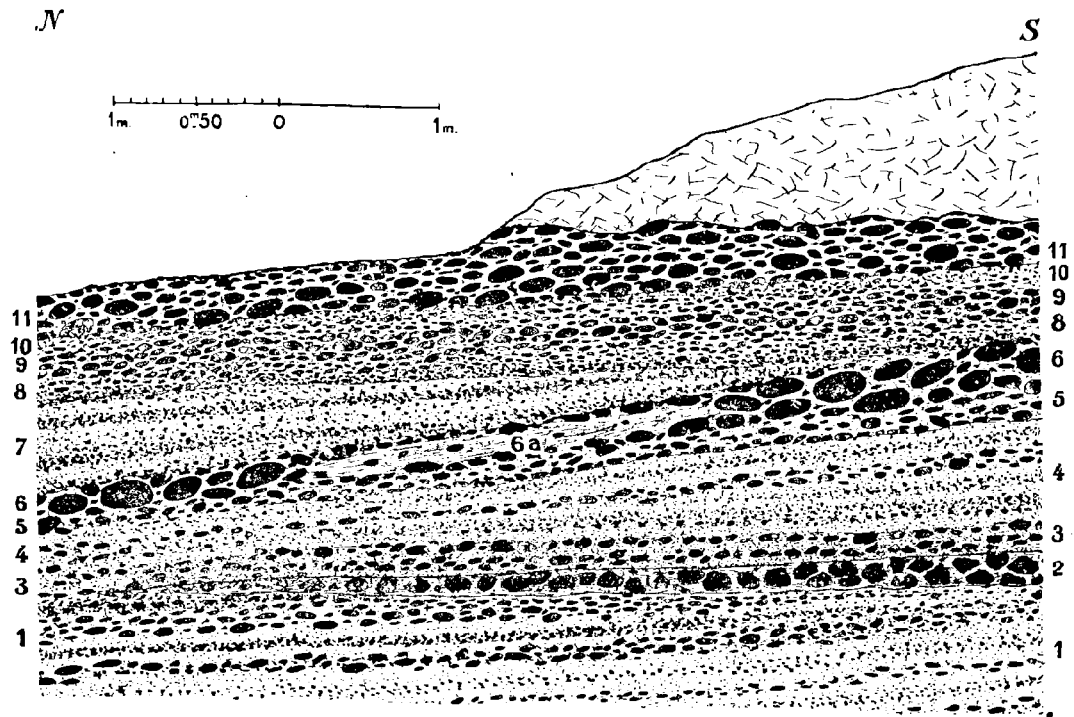


FIG 10. — Coupe demi schématique du cordon littoral des Pie rettes (carrière D).

On voyait, en décembre 1922, dans un angle de la carrière, des galets de calibres différents, des graviers, des sables, des sables glaiseux, en couches inclinées dans l'ensemble d'une dizaine de degrés vers le N., mais offrant une disposition entre-croisée très accusée par places (fig. 10).

Dans la partie la plus méridionale de la coupe, on pouvait noter ;

11. Sables et galets de 2 à 7 cm. de diamètre	0 ^m 25 à 0 ^m 45
10. Sables et galets de 1 à 2 cm.	0 ^m 05
9. Sables et galets de 2 à 5 cm. de diamètre, les plus gros galets étant situés vers la région moyenne de la couche	0 ^m 35
8. Sables et galets de 1 à 2 cm.	0 ^m 05
7. (Lacune)	
6. Sables et galets de 5 à 10 cm.	0 ^m 30
5. Sables et graviers avec galets de 2 à 5 cm.	0 ^m 15
4. Sables et graviers contenant des bancs de galets de différents calibres (de ½ cm à 5 cm)	0 ^m 60
3. Filets alternants de sables et couches de galets de 2 à 5 cm.	0 ^m 20
2. Sables argileux contenant des galets mal roulés de 5 cm.	0 ^m 25
1. Sables, graviers avec quelques coquilles cassées de <i>Cardium</i> et des galets de ½ cm à 5 cm.	0 ^m 70 à 0 ^m 90

Sol sableux de la carrière.

Les diamètres des galets signalés dans les différentes couches sont les diamètres les plus ordinaires dans chacune de ces couches: des galets plus petits ou plus grands peuvent fort bien être rencontrés, mais moins fréquemment que les autres.

A une distance de 6^m au N. du point précédent, la coupe était modifiée de la façon suivante :

11. Sables et galets de 2 à 7 cm. de diamètre	0 ^m 25 à 0 ^m 30
10. Sables et galets de 1 à 2 cm.	0 ^m 05
9. Sables et galets de 2 à 5 cm., les plus gros galets étant situés vers la partie moyenne de la couche	0 ^m 30
8. Sables et galets de 1 à 2 cm.	0 ^m 05
7. Couches alternantes de sables, graviers et petits cailloux mal roulés en général	0 ^m 55
5 et 6. Sables, graviers et galets de 2 à 10 cm., les plus petits étant vers la base	0 ^m 25
3 et 4. Sables et graviers avec galets de 2 à 5 cm.	0 ^m 35
2. (Lacune).	
1. Sables, graviers avec quelques coquilles cassées de <i>Cardium</i> et des galets de ½ cm. à 5 cm.	0 ^m 60

Entre les deux points observés, se développe, dans la couche 6 de gros galets, une lentille de sable argileux avec galets plus rares (6 a).

Cette coupe, bien que très incomplète puisque les 2^m supérieurs des couches sont absents, est pourtant d'un excellent enseignement relativement à la structure détaillée du cordon littoral des Pierrettes.

On y voit, en effet, des sédiments variés comprenant des sables, de fins graviers de silex, des coquilles cassées, des galets dont quelques-uns mal roulés, la plupart parfaitement roulés.

Les galets de différents calibres ne sont pas jetés sans ordre l'un sur l'autre; ils sont généralement groupés en lits d'après leurs calibres, les galets d'un même lit ayant souvent des calibres peu dissemblables.

Quoique tous les bancs aient une tendance à incliner vers le N. (c'est-à-dire vers la

mer) l'ensemble montre des couches en stratification nettement entrecroisée; quelques-unes sont lenticulaires.

Certains bancs sont particulièrement remarquables: Telle la série de couches que j'ai numérotée de 8 à 10, qui commence par de tout petits galets, offre ensuite des galets de plus en plus volumineux, puis à nouveau des galets de faible calibre, et cela selon une progression de calibre très continue et très régulière.

La couche de gros galets (6), qui semble terminer la série de couches 3, 4, 5, 6, est également digne d'attention; elle paraît avoir été ravinée, par places, par les argiles sableuses 6a, avant le dépôt des sables et graviers 7, puis des couches déjà décrites 8, 9, 10.

De tels détails dans les couches sont d'ailleurs très variables suivant les points observés: quelques mètres plus loin, la coupe a changé d'aspect. Aussi, à mesure que l'exploitation progresse, on voit l'allure des couches se modifier.

Carrières au S. de la route de Boulogne. — Au S. de la route de Boulogne, il y a plusieurs petites gravières anciennes dont la coupe montre encore quelques détails; quelques-unes viennent d'être remises en exploitation par la firme Létendard et permettent l'étude du flanc méridional du cordon de galets.

E. — La carrière est située à peu de distance de la route; elle n'offre pas de coupe fraîche. Son grand axe dirigé N.W.—S.E. est long d'une soixantaine de mètres; sa largeur atteint 30^m.

Dans sa partie septentrionale, le front d'exploitation, haut de 2^m à 2^m50 et d'ailleurs très éboulé, montre des galets et une forte proportion de sables.

Dans sa partie méridionale, on voit au contraire presque uniquement des galets; il n'y a de sable et des graviers que vers la base.

F. — La carrière F. est située au S. E. de la précédente; elle n'offre pas non plus de coupe fraîche.

Dans la partie N. de la carrière, des galets affleurent au sol sous quelques centimètres de terrain superficiel formé de sable argileux rempli de galets. Au S., la masse de galets s'abaisse assez rapidement sous 1^m d'argile grise à *Scrobicularia piperata*. Vers le S. E., on retrouve la même disposition, mais la masse de galets s'abaisse beaucoup plus lentement.

Cette carrière et la précédente sont très nettement ouvertes dans une masse riche en galets, dont l'axe est dirigé N.W.—S.E., obliquement par rapport à l'axe général du cordon littoral des Pierrettes, et qui est adjacent sur son bord N. E. à une masse plus riche en sable. De plus, on voit cette bande de galets s'abaisser vers le S. E., sous de l'argile de polder plus récente. Cet abaissement est d'ailleurs indépendant de l'inclinaison des bancs de galets qui se fait encore vers le N.

Elle correspond en surface à l'un de ces festons qui caractérisent la lisière méridionale de l'affleurement du cordon des Pierrettes.

G. — La carrière G. est également une ancienne exploitation, nouvellement ouverte. En décembre 1922, j'y ai pu lever sur un front de 25^m de longueur, la coupe suivante :

(a) dans l'angle N. W. de la carrière,

12. Sol végétal sableux avec galets et cailloux éclatés	0 ^m 20 à 0 ^m 30
11. Banc de petits galets, de 1 à 2 cm. de diamètre, à stratification très tourmentée, avec peu de sable	0 ^m 10 à 0 ^m 30
10. Banc de gros galets de 5 cm. à 10 cm. de diamètre, avec un peu de sable et petits graviers	0 ^m 40 à 0 ^m 60
9. Couche de sable avec galets de 5 cm. de diamètre moyen	0 ^m 15 à 0 ^m 20
8. Sable et petits cailloux mal roulés de 0 cm. 5 à 1 cm. de diamètre ..	0 ^m 02
7. Galets de 2 à 5 cm. avec peu de sable	0 ^m 03
6. Sable et galets de 2 à 5 cm.	0 ^m 10
5. Galets de 2 à 5 cm. avec peu de sable	0 ^m 03
4. Sable et galets de 2 à 5 cm.	0 ^m 10
3. Sable et galets de 5 cm.	0 ^m 15
2. Galets de 2 à 5 cm. avec peu de sable	0 ^m 10
1. Sable et galets de 2 à 7 cm.	0 ^m 15 à 0 ^m 20

(b) à l'extrémité S. E. du front d'exploitation, la coupe se modifiait de la façon suivante :

12. Sol végétal sableux avec galets et cailloux éclatés	0 ^m 30
11. Petits galets de 1 à 2 cm. mal stratifiés	0 ^m 30
10. Gros galets de 5 à 10 cm.	1 ^m 40
1 à 10. On ne voit que la partie moyenne de ces couches sans pouvoir y distinguer les différents bancs, en une masse de sables, de graviers, galets, sur.	0 ^m 20

Ces couches s'inclinent dans l'ensemble vers le N. E.

H. — La carrière H à l'E. de la précédente, contre le bastion 9, était exploitée activement en septembre 1921. J'y ai levé alors la coupe suivante, dans l'angle N. E. de la carrière (fig. 11) :

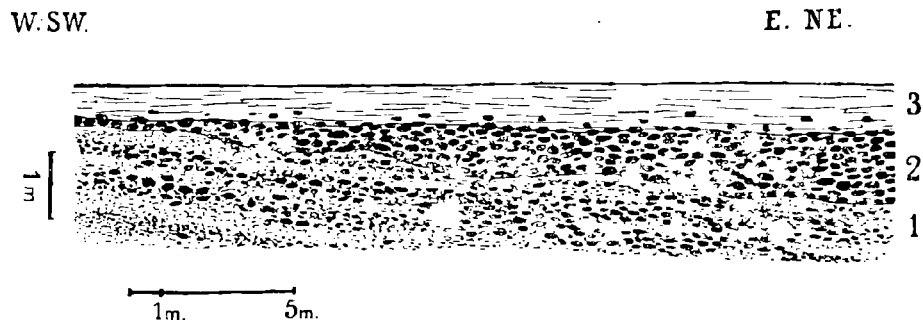


FIG. 11. — Coupe levée dans la carrière du bastion 9 (carrière H).

3. Argile grise de polder avec quelques galets bleus épars, <i>Cardium edule</i> , <i>Scrobicularia piperata</i> , quelques débris d' <i>Helix</i>	0 ^m 70
2. Banc de galets bleus avec très peu de sable, ravinant le banc sous-jacent	1 ^m 00
1. Bancs alternants de sable à galets relativement peu nombreux, et de sable plus riche en galets disposés en lits inclinés, les uns avec galets à patine bleue, les autres avec galets à surface oxydée brune ou rousse, visible sur.	1 ^m 50

Les couches de sables et de galets (couches 1 et 2) ont une allure légèrement entrecroisi-

sée et dans l'ensemble les différents bancs s'abaissent vers le N. E. de 15° en moyenne.

Dans la partie S., l'argile de polder a nivelé les inégalités de la couche sous-jacente dont quelques éléments sont remaniés dans l'argile. La surface de l'argile est presque horizontale, vers l'altitude 4^m sur la surface du banc de galets.

Mais à la limite S. de la levée de galets, elle s'abaisse très rapidement jusqu'au niveau du bas-pays. (alt. 2^m environ).

Dans la partie N. et N. W. de la carrière où le niveau des galets s'élève légèrement, elle n'est plus représentée.

La faune de cette argile est la faune typique des argiles de polders ; outre quelques traces d'*Helix* dont les coquilles sont très fragmentées, on trouve : *Scrobicularia piperata* Gm. ecc.; *Hydrobia ulvae* Penn. ecc.; *Cardium edule* L. ac.; *Mytilus edulis* L. r.

III. — Le Banc de galets des Pierrettes à St-Pierre.

Debray a suivi d'assez près les travaux de creusement des fortifications de Calais vers 1880 et en a tiré des documents très précis qu'il a consignés dans ses carnets d'excursion. Toutefois, son attention semble avoir été attirée, sans doute en raison de la marche même de ces travaux, plus sur les bastions situés au N. du cordon des Pierrettes que sur le bastion 9 établi dans la masse de galets elle-même.

Mais il a signalé à la gare de St-Pierre (maintenant gare de triage, au S. de la route nationale n° 1), une épaisseur de 4^m de graviers (1). Les échantillons qu'il y a récoltés sont des sables avec petits éclats de silex mal roulés de 0 em. 50 à 1 em. de diamètre, et galets moyennement roulés de 1 à 3 em., ainsi que des débris de coquilles (*Cardium edule* L., *Mytilus edulis* L., *Tellina balthica* L.).

Dans la tranchée de chemin de fer, sous le pont de la route nationale n° 1 (route de Boulogne), on voit des banes de galets inclinant au N.

J'ai connaissance de plusieurs sondages qui ont été effectués à Calais St-Pierre et au Virval, à travers le banc de galets des Pierrettes.

Je reviendrai plus loin sur ceux qui ont traversé toute la masse de dépôts quaternaires et ne signalerai ici que l'un d'entre eux exécuté par les soins de MM. Pagniez et Brégi, rue de la Vendée, en 1899, chez MM. Boot et fils.

Les résultats m'en ont été aimablement communiqués par M. Brégi.

Sondage à Calais-St-Pierre, rue de la Vendée. Alt. 3^m environ.

	Prof.	Epaiss.
5. Sable de mer		2 ^m 00
4. Sable avec coquilles	2 ^m 00	2 ^m 00
3. Gros gravier mêlé de sable	4 ^m 00	1 ^m 00
2. Gros cailloux roulés	5 ^m 00	2 ^m 50
1. Cailloux plus petits avec sable	7 ^m 50	
Arrêt du sondage	9 ^m 40	

IV. — Le Banc de galet des Pierrettes à l'E. de St-Pierre et le Banc sableux de Marck.

(1) DEBRAY. Carnets manuscrits (Bibl. Mun. de Lille), carnet XXIII, 1870, p. 20.

J'aurai à revenir plus loin sur la structure du banc de galets des Pierrettes au Virval.

Dans le petit golfe tourbeux situé entre le cordon de Marck et la nappe du Virval, les prairies sont parcourues par un grand nombre de bandes sableuses orientées vers le S. E., intimement mélangées à la tourbe, longues de quelques centaines de mètres et larges de quelques mètres, distantes également de quelques mètres.

Le sondage 59 a été effectué à travers l'une de ces bandes sableuses.

Sondage n° 59. — *Calais*. — Entre le Virval et Beaumarais, à 5^m de distance du sondage 58, sur une bande de terre sableuse. Alt. 2^m50.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable		0 ^m 30
3. Sable tourbeux	0 ^m 30	0 ^m 20
2. Tourbe sableuse	0 ^m 50	0 ^m 50
1. Sable gris bleu grossier	1 ^m 00	
Arrêt à	1 ^m 50	

Entre deux bandes sableuses, le sol est moins élevé de 0^m25 environ, plus humide et offre la constitution suivante :

Sondage n° 58. — *Calais*. — Entre le Virval et Beaumarais, entre deux bandes sableuses. Alt. 2^m25.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe un peu sableuse		1 ^m 00
1. Sable bleu grossier	1 ^m 00	
Arrêt à	1 ^m 50	

Ces bandes semblent être de véritables petites dunes, orientées obliquement par rapport à la direction générale du cordon des Pierrettes, installées dans le polder marécageux qui s'était développé entre la nappe de galets du Virval et le banc de Marck.

Le banc de Marck, en effet, par sa nature sableuse, a facilement donné prise à la formation de dunes. Bien que les petites dunes de Beaumarais soient éloignées de la mer de 4 km., et protégées du vent par deux chaînes de dunes élevées, l'action éolienne s'y fait encore sentir. Du sable en est encore enlevé et entraîné fréquemment dans le marais tourbeux de Beaumarais, ainsi que j'ai pu l'observer moi-même certains jours. Mais l'action éolienne sur les dunes de Beaumarais ne peut plus être qu'érosive, parce que au N. s'étend un vaste polder dont les dépôts argileux ne sont pas propres à alimenter la dune. Il est donc probable que lorsque le massif sableux de Marck formait le rivage, il était surmonté de dunes plus élevées qu'elles ne sont aujourd'hui. C'est au pied de ces dunes que devaient être installées les stations gallo-romaines dont on a trouvé les traces à Beaumarais, près du cimetière de Calais, à 2 km. plus à l'E. (alt. 3^m ou 3^m50), et près de Marck (1).

Au N. du cimetière de Calais près du bord N. du banc de Marck, à l'altitude 2^m70 (point coté du plan directeur) ma sonde a traversé 2^m10 de sables gris caillouteux, devenant peu à peu gris bleuâtre en profondeur (sondage 95).

Près de l'église de Beaumarais, j'ai pu effectuer le sondage suivant :

Sondage n° 57. — *Calais*. — (Beaumarais), au S. de la voie ferrée, près de l'église. Alt. 4^m.

(1) DEBRAY [7]. Terr. réc. Calais et Marck, A. S. G. N., t. 3, 1875, p. 30.

	Prof.	Epaiss.
2. Sable gris assez grossier avec quelques rares galets et cailloux anguleux		2 ^m 20
1. Sable gris bleu	2 ^m 20	
Arrêt dans les sables mouillés à	2 ^m 50	

A Marck, j'ai pu donner deux coupes de sonde dans le banc sableux, l'un près de sa lisière N. (sondage 79), l'autre près de sa lisière S., (sondage n° 81).

Sondage n° 79. — *Marck*. — Au N. du village; prairie sèche. Alt. 4^m.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable blanc gris		0 ^m 40
3. Sable humique	0 ^m 40	0 ^m 15
2. Sable blanc un peu argileux	0 ^m 55	2 ^m 00
1. Sable gris bleu à gros grains	2 ^m 55	
Eau : arrêt du sondage à	3 ^m 80	

Sondage n° 81. — *Marck*. — Dans une pépinière au S. de la gare de Marck. Alt. 4^m.

	Prof.	Epaiss.
2. Sable blanc jaunâtre doux au toucher, avec cailloux roulés et débris de <i>Cardium edule</i>		1 ^m 20
1. Niveau de graviers impénétrable	1 ^m 20	

§ 4. — DIGITATIONS DE LA TOURELLE.

Je dénomme ainsi des bandes sableuses qui des abords de Fort-Nieulay, se dirigent vers le S. W. et viennent mourir entre le massif monastirien de Petite-Rouge-Cambre et la ferme Willaume jusqu'au devant du golfe de Coquelles, (près de la ferme de la Tourelle). (1).

On observe mal les digitations de la Tourelle aux environs mêmes de Fort-Nieulay à cause des masses d'argile caillouteuses qui masquent en ce point tous les dépôts du Calaisis postérieur. On les voit surtout bien entre la Grande-Rouge-Cambre et la ferme Willaume. Elles sont au nombre d'une dizaine, mais ne peuvent être comptées exactement, car elles sont très capricieusement digitées et anastomosées.

Après de la Petite-Rouge-Cambre, dans une prairie où l'on avait exploité un peu de sable, j'ai pu les étudier, grâce à des sondages (fig. 5). Le sondage 49 ne m'a pas révélé de tourbe :

Sondage n° 49. — *Coquelles*. — Banc sableux dans les prairies de la Tourelle. Alt. 2^m.

	Prof.	Epaiss.
2. Sable blanc avec quelques galets rares		1 ^m 30
1. Sable gris bleu	1 ^m 30	
Arrêt à	2 ^m 50	

(1) C'est une des ramifications de la Tourelle que M. Briquet en 1906 (BRIQUET [6] Form. quat. littoral P. de C., p. 211, fig. I), puis moi-même en 1921 (DUBOIS G. [9] Résult. camp. sondages, p. 74, carte pl. I, n° 6), avons interprétée comme un petit massif sableux « de Château-Pigache » reliant le massif de la Petite Rouge Cambre à celui de Coulogne. M. Briquet a eu l'obligeance de me faire part des doutes qu'il éprouvait au sujet de son interprétation, bien qu'elle parût être confirmée par ma campagne de sondages de 1921. Au cours de ma campagne de 1922, j'ai multiplié les coups de sonde entre Fort-Nieulay, la Tourelle et la Ferme Willaume et ai modifié cette manière de voir. J'ai d'ailleurs rejeté le nom de *Château-Pigache* pour adopter celui de *Tourelle* qui est plus exact, le Château-Pigache se trouvant sur le coteau crayeux près du moulin de Coquelles, tandis que la ferme de la Tourelle est construite au pied du coteau à peu de distance d'une des terminaisons des digitations sableuses étudiées.

Au sondage 48, à 25^m à l'W. du précédent, entre deux bancs sableux j'ai rencontré au contraire 1^m90 de tourbe en surface reposant sur de la glaise, un peu sableuse en profondeur (jusqu'à 3^m50).

Les sondages 159 et 260, effectués aux extrémités de deux bandes sableuses montrent le sable reposant sur la tourbe. Je donne ci-joint les détails du sondage 260 :

Sondage n° 260. — *Fréthun*. — Prairies de la Tourelle. Alt. 2^m.

	Prof.	Epaiss.
3. Sable grossier, un peu argileux (avec <i>Cardium edule</i>)		0 ^m 60
2. Tourbe	0 ^m 60	0 ^m 20
1. Argile bleue	0 ^m 80	
Arrêt à	2 ^m 00	

Aux sondages 256, 258, 259 (territoire de Coquelles), dans les prairies entre la Tourelle et la ferme Willaume, vers les extrémités des bandes sableuses (alt. 2^m), j'ai traversé sur 1^m50 un mélange de sables marins et de tourbe en filets alternants, reposant sur de l'argile bleue sableuse.

Ces différents sondages montrent que les digitations de la Tourelle se sont installées peu à peu dans une sorte d'estuaire marécageux, généralement occupé par de l'eau douce, où la tourbe se développait, mais que de temps à autre un banc sableux était amené par une marée, et cela à différents niveaux; les courants ascendants étaient d'ailleurs capables de remanier et d'étaier les lames sableuses.

§ 5. — DIGITATIONS DU VIRVAL.

J'ai déjà signalé ces digitations et les ai figurées (1) :

Elles sont orientées du N. W. vers le S. E. et forment de longues traînées caillouteuses dans le Marais entre Coulogne et Beaumarais, à fleur de sol, à une altitude à peine plus élevée de 0^m25 que la masse tourbeuse environnante.

Les bandes caillouteuses ont 20 à 50^m de largeur; elles sont digitées et anastomosées; il est de la sorte impossible de les compter. La plupart sont groupées en faisceaux. Entre le watergand du S. (auprès de la ferme Dall) et la route de St-Omer, quelques petits trous d'exploitations y ont été ouverts.

Les bandes les plus longues ont environ 1.400^m de longueur. L'une d'elles se trouve au S. de la route de St-Omer, et va mourir près du massif monastirien de Coulogne (fig. 6).

Je n'ai pu sonder à travers les digitations caillouteuses. Elles sont tout à fait comparables à celles de la Tourelle, mais elles sont plus facilement observables en raison de leur nature caillouteuse.

Bien qu'elles appartiennent à la même série géologique que le banc des Pierrettes et les digitations de la Tourelle, elles paraissent devoir être légèrement plus récentes que ces dernières, puisqu'elles sont un peu plus éloignées qu'elles de la base de Sangatte.

(1) Dubois [9] Résultats campagne de sondages, pl. I, 4 a.

§ 6. — RAPPORTS DU BANC DES PIERRETTES.

Je n'envisage pas ici les conditions de superposition stratigraphique du banc de galets avec les couches sous-jacentes, mais les relations stratigraphiques du banc avec les dépôts de la Plaine maritime au N. et au S.

Il n'est pas toujours aisé d'établir ces relations stratigraphiques. En effet, de part et d'autre du banc, il existe une zone de terrain plus ou moins étendue, recouverte par des galets éboulés provenant du banc lui-même et descendus soit dans le polder, soit dans le marais. La couverture ainsi produite est souvent suffisamment importante pour empêcher le passage de la sonde. Quand on s'écarte un peu plus du banc, la sonde passe, mais ne rencontre plus en profondeur aucune formation attribuable au dépôt littoral.

Voici un exemple de ce fait pris aux abords du coude de la Digue Royale, où le banc de galets n'a guère que 150^m de large. Après diverses tentatives, les coups de sonde les plus proches de la levée de galets que j'ai pu donner de part et d'autre, au N. et au S., se trouvent être distants l'un de l'autre de 300^m. La largeur du banc de galets est doublée en apparence. Ces sondages ne montrent plus aucun galet et ne nous renseignent aucunement sur les relations de superposition entre les dépôts littoraux et les formations poldériennes ou tourbeuses rencontrés de part et d'autre du banc.

Voici d'ailleurs les résultats de ces deux sondages n° 26 et n° 28 :

Sondage n° 26. — *Sangatte*. — Champ à 150^m environ au N. de la Digue Royale, près du watergand. Alt. 4^m25.

	Prof.	Épais.
4. Argile de polder un peu sableuse		1 ^m 10
3. Argile de polder très sableuse	1 ^m 10	0 ^m 10
2. Sable grossier aquifère	1 ^m 20	0 ^m 40
1. Sable gris bleu boulant. Arrêt	1 ^m 60	

Sondage n° 28. — *Coquelles*. — Prairie à 300^m environ au S. de la Digue Royale. Alt. 2^m25.

	Prof.	Épais.
8. Sable gris humique entraîné par le vent et le ruissellement de la levée de galets, et sol végétal		0 ^m 30
7. Argile gris vert	0 ^m 30	0 ^m 60
6. Argile verdâtre à filets tourbeux et limonitiques	0 ^m 90	0 ^m 10
5. Tourbe	1 ^m 00	0 ^m 25
4. Argile grise sableuse	1 ^m 25	0 ^m 55
3. Tourbe	1 ^m 80	0 ^m 10
2. Argile bleue	1 ^m 90	1 ^m 80
1. Argile bleue sableuse et aquifère	3 ^m 70	
Arrêt à	3 ^m 80	

En certains points favorables, j'ai pu relever quelques coupes montrant les relations du bord S. et du bord N. du banc de galets avec les dépôts de la plaine voisine.

Bord S. du banc des Pierrettes.

Dans les carrières de Fort-Nieulay, situées au S. de la route, on peut observer très nettement que la surface de la masse de galets des Pierrettes s'enfonce au S. sous de l'argile des polders à *Scrobicularia piperata*.

Dans la carrière que j'ai désignée comme carrière F, on voit 0^m50 d'argile à *Scrobicularia* reposer sur les galets.

Dans la carrière du bastion 9 (carrière H), on voyait vers sa partie S. jusqu'à 0^m70 d'argile des polders à *Scrobicularia piperata*, *Hydrobia ulvae*, et *Cardium edule*, reposant sur le banc de galets (fig. 11). J'ai pu sonder à 2^m de profondeur dans un champ situé à 10^m seulement de la lisière S. de la carrière. J'ai obtenu les résultats suivants :

Sondage n° 42. — Calais. — Champ en bordure de la carrière du bastion 9. Alt. 2^m30.

	Prof.	Epaiss.
6. Terre végétale humique sableuse avec d'assez nombreux galets roulés et descendus du cordon littoral		0 ^m 30
5. Argile un peu tourbeuse, brune	0 ^m 30	0 ^m 50
4. Argile gris jaune, sableuse avec débris de <i>Scrobicularia</i>	0 ^m 80	0 ^m 50
3. Argile un peu sableuse bleue	1 ^m 30	0 ^m 30
2. Argile bleuâtre, avec lits de petits galets et quelques cailloux anguleux	1 ^m 60	0 ^m 40
1. Sable et galets. Arrêt du sondage à	2 ^m 00	

La sonde a donc porté sur le flanc S. du cordon de galets recouvert de 2^m de dépôts poldériens.

A l'angle S. E. du bastion 9, e'est-à-dire à environ 150^m à l'E. de la gravière décrite, précédemment, et à une altitude voisine de 2^m, on voit de même dans la fosse à fumier d'une ferme les galets bleus du cordon des Pierrettes sous 0^m50 d'argile grise des polders à *Scrobicularia*.

A l'extrémité de la rue de Turenne, près des fortifications, dans une ancienne gravière, j'ai pu voir encore en 1922 les détails suivants (fig. 12) :

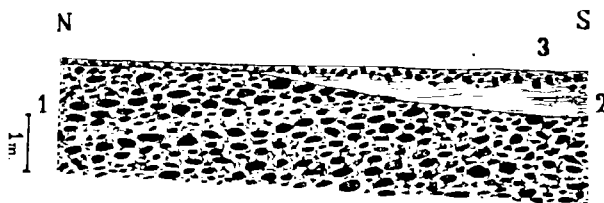


FIG. 12. — Coupe levée dans la carrière de la rue de Turenne.

LÉGENDE — 1, galets ; — 2, argile grise ; — 3, argile avec galets remaniés.

a) dans la partie N. de la carrière, sur 2^m d'épaisseur, des galets avec quelques lits dérangés et rubéfiés en surface.

b) dans la partie S. de la carrière, sur la masse de galets (visible seulement sur 1^m50), une épaisseur de 0^m80 d'argile grise, en tous points semblable à l'argile des polders à *Scrobicularia*, mais dans laquelle je n'ai trouvé que quelques *Helix* et *Limnæa palustris* Müller. Les 10 centimètres supérieurs de cette argile sont bourrés de galets glissés ou roulés des régions plus élevées du banc de galets.

Au pont du chemin de fer de Calais à Dunkerque, sur le canal de Calais à St-Omer, Debray a relevé la coupe suivante au moment de l'établissement des culées du pont :

Calais. — Culée de droite du pont du chemin de fer de Calais à Gravelines, sur le canal de St-Omer à Calais. Alt. 1^m20.

	Prof.	Epaiss.
3. Terre de marais		0 ^m 30
2. Argile bleuâtre	0 ^m 30	0 ^m 80
1. Silex roulés bleu foncé	1 ^m 10	0 ^m 50

La « terre de marais » de Debray est une tourbe noire, peu argileuse, dont j'ai pu vérifier l'existence de part et d'autre de la ligne de chemin de fer de Calais, grâce à deux coups de sonde (n° 272 et 273) :

Sondages 272 et 273. — *Calais*. — Rive occidentale du canal de Calais; entre la voie ferrée et la fortification. Alt. 1^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe		1 ^m 00
1. Argile bleue un peu sableuse	1 ^m 00	

La coupe vue par Debray est d'autant plus intéressante que la limite S. d'affleurement du banc de galets des Pierrettes coïncide à peu près dans St-Pierre avec le watergand de la Calendrierie qui se trouve à 300^m au N. du point considéré ici.

Aux gravières Dufour, au Virval, on observe la coupe suivante :

3. Galets et sable humique		0 ^m 20 à 0 ^m 30
2. Tourbe		0 ^m 30
1. Sable et galets. Visibles sur		0 ^m 50

Les galets supérieurs sont déposés sans ordre dans les sables humiques; ils ne paraissent pas en place.

Au contraire, les sables et galets inférieurs sont nettement stratifiés et représentent le banc des Pierrettes.

Conclusion. — En tous les points favorables où l'on peut observer les rapports directs entre la masse principale de galets du banc des Pierrettes et les dépôts de la région basse marécageuse qui se trouve au S. du banc littoral, on voit que les plus élevés de ceux-ci reposent sur le bord interne du massif de galets du cordon littoral (fig. 13).

Bord N. du banc des Pierrettes.

Les relations du banc de galets avec les formations poldériennes qui le bordent au N. sont extrêmement simples: les dépôts de galets du banc passent latéralement, et en s'abaissant peu à peu, à des formations de graviers et de sables de plage. C'est ce qu'on observe sur la plage actuelle; c'est aussi ce que l'on peut observer dans la falaise quaternaire de Sangatte: le cordon littoral passe latéralement à des sables de plage situés à un niveau plus bas que le cordon littoral. Sur ces sables de plage reposent des argiles poldériennes (fig. 13).

Cette simplicité même rend, en fait, très difficile le tracé de la limite N. du banc de galets, surtout dans la région de Marek et Beaumarais où le cordon littoral lui-même est à l'état de sable presque sans galets. La difficulté ne cesse qu'aux points où un dépôt poldérien récent recouvre directement le flanc N. du banc de galets, comme presque partout à l'W. de Calais dans les anciens polders Mouron.

Voici quelques séries de sondages et de coupes destinées à illustrer ces considérations:

I. *Entre le hameau du Moulin et la ferme du Fort-Nieulay*, j'ai pu observer en 1923, au cours de travaux destinés à l'établissement d'une voie d'exploitation de carrières, le bord N. du massif de galets des Pierrettes légèrement festonné et recouvert par 0^m50 à 1^m d'argile de polders.

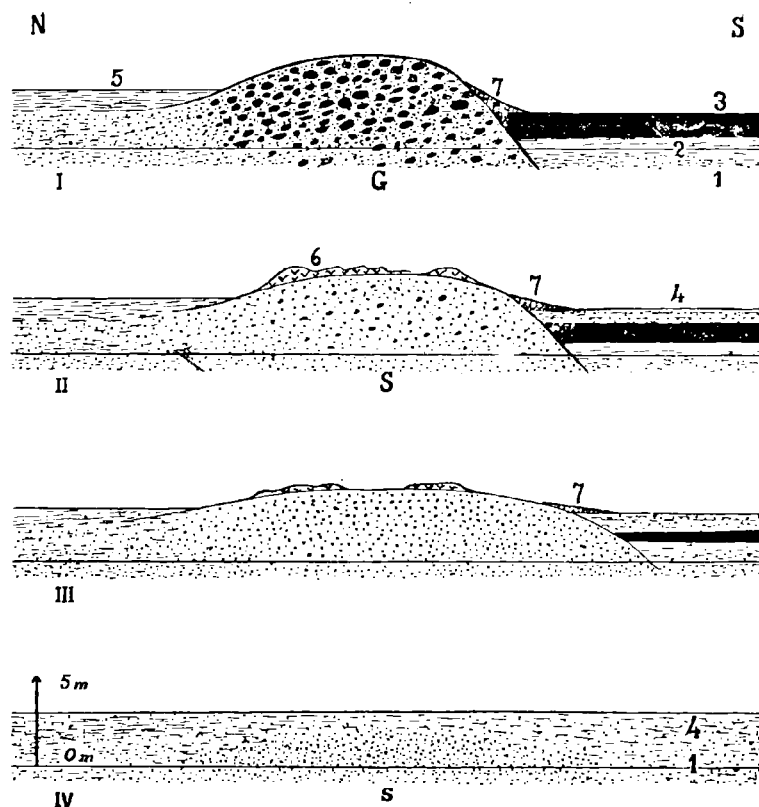


FIG. 13. — Coupes demi-schématiques montrant les relations du cordon littoral des Pierrettes avec les dépôts poldériens et tourbeux du Calaisis.

LÉGENDE. — I, coupe à l'W. de Calais ; — II, coupe un peu à l'W. de Beaumarai ; — III, coupe entre Beaumarais et Marck ; — IV, coupe à l'E. de Marck ; — G, galets des Pierrettes ; — S, sable pauvre en galets de Beaumarais — s, sable sans galets de Marck ; — 1, sables gris bleu ; — 2, argile de polder ; — 3, tourbe ; — 4, sable à *Cardium edule* ; — 5, argile de polder du Calaisis antérieur ; — 6, dunes et sables éoliens ; — 7, éboulis et produits de ruissellement.

II. *Front W. des fortifications.* — On suit les galets en affleurements jusqu'à 150-200^m au N. de la route Nationale n° 1. Puis on les voit recouverts par une couche de plus en plus épaisse d'argile des polders à *Cardium edule* et à *Scrobicularia piperata*, dans laquelle ils sont remaniés. Un peu plus loin, on ne les observe plus, même à l'état remanié dans l'argile des polders.

On trouve dans les carnets manuscrits de Debray (1), un certain nombre de coupes E.-W. parallèles à l'axe du banc des Pierrettes, levées lors du creusement des fortifications et qui, rassemblées, permettent de dresser une coupe N. S. du bord N. du banc de galets, perpendiculairement à ce bord.

(1) DEBRAY. Carnets manuscrits, n° XXIII, 1880, p. 49, 25, 33, 37, 51.

Je me contenterai de résumer quelques-unes de ces coupes E. W. :

1° Coupe à 200^m au N. de la route Nationale n° 1 (coupe 3 du carnet de Debray). Alt. du sol : environ + 3.

5. Argile gris bleu, noirâtre, sableuse avec petits galets de 0 cm. 5 à 4 cm., rarement brisés	environ	1 ^m 00
4. Sable blanc		0 ^m 50
3. Sable coquillier, avec petits galets rares de 2 à 4 cm. et coquilles plus ou moins fréquentes (<i>Cardium edule</i> L. cc, <i>Scrobicularia piperata</i> Gm., <i>Hydrobia ulvae</i> Penn., c, <i>Mytilus edulis</i> L., <i>Buccinum undatum</i> L.)....		0 ^m 55
2. Sable gris roux avec <i>Cardium</i> rares		0 ^m 40
1. Sables et galets.		

2° Coupe un peu au N. E. de la précédente (coupe a. b. du carnet de Debray); l'altitude du sol est 2^m27 (d'après Debray).

3. Argile de polder grise sableuse, présentant des bancs plus argileux alternant avec des bancs plus sableux contenant des débris de coquilles (<i>Cardium edule</i> et des <i>Helix</i>), offrant des teintes bleues et jaunes en affleurement; avec petits galets de 0 cm. 5 à 4 cm., rarement brisés	0 ^m 70 à	1 ^m 00
2. Couches sableuses avec coquilles et petits galets de 2 à 4 cm. (<i>Hydrobia ulvae</i> Pennant, ccc, <i>Cardium edule</i> L., cc, <i>Mytilus edulis</i> L., <i>Barnes candida</i> L., <i>Murex crinaceus</i> L., r.)	0 ^m 80 à	0 ^m 90
1. Sables et galets, (bien roulés, de 1 à 5 cm., rarement 10 cm.), avec fragments de <i>Cardium edule</i> . Visible sur		0 ^m 60

Au N. de cette section, à des altitudes voisines de 3^m, les différentes coupes relevées par Debray ne montrent plus de galets, mais seulement des sables couronnés par des argiles :

à 270 ^m de la route Nationale (coupe L. M. de Debray),	0 ^m 30 d'argile sur	1 ^m 15 de sables roux.
à 285 ^m — — (coupe I IV-K IV de Debray),	0 ^m 40 d'argile sur	0 ^m 90 de sables gris ou roux.
à 311 ^m — — (coupe G H de Debray),	0 ^m 80 d'argile sur	1 ^m de sable, (avec une bande humique entre l'argile et le sable).
à 331 ^m — — (coupe E F de Debray),	0 ^m 75 d'argile sur	0 ^m 85 de sable, (avec une bande humique entre l'argile et le sable).
à 365 ^m -- -- (coupe C D de Debray),	0 ^m 55 d'argile sur	0 ^m 65 de sable.

Ces différentes observations montrent que les sables s'appuient sur le banc de galets et en protongent latéralement les couches les plus élevées. Une argile des polders recouvre à la fois les sables et le bord du banc de galets.

111. *Frès de la fortification de Calais (front oriental)*. — Aux abords de la porte de Dunkerque, le banc sableux de Marek contient encore des galets. Au N. on descend assez rapidement de l'alt. + 4 à l'alt. + 2,50 où l'on se trouve dans le polder qui sépare le banc de Marek du banc du Petit Courgain.

A la limite du banc sableux et du polder, j'ai établi le sondage suivant :

Sondage n° 93. — Calais. — Porte de Marek. Alt. 2^m75.

	Prof.	Epaiss.
4. Argile sableuse à <i>Cardium</i> et à <i>Scrobicularia</i>		0 ^m 20
3. Sable blanc un peu argileux	0 ^m 20	0 ^m 30

2. Sable gris roux	0 ^m 50	0 ^m 30
1. Sable mouillé, bleu, à gros grains	0 ^m 80	
Arrêt à	1 ^m 20	

Les formations argilo-sableuses du polder (couches n° 3 et 4), viennent très nettement s'appuyer contre les dépôts littoraux du banc de Marek (couches n° 1 et 2).

IV. *Entre Beaumarais et Marck.* — La route qui passe près du Moulin Clipet et de la ferme Roussel forme à peu près la limite septentrionale des paquets de dunes du Champ de l'Alma. Près de la ferme Roussel (sondage n° 56) et du pont Sergeant (sondage n° 55), la sonde rencontre des couches variées de sables et d'argiles sableuses formant passage entre les couches sableuses du banc de Marek et les couches plus argileuses du polder.

Voici les détails des sondages 56 et 55 :

Sondage n° 56. — *Calais.* — A la ferme Roussel. Alt. 3^m50.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable humique		0 ^m 30
3. Sable blanc jaunâtre glauconieux	0 ^m 30	1 ^m 00
2. Sable un peu argileux à <i>Hydrobia</i>	1 ^m 30	0 ^m 80
1. Argile sableuse	2 ^m 10	
Arrêt dans l'eau à	2 ^m 30	

Sondage n° 55. — *Calais.* — Canal de Marck, rive S., au Pont Sergeant. Alt. 2^m60.

	Prof.	Epaiss.
3. Sable gris un peu argileux		0 ^m 80
2. Argile grise sableuse	0 ^m 80	0 ^m 30
1. Sable gris bleuâtre, mouillé	1 ^m 10	
Arrêt à	1 ^m 30	

§ 7. — CARACTÈRES LITHOLOGIQUES DU BANC DES PIERRETTES.

Le banc est formé de sable, de gravier et de galets :

A. *Sable.* — *Carrières de Fort-Nieulay.* — C'est dans les carrières de Fort Nieulay qu'on peut le plus aisément récolter du sable non décalcifié à une certaine profondeur du sol. Ce sable est formé de grains de quartz bien roulés, de 200 à 300 μ avec glauconie relativement peu fréquente en gros grains non altérés de 150 μ . Il y a en outre de nombreux petits graviers de silex, plus ou moins bien roulés dont le calibre moyen varie de 500 μ à 1 mm. et de nombreux fragments de test de Lamellibranches de même calibre, pour la plupart attribuables à *Cardium edule*. Ces fragments s'observent même dans des lits qui, à l'œil nu, paraissent totalement dépourvus de fossiles.

Bandes sableuses de la Digue Camyn. — Dans les bandes sableuses fossilifères du banc, à l'W. de la Digue Camyn, le sable presque pur qui constitue quelques-unes d'entre elles, est assez grossier : grains de quartz bien roulés de 300 à 400 μ de diamètre, légèrement limonitisés ; glauconie fréquente de 200 μ ; très peu de fragments de coquilles.

Digitations de la Tourelle. — Le sable blanc des digitations de la Tourelle est un peu plus fin. Les grains de quartz assez mal roulés n'ont guère que 200 μ de diamètre ; la glauconie est très rare bien que non altérée, en grains de 200 à 250 μ . On trouve en outre, quelques paillettes de mica, de 600 μ de diamètre maximum, et quelques petits galets mi-

créscopiques, parfaitement roulés, de quartz blanc légèrement translucide, de 600 μ de diamètre maximum. (Echantillon pris à 1^m30 de profondeur).

Ancienne gare de St-Pierre. — (Sables ramenés par Debray en 1870). Sable formé de grains de quartz anguleux, ou peu roulés, souvent tachés de limonite, diamètre moyen de 100 à 200 μ . Glauconie rare en rognons de 100 à 150 μ de diamètre. Nombreux débris de coquilles et petits graviers de silex.

Fortifications de Calais. — Front W., à 120^m au N. de la route Nationale n° 1. (Sables ramenés par Debray en 1880).

Sables avec débris de *Cardium edule*, quelques petits cailloux de silex anguleux (et des galets de 1 à 6 cm. de diamètre). Les sables sont en grains de 200 μ assez mal roulés, à glauconie rare.

Fortifications de Calais. — Front E. (angle S. du bastion 5) entre la route Nationale 40 (Dunkerque) et 43 (St-Omer) à 1^m20 de profondeur. (Sables ramenés par Debray en 1880) (1).

Sable quartzeux en grains de 200 μ roulés. Grains de glauconie nombreux, non altérés, de 200 μ .

Banc de sable de Marck. — Beaumarais. Sondage 57. (Prise d'échantillon vers 2^m). Sable à cailloux rares. Le sable est formé de quartz bien roulé, de 200 à 250 μ , assez fréquemment coloré par de la limonite. Glauconie rare, de petite dimension (40 μ). Nombreuses petites concrétions pisiformes formées de grains de quartz agglutinés par de la limonite.

Les caractères généraux des sables du cordon littoral des Pierrettes sont donc les suivants :

Sable peu ou pas décalcifié. Grains de quartz bien roulés, et de calibre moyen de 200 μ . Glauconie plus ou moins abondante, rarement altérée. Par places grains de silex, d'origine locale et produits de trituration de Lamellibranches. Mica très rare.

B. Galets du banc des Pierrettes. — La répartition géographique et stratigraphique des galets des Pierrettes ou « galets de St-Pierre », dans la masse du cordon littoral, a été étudiée précédemment.

Je rappelle simplement ici que les 50 centimètres supérieurs du banc, aux endroits incultes, sont souvent constitués par des galets sans aucune trace de sable intercalaire: c'est que le sable de cette zone supérieure a été lavé par les pluies et a coulé dans les marais ou dans les polders voisins.

Galets de silex. — Les galets de St-Pierre offrent un type moyen qui, bien que non spécial au banc des Pierrettes, est pourtant assez caractéristique. Ce sont des galets de silex bien roulés, à pâtine bleue dans les zones non oxydées du banc, à pâtine brune dans les zones oxydées. Le silex est noir à l'intérieur. Ces galets ont environ 5 cm. dans leur plus grand diamètre; leur poids varie de 30 à 50 gr.

(1) Echantillon n° 47, DEBRAY, Carnet XXIV, p. 41.

A côté de ces galets de type moyen qui sont les plus nombreux, on trouve d'ailleurs tous les types possibles de galets: graviers et cailloux non roulés, mais à arêtes arrondies, de toutes tailles et de tous poids; silex cornus à apophyses à peine émoussées; galets de grosse taille bien roulés, de fortes dimensions, et dont le poids est susceptible d'atteindre 1.000 gr. ou 2.000 ou plus encore.

Ce sont tous silex de la craie, provenant soit directement du massif crétacé du Blanc-Nez, soit indirectement du remaniement des silex de la plage suspendue monastirienne de Sangatte et des limons qui recouvrent ce dépôt marin.

Galets de grès diestien. — Outre les galets de silex, qui sont de beaucoup les plus fréquents, on trouve en assez grande abondance dans le cordon littoral des Pierrettes des galets de grès ferrugineux diestien des Noires-Mottes. Ici encore leur origine paraît être le remaniement des blocs contenus dans la plage suspendue monastirienne de Sangatte et dans les limons qui la recouvrent.

Dans le banc des Pierrettes, les galets de grès diestien sont des galets plats, à contour plus ou moins polygonal et à bords bien roulés, à surfaces planes ou faiblement convexes, rarement ondulées inversement à ce qu'on observe souvent sur les galets similaires du cordon littoral actuel. En outre, on trouve fréquemment de petits galets de grès diestien fortement altéré à la surface qui peut être grattée au couteau en donnant un résidu de sable limonitique, ce qu'on n'observe pas dans le cordon littoral actuel.

Dans les carrières Létendard, la drague ramène souvent de gros galets de grès diestien de 500 gr. ou plus.

Galets de craie. — Ils sont fréquents dans les couches inférieures du banc de galets. L'excavateur de la carrière Létendard en ramène en grand nombre. Ce sont presque uniquement des galets de craie éénomaniennne provenant du Blanc-Nez. Beaucoup d'entre eux sont perforés de trous de lithophages et en particulier de *Zirphaea crispata* L.

Ils sont généralement d'assez forte taille et pèsent fréquemment 500 gr., parfois jusqu'à 1.500 gr. Ils sont toujours bien roulés.

Galets d'origine boulonnaise. — Parmi divers galets que j'avais soumis à son examen, M. P. Pruvost m'a indiqué des échantillons de grès verts albiens et de grès du jurassique supérieur. Ces échantillons sont d'ailleurs rares.

Galets exotiques. — Les galets franchement exotiques, sont au contraire très communs dans les carrières de Fort-Nieulay. M. Ch. Barrois a signalé déjà l'existence, dans le banc des Pierrettes, de galets de roches granitiques dont l'origine paraît devoir être recherchée dans le massif armoricain (1). Ils sont surtout nombreux dans les zones inférieures du banc, aux profondeurs de 3^m et plus. L'excavateur des carrières Létendard en ramène un grand nombre. Ils sont alors de grande taille, atteignant souvent 300 gr. ou plus. De gros galets de 500 gr. ne sont pas rares. Ils sont bien roulés, ovoïdes ou plans, parfois subsphériques.

Ils sont toujours très frais, ne présentant aucune p^âtine d'altération. Lorsque la roche

(1) Ch. BARROIS [17] *A. S. G. N.*, t. 34, 1905, p. 111.

cristalline dont ils sont constitués est altérée, ce qui est assez rare, l'altération est antérieure à la formation du galet, car les zones d'altération n'ont aucune relation avec la surface du galet.

M. Ch. Barrois a bien voulu examiner les divers galets exotiques que j'ai récoltés dans le cordon littoral des Pierrettes, principalement à Fort-Nieulay et y a reconnu les types lithologiques suivants :

- Granite rose, type armoricain.
- Granite à amphibole, type de St-Brieuc.
- Diorite.
- Arkose à grains grossiers de grès feldspathiques.
- Grès de l'assise des grès feldspathiques.
- Leptynite.

§ 8. — FAUNE DU CORDON LITTORAL DES PIERRETTES.

Les coquilles ne sont fréquentes que dans les zones sableuses du cordon littoral. Quel que soit leur état de fragmentation, elles ont un test épais, solide, non décalcifié (ou très peu décalcifié).

Dans les prairies, près de la Digue Camyn, à la surface des bandes sableuses, j'ai pu récolter : *Cardium edule* L. cc, *Hydrobia ulvae* Penn. cc, *Tellina balthica* L. cc, *Scrobicularia piperato* Gm. c, *Barnea candida* L. r, *Mytilus edulis* L. r.

Dans les couches de graviers des petites carrières de Fort-Nieulay, on trouve en très grande abondance des *Cardium edule*, triturés en très petits fragments.

Aux abords de l'ancienne gare de St-Pierre et du bastion 9, Debray a ramassé *Cardium edule* L. c, *Mytilus edulis* L. r.

Aux carrières Létendard, on trouve parfois dans les gravières des fragments de *Cardium edule* et de *Zirphaea crispata* L.

Zirphaea crispata L. est très commune : sa présence est surtout décelée par de nombreux galets de craie perforés par cette espèce, (ramenés par l'excavateur).

L'excavateur ramène aussi, de la profondeur 4 à 5^m, de nombreuses valves d'*Ostrea edulis* L. Ce sont des coquilles du type commun, subelliptiques ou subtriangulaires, épaisses et de grande taille.

Voici quelques-unes des dimensions de ces valves :

75 mm. × 75 mm. — 95 mm. × 75 mm. — 95 mm. × 95 mm.

105 mm. × 95 mm. — 120 mm. × 105 mm. — 125 mm. × 120 mm.

A la faune malacologique décrite ci-dessus, il y a lieu d'ajouter les *Cliona*, fréquentes sur les grandes huîtres des carrières Létendard, et les *Polydora ciliata*, qui ont couvert de leurs perforations certains galets de craie, à la carrière ouverte derrière la mairie de Sangatte.

En résumé, la faune du banc de galets des Pierrettes comprend les espèces suivantes, rangées par degré de fréquence, avec l'indication de leurs affinités climatiques.

<i>Cardium edule</i> L. (ccc)	L	<i>Hydrobia ulvae</i> Penn. (ac)	B
<i>Tellina balthica</i> L. (cc)	B	<i>Mytilus edulis</i> L. (r)	B
<i>Zirphaea crispata</i> L. (cc)	B	<i>Scrobicularia piperata</i> Gm. (r)	L
<i>Ostrea edulis</i> L. (c)	L	<i>Barnea candida</i> L. (rr)	L

et en outre :

Cliona, *Polydora ciliata* Johnst.

Les *Ostrea edulis* L. de grande taille caractérisent par leur fréquence les couches sableuses situées à 4 ou 5^m sous la surface de cordon littoral.

L'ensemble de la faune offre un caractère boréo-lusitanien comme la faune actuelle du littoral calaisien.

La faune est pauvre en espèces: il en est de même de la faune actuelle du littoral calaisien qui se réduit à un très petit nombre d'espèces communes.

Deux formes attirent spécialement l'attention :

1° *Zirphaea crispata* L., la grande Pholade boréale, est fréquente dans les perforations des galets de craie trouvés à la partie inférieure du banc de galets.

Comme je l'ai déjà dit plus haut (à propos de l'étude des formations monastiriennes de Sangatte), *Zirphaea crispata* est réellement l'espèce caractéristique des dépôts littoraux actuels des environs de Sangatte par sa grande fréquence. On se souvient qu'elle n'a pas été citée jusqu'à présent avec certitude, dans les couches monastiriennes de Sangatte.

La fréquence de *Zirphaea crispata* dans les couches profondes du banc des Pierrettes est donc un caractère en faveur de l'attribution des dites couches à des dépôts peu anciens.

2° Pourtant, l'abondance d'*Ostrea edulis* de très grande taille dans ces mêmes bancs, vient leur donner un aspect faunique légèrement différent de celui des dépôts littoraux actuels du littoral calaisien. Les valves d'*Ostrea edulis* qu'on peut récolter sur le littoral calaisien actuel sont généralement de plus petite taille et relativement rares. Il en résulte que la faunule boréo-lusitanienne du cordon littoral des Pierrettes offre un caractère un peu plus lusitanien que la faunule actuelle du Calais.

3° Au point de vue stratigraphique, on peut noter que la partie inférieure des couches exploitées dans les carrières Létendard est surtout riche en *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Zirphaea crispata*.

La partie la plus élevée est surtout riche en *Cardium edule* et *Tellina balthica*.

§ 9. — DOCUMENTS ARCHÉOLOGIQUES.

On a vu que des stations gallo-romaines étaient installées sur le banc de Marck.

Lors du creusement du canal des Pierrettes, on aurait trouvé, d'après Belpaire (1), divers restes archéologiques gallo-romains avec « vitrages », à la profondeur de 5^m. Cette découverte mériterait confirmation; on peut d'ailleurs se demander si ces restes n'ont pas été enfouis bien après le dépôt des couches de galets qui les contenaient.

(1) BELPAIRE, Mém. changem. côte, 1827, p. 3^o, et 2^{me} éd., Plaine maritime, p. 26-27.

§ 10. — RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES CARACTÈRES DU CORDON LITTORAL DES PIERRETTES.

Le cordon littoral atteint une altitude à peine supérieure (0^m50 à 1^m) à celle que le cordon littoral actuel est susceptible d'atteindre aux environs de Calais et de Sangatte.

Ses éléments lithologiques ne sont ni altérés, ni décalcifiés. Parmi ses galets, on trouve de nombreux échantillons de roches exotiques bien conservées.

Sa faune diffère à peine de la faune actuelle du littoral calaisien ; *Zirphaea crispata* s'y trouve représentée en abondance ; il y existe une grande forme d'*Ostrea edulis*.

Il n'offre en aucun point de couverture de limons ou de produits de remaniement autres que des sables éoliens.

CHAPITRE V

Etude des dépôts de surface du Calaisis au S. et au N. du cordon littoral des Pierrettes

Première partie. — Le Calaisis au S. du cordon littoral des Pierrettes

(*Calaisis postérieur*)

§ 1. — RÉGION OCCIDENTALE DU CALAISIS POSTÉRIEUR OU MARAIS.

Aspect général de la région occidentale du Calaisis postérieur. — C'est une région de prairies humides et de marais, qui, au début du XIX^e siècle restait inondée tout l'hiver (1) et dont l'altitude varie de 0^m61 à 2^m50 (2) ; elle est encore connue sous le nom de « Marais ».

La protection naturelle de ce pays marécageux fait défaut à Sangatte où l'action érosive de la mer consécutive au recul du Blanc-Nez a détruit la racine du cordon des Pierrettes.

C'est maintenant une digue de pierre qui défend l'accès de la mer, dans les prairies de Sangatte-Coquelles, lors des hautes marées et des tempêtes (fig. 3 et Pl. I, fig. 1 et 2).

Tourbe de Sangatte. — C'est au-devant de cette digue qu'affleure sur la plage, lorsque celle-ci est désensablée, la masse de tourbe de Sangatte, étudiée par le D^r Robbe, le conducteur des Ponts-et-Chaussées Delannoy, les géologues Debray, Chellonneix, Ortlieb, MM. H. Rigaux et Briquet, et observée fréquemment au cours d'excursions de la Faculté des Sciences de Lille. Son gisement se trouve en arrière de la racine disparue du cordon littoral des Pierrettes. Son épaisseur varie de 0^m50 à 1^m20 ; elle est généralement voisine de 0^m80.

Elle repose sur un sable argileux jaune ou sur de l'argile blanchâtre. (3)

L'altitude de sa surface est voisine de + 2^m40. (4).

Elle est riche en débris de bois, en débris d'os de Mammifères (Mouton) et a fourni des monnaies et des objets divers gallo-romains (5). Au-devant de l'église, on a longtemps pu observer à marée basse, creusés dans la tourbe, des puits distants de 5 à 6^m, cuvelés par des moellons de craie et qui ont livré au D^r Robbe des poteries que M. H. Rigaux a reconnues dater du XIII^e siècle. (6)

(1) BLANCHARD [2] Origines des Moères, p. 342.

(2) Plan directeur Et. Maj. 1/20.000 c., Rég. de Boulogne (Calais . f. 172 (XXII-2 , 1888-92.

(3) DEBRAY [5] Tourbières, p. 445 ; — BRIQUET [6] Form. quat. litt. P.-de-C., p. 214.

(4) DEBRAY [6] Alt. couches tourbe, p. 83.

(5) DEBRAY [5] Tourbières, p. 459.

(6) ORTLIEB [2] Modif. récentes côte Sangatte, 1880, p. 118-119 ; — RIGAUX, H. [2] Observ. poteries de Sangatte, 1880, p. 12^v. (M. H. Rigaux pense que ces poteries sont peut-être plus récentes que le XIII^e siècle, mais certainement pas plus anciennes).

La tourbe se retrouve dans toutes les excavations creusées dans le bourg. Les pompes la traversent pour aller chercher l'eau douce sous les argiles auxquelles elle est superposée.

Marais de Sangatte. — Malgré la grande quantité d'eau qui imprègne les sables et les tourbes dans le marais situé entre Sangatte et la Chaussée, j'ai pu y donner plusieurs coups de sonde de 3^m, et atteindre, sinon la craie en place, au moins une couche de sables et graviers avec craie remaniée qui paraît annoncer le socle crayeux à une faible profondeur (en accord avec ce que montre le sondage profond fait au bourg de Sangatte).

Sondage n° 1. — *Sangatte.* — Au N. de la ferme Bara, près du watergand. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
7. Limon de lavage sableux		0 ^m 30
+ 2 ^m 70 6. Tourbe sableuse	0 ^m 30	0 ^m 30
5. Argile grise, sableuse et tourbeuse	0 ^m 60	0 ^m 50
+ 1 ^m 90 4. Tourbe mousseuse	1 ^m 10	0 ^m 05
3. Argile gris bleu	1 ^m 15	0 ^m 05
+ 1 ^m 80 2. Sable bleu argileux	1 ^m 20	0 ^m 40
+ 1 ^m 40 1. Sable roux avec graviers et morceaux de craie	1 ^m 60	
Arrêt du sondage (eau, gravier, craie)		1 ^m 70

Le limon sableux (couche 7) qui recouvre la tourbe n'est ici qu'un limon de lavage descendu du coteau crayeux.

Sondage n° 4. — *Sangatte.* — Sondage au « Cran », près du watergand de Sangatte. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
9. Argile grise, légèrement sableuse, compacte à la base.....		0 ^m 50
+ 2 ^m 50 8. Tourbe, avec débris de coquilles terrestres.	0 ^m 50	0 ^m 10
7. Argile grise	0 ^m 60	0 ^m 10
+ 2 ^m 30 6. Tourbe mousseuse, brune (eau à 1 ^m 10)	0 ^m 70	1 ^m 05
5. Argile grise	1 ^m 75	0 ^m 05
+ 1 ^m 20 4. Tourbe noire compacte à débris de coquilles	1 ^m 80	0 ^m 10
3. Argile compacte bleu verdâtre	1 ^m 90	0 ^m 55
+ 0 ^m 55 2. Sable jaunâtre argileux, à débris de coquilles marines	2 ^m 45	
1. Eau ; arrêt du sondage à	3 ^m 10	

Le coup de sonde n° 18 a été donné au milieu du marais qui occupe les prairies des Calimottes, en un point très bas de la plaine :

Sondage n° 18. — *Sangatte.* — Prairie des Calimottes, près de l'étang au S. de la levée de galets. Alt. 2^m.

	Prof.	Epaiss.
8. Terre noire, fortement tourbeuse, et tourbe		1 ^m 10
7. Argile verte	1 ^m 10	0 ^m 40
+ 0 ^m 50 6. Tourbe	1 ^m 50	0 ^m 50
5. Argile verte	2 ^m 00	0 ^m 10
— 0 ^m 10 4. Sable jaune, à cailloux de silex, puis blanc à la base	2 ^m 10	0 ^m 50
3. Boue crayeuse et sable	2 ^m 60	0 ^m 40
2. Boue crayeuse et grains de craie	3 ^m 00	0 ^m 20
— 1 ^m 20 1. Craie plus homogène; arrêt du sondage	3 ^m 20	

L'existence de la boue crayeuse à la profondeur de 3^m20 semble indiquer le voisinage

de la craie *in situ*, sur laquelle reposent des sables marins puis des dépôts de polder ou de marais.

Il en est de même du sondage n° 29, situé à peu près à la même distance du coteau crayeux de Coquelles que le sondage n° 18.

Sondage n° 29. — *Coquelles*. — Prairie tourbeuse à l'W. de la Chaussée. Alt. 2^m.

	Prof.	Epaiss.
4. Tourbe		1 ^m 00
3. Argile sableuse, passant du bleu au gris, puis au roux.....	1 ^m 00	1 ^m 15
2. Argile sableuse à grains de craie	2 ^m 15	0 ^m 45
— 0 ^m 60 1. Boue crayeuse, arrêt du sondage	2 ^m 60	

Le sondage n° 28, fait à 500^m du sondage n° 29, montre jusqu'à la profondeur 3^m70 des formations tourbeuses et poldériennes; il en est de même des sondages 36 et 37 effectués près de Fort-Nieulay; mais la boue crayeuse reconnue dans les sondages précédents n'a pas été touchée.

Marais de Coquelles à Guines. — De nombreux sondages, effectués dans les régions de prairies humides situées au pied du coteau crayeux à la Chaussée, Nielles-les-Calais, Saint-Tricat, Hames-Boueres, Guines, Coquelles, Fréthun, Coulogne, Calais, montrent des formations poldériennes recouvertes d'une masse de tourbe superficielle dont l'épaisseur varie entre 0^m10 et 1^m90; l'épaisseur moyenne est de 0^m50.

Voici, parmi les plus typiques, quelques-uns de ces sondages :

Sondage n° 43. — *Calais*. — Prairies entre le « Café du Sondage » et « Fort-Nieulay ». Altitude + 0^m61 (Point coté E. M., plan directeur).

	Prof.	Epaiss.
6. Tourbe et argile tourbeuse		0 ^m 70
5. Argile gris bleuâtre	0 ^m 70	0 ^m 20
4. Argile noire, tourbeuse	0 ^m 90	0 ^m 10
3. Argile grise, sableuse	1 ^m 00	1 ^m 00
2. Argile grise, plus sableuse	2 ^m 00	0 ^m 40
1. Sables gris bleu; arrêt du sondage	2 ^m 40	

Sondage n° 48. — *Coquelles*. — Prairies de la Tourelle. Alt. + 2^m.

	Prof.	Epaiss.
3. Tourbe		1 ^m 90
2. Argile bleue	1 ^m 90	1 ^m 10
1. Sables argileux gris jaune	3 ^m 00	
Arrêt à	3 ^m 50	

Sondage n° 212. — *Nielles-les-Calais*. — Au N. de Basse-Nielles. Alt. 2^m.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe		0 ^m 10
1. Argile bleue, rapidement sableuse	0 ^m 10	
Arrêt dans l'argile sableuse à	1 ^m 50	

Les résultats des sondages 44, 50, 111, 115, 118 à 120, 125 à 128, 134, 145, 148 à 151, 156, 164, 166, 167, 173, 174, 176, 182, 210, 211, 220, 223, 227, 232, 235, 239, 240, 245 à 247, 254, 255, 257, 266, 267. sont conformes aux résultats des sondages précédents.

Ces sondages montrent que la région de la plaine calaisienne qui vient d'être étudiée est essentiellement constituée par une accumulation de sédiments d'origine poldérienne avec intercalation de bancs tourbeux.

Il faudra y joindre les amas de marnes blanches à Limnées et Bythinies sur lesquels je reviendrai plus loin.

Modifications des sédiments à l'embouchure des vallons du coteau crayeux. — En face des petits vallons qui descendent du coteau crayeux, et qui, pour la plupart, ne sont occupés actuellement que par d'insignifiants ruisseaux ou par des filets d'eau torrentiels après les orages, les sédiments de la plaine maritime changent d'aspect.

La tourbe pure fait défaut; elle est remplacée par une argile sableuse impure, à débris végétaux et coquilles limniques, avec, parfois, de petits cailloux et des grains de craie roulés.

Ce sont des sédiments apportés par les petits ruisseaux ou des produits dûs au mélange des limons de lavage des pentes avec la tourbe. La sonde les ramène sous forme d'une boue putride qui devient, en séchant, une sorte de limon gris sale, tourbeux et coquillier. Dans les coupes de sondages ci-dessous, j'ai désigné ces sédiments sous le nom d'alluvions tourbeuses.

Ce limon tourbeux, de même que les tourbes, occupe différents niveaux dans la série sédimentaire de la plaine maritime; toutefois, mes sondages n'ont pu mettre en évidence que les masses de limon tourbeux comprises entre les profondeurs de 0 à 3^m50.

Le sondage n° 116 effectué dans le Marais de Guines donne une excellente idée de la constitution de la plaine maritime au pied du coteau crayeux :

Sondage n° 116. — *Guines.* — St-Blaise (Marais de Guines). Alt. 2^m.

	Prof.	Epais.
8. Alluvions tourbeuses, fortement sableuses		0 ^m 50
7. Tourbe	0 ^m 50	0 ^m 40
6. Argile grise sableuse	0 ^m 90	0 ^m 05
5. Tourbe	0 ^m 95	0 ^m 05
4. Argile grise sableuse	1 ^m 00	0 ^m 35
3. Tourbe brune, riche en débris végétaux	1 ^m 35	0 ^m 35
2. Argile bleue	1 ^m 70	1 ^m 20
1. Argile grise	2 ^m 90	
Arrêt à	3 ^m 40	

Les couches 1 et 2 ont l'aspect habituel des argiles poldériennes profondes des autres parties de la Plaine maritime. Les couches 4 et 6 sont moins pures, et on y constate de façon manifeste l'apport des sédiments descendus du coteau crayeux. Il y a pourtant deux bancs de tourbe pure, mais peu épais, (0^m40 et 0^m05).

Le sommet est constitué par de l'alluvion tourbeuse très sableuse.

La superposition de l'alluvion tourbeuse à la tourbe s'observe également dans les prairies basses qui bordent la rivière d'Hames, ainsi que dans le vallon de Coquelles.

En certains points, les alluvions argilo-tourbeuses reposent directement sur l'argile bleue. (Exemple: sondage 209).

Sondage n° 209. — *Nielles-lez-Calais*. — (Basse-Nielles). Alt. 2^m.

	Prof. Epais.
2. Alluvions tourbeuses	0 ^m 65
1. Argile bleue	0 ^m 65
Arrêt à	1 ^m 10

Les sondages 132, 157, 158, 207, 208, effectués dans le vallon de Coquelles et à Basse-Nielles, près de la rivière d'Hames montrent comme le sondage 129 des alluvions tourbeuses reposant sur la tourbe pure.

Les sondages 205, 206, 241, 242, 248, 261, effectués à Coquelles au pied du coteau crayeux, n'ont traversé que des alluvions tourbeuses.

Dans l'une de ces prairies, à St-Tricat, l'alluvion tourbeuse prend l'aspect d'une tourbe impure (épaisse de 0^m70), mélangée d'argile et sable et contenant vers sa partie supérieure de nombreux grains de craie roulés. (Sondage n° 121).

Au pied du coteau qui sépare le vallon de Fréthun de celui de Nielles, on observe de l'alluvion tourbeuse épaisse de 1^m. (Sondage 204), mélangée de cailloux les uns cassés, les autres roulés qui ont dû être amenés par voie torrentielle ou par éboulement des coteaux voisins dans la tourbe du Marais.

Remarques sur la Rivière d'Hames. — La Rivière d'Hames serpente au pied des coteaux crayeux de Guines, Fréthun, Coquelles, depuis le Marais de Guines jusqu'à Fort-Nieulay. Elle prend alors le nom de Nieulay ou Nieulet. Entre Guines et Coquelles, elle est le collecteur naturel de tous les petits ruisseaux ou torrents temporaires qui descendent du coteau crayeux, et, en particulier des ruisseaux d'Hames, de St-Tricat et de Coquelles, des fossés de Nielles et de Fréthun.

Cet ancien watergand sinueux, qui a perdu son importance depuis la création de la Rivière-Neuve et du Canal des Pierrettes, semble avoir emprunté en certains points le trajet d'un ruisseau naturel ou tout au moins traversé un chapelet d'étangs naturels. En d'autres points, le trajet de la rivière est nettement artificiel. Ainsi à la rue d'Hames, la rivière traverse en tranchée presque rectiligne la masse des limons qui s'étend en presqu'île de la rue d'Hames à Fort-Château. Entre le chemin de fer de Calais à Boulogne et les étangs de Fort-Nieulay, elle traverse un certain nombre des paquets sableux de la Tourelle que, naturellement, elle aurait dû éviter (fig. 15) et c'est encore par une gorge artificielle qu'elle traverse le banc des Pierrettes près du Fort.

§ 2. — RÉGION ORIENTALE DU CALAISIS POSTÉRIEUR OU PLAINE.

Constitution de la Plaine au S. E. de Calais. — A une distance moyenne de 2 km. de la base du coteau crayeux boulonnais, le sol de la Plaine maritime s'élève progressivement vers l'E. de l'altitude 2^m à une altitude de 3^m à 3^m50 (fig. 14).

La région change d'aspect: les fossés sont plus profonds et moins nombreux, le terrain est plus sec, les prairies se raréfient, les champs de céréales ou de betteraves sont plus fréquents; au « *Marais* » succède la « *Plaine* »; au sol tourbeux succède un sol sableux, formé par du sable blanc ou gris blanc, parfois roussâtre, plus ou moins argileux, contenant en abondance *Cardium edule* L. et moins fréquemment *Scrobicularia piperata* Gm., *Tellina balthica* L., *Hydrobia ulvae* Pennant.

C'est pourquoi on les a généralement désignés sous le nom de Sables à *Cardium edule*

bien que cette coquille soit également très fréquente dans les sables gris bleu situés plus profondément.

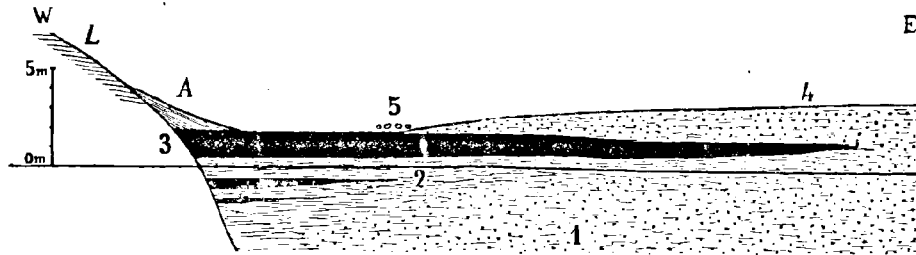


FIG. 14. — Coupe schématique du Calaisis postérieur depuis le coteau crayeux de Guines jusqu'à la région de Marck.

LÉGENDE. — 1, limons du coteau crayeux ; — A, limons de ruissellement ; — 1, sable gris bleu. — 2, argile de polder ; — 3, tourbe ; — 4, sable à *Cardium* ; — 5, liseré de galets en bordure des sables à *Cardium*.

Lorsque les sables blancs à *Cardium* deviennent plus argileux, *Scrobicularia piperata* devient plus fréquente. En certains points, les sables à *Cardium* sont remplacés par de l'argile presque dépourvue de sable avec *Scrobicularia piperata*, (et *Cardium edule* rare).

Dans le Calaisis oriental, les tourbes s'amincissent ou font défaut : les sables blancs à *Cardium* passent alors insensiblement en profondeur aux sables gris bleu comme on peut l'observer au sondage profond de Bourbourg, sur lequel je reviendrai plus loin et dans plusieurs des sondages superficiels que j'ai effectués entre Marck, Coulogne et les Attaques.

Voici d'ailleurs les résultats de différents coups de sondes donnés dans cette partie du Calaisis.

Les sondages 84 et 104 effectués à peu de distance du canal du Houlet, au S. de Marck et au niveau de la terminaison orientale du banc de Marck, montrent de l'argile des polders à *C. edule*, *T. balthica*, *Scr. piperata*, *Littorina littorea* reposant à 1^m30 de profondeur sur des sables gris bleu. Il en est de même du sondage 82 effectué près du pont de la route des Attaques sur le Watergand du Sud. Le sondage n° 85 situé à 1 km. environ de l'extrémité du banc de Marck diffère du précédent par l'apparition de filets tourbeux dans l'argile des polders.

Sondage n° 85. — Marck. — Angle du watergand des Cocus et de la Rivière d'Enfer. Alt. 3^m2 (Point coté E. M. Plan dir. 1/20.000^e feuille 189 (rég. Boulogne, xxii-3).

	Prof.	Epaiss.
4. Argile des polders verdâtre		1 ^m 40
3. Argile des polders grise avec plusieurs bancs noirs tourbeux dont l'épaisseur est de l'ordre du millimètre	1 ^m 40	0 ^m 10
2. Argile des polders un peu sableuse	1 ^m 50	0 ^m 40
1. Sable gris bleu	1 ^m 90	
Arrêt dans les sables mouillés à	2 ^m 30	

Les sondages plus occidentaux montrent un banc de tourbe de 0^m10 à 1^m20 vers l'altitude + 1^m50 (sondages 83, 72, 73). Je donne les détails des sondages 83 et 72 :

Sondage n° 83. — *Marck*. — Entre les watergands du Sud et des Cocus (Alt. 3^m).

	Prof.	Épais.
5. Argile de polders verte un peu sableuse		1 ^m 40
4. Tourbe	1 ^m 40	0 ^m 20
3. Argile bleue	1 ^m 60	0 ^m 90
2. Argile bleue sableuse passant peu à peu en profondeur aux sables gris bleu		2 ^m 50
1. Sable gris bleu aquifère; arrêt à		3 ^m 00

Sondage n° 72. — *Marck*. — Près du watergand du S., à 800^m à l'W. du sondage n° 83. Altitude de 2^m40 (Entre des points cotés 2^m50 et 2^m30).

	Prof.	Épais.
3. Argile sableuse à <i>Cardium edule</i> et <i>Scrobicularia piperata</i>		0 ^m 90
2. Tourbe	0 ^m 90	0 ^m 15
1. Sables gris bleu un peu argileux	1 ^m 05	
Arrêt dans ces sables gris bleu à		1 ^m 30

Très près du banc de Marck, cette disposition de polder tourbeux s'accroît ainsi que le montrent les sondages 80, 71 et 60, qui ont été effectués le plus près possible de la limite S. du banc de Marck.

Le sondage 80 est presque à l'extrémité du banc de Marck; à une profondeur de 2^m (alt. + 1), il n'y a pas encore trace de tourbe. Mais au sondage 71, il y a déjà 0^m30 de tourbe à une profondeur de 1^m (alt. + 1,50).

Plus à l'W. (sondage n° 60), la tourbe quoique très peu épaisse (0^m10 en tout), se montre par deux fois aux profondeurs de 1^m90 (alt. + 0,40) et 2^m35 (alt. + 0 environ), avec une intercalation d'argile poldérienne.

Voici les résultats de ce sondage :

Sondage n° 60. — *Calais*. — Beaumarais. Alt. 2^m30. (Point coté E. M., Pl. dir. 1/20.000^e feuille Boulogne 173, xxii-2).

	Prof.	Épais.
6. Argile sableuse, grise au sommet, bleue et mouillée à la base		1 ^m 90
5. Tourbe	1 ^m 90	0 ^m 05
4. Argile très sableuse	1 ^m 95	0 ^m 40
3. Tourbe	2 ^m 35	0 ^m 05
2. Argile bleue	2 ^m 40	0 ^m 10
1. Sable gris bleu, un peu argileux, avec <i>Littorina littorea</i>	2 ^m 50	
Niveau aquifère. Arrêt à		2 ^m 80

Au contraire, si l'on s'éloigne vers le S. du cordon de sable de Marck, c'est-à-dire de cette digue naturelle qui tendait à isoler la plaine maritime de la mer libre, on voit le régime marin dominer plus longtemps à l'W. qu'aux abords mêmes de la levée de sable.

Les sondages 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, que j'ai effectués aux Attaques, près du bourg, (soit sur le territoire communal des Attaques, soit sur le territoire de Marck et de Coulogne) et les sondages 46 et 47, que j'ai effectués au N. de Pont d'Ardres, à des altitudes variant entre 2^m25 environ et 2^m74 (point coté Pl. dir. 1/20.000^e rég. Boulogne, feuille 189, xxii, 3), montrent les sables à *Cardium* plus ou moins argileux reposant à une altitude voisine de 1^m sur des sables gris bleu. A l'altitude — 1, il

n'y a pas encore de tourbe dans les sondages. Je donnerai à titre d'exemple, les résultats du sondage n° 46 :

Sondage n° 46. — *Les Attaques*. — Au N. de la Route Nationale n° 43. (Pont d'Ardres), à 600^m au N. W. du Pont-Sans-Pareil. Alt. 2^m50).

	Prof.	Epaiss.
5. Argile sableuse blanche à <i>C. edule</i> , <i>T. balthica</i> , <i>H. ulvae</i>		0 ^m 20
4. Sable argileux blanc	0 ^m 20	0 ^m 20
3. Sable légèrement argileux	0 ^m 40	0 ^m 60
2. Sable roussâtre	1 ^m 00	0 ^m 25
1. Sable gris bleu	1 ^m 25	
Arrêt du sondage dans les sables aquifères	3 ^m 50	

Pays d'Ardres. — Si l'on dépasse Pont d'Ardres, on se trouve dans le pays tourbeux d'Ardres qui a été étudié par Debray. On voit une tourbe ou terre de marais superficielle reposer sur des formations poldériennes qui recouvrent elles-mêmes un banc de tourbe épais de 1^m en moyenne, à une profondeur de 2 à 3^m et à une altitude très voisine de zéro (voir les nombreuses coupes publiées par Debray). (1)

Toutefois, en certains points (coupe K de Debray), il n'existe que la terre de marais superficielle, reposant sur des formations poldériennes ou sableuses. Je rappellerai cette coupe :

Coupe K de Debray, dans les tourbières Limousin, entre la voie ferrée de Calais à Lille et le Canal de St-Omer à Calais (2).

	Prof.	Epaiss.
4. Terre de marais		0 ^m 25
3. Sable gris jaune à coquilles marines rares	0 ^m 25	1 ^m 50
2. Sable gris bleu, micacé, à coquilles marines nombreuses	1 ^m 75	1 ^m 75
1. Argile sableuse	3 ^m 50	

Mais les environs de Pont d'Ardres, avec les différentes installations industrielles qui y ont été faites, ne sont plus propices à l'étude détaillée du passage de la région sableuse de la Plaine maritime à la région tourbeuse.

Zone de passage entre le Marais tourbeux et la Plaine sableuse. — Dans la région de Calais, Coulogne et Guines, entre le Canal de Calais et la Rivière Neuve, j'ai pu étudier à la sonde le passage des dépôts du « Marais », ou région tourbeuse, à ceux de la « Plaine » ou région sableuse, au moins dans les deux mètres les plus élevés de ces dépôts.

Entre le massif de Coulogne et l'Ecluse carrée, la série de petits sondages 194, 195, 196, 197, 198, profonds de 0^m80 à 2^m, effectués vers l'altitude + 3, sur le territoire de Coulogne, ne m'a montré que des sables gris blanc, un peu argileux à *Cardium edule*. Si des banes de tourbe existent en ces points, c'est à une profondeur plus grande que 2^m.

Au contraire, les sondages 70 et 187, faits au S. du massif de Coulogne m'ont montré des dépôts poldériens recouvrant la tourbe à 0^m70 de profondeur, de même que le sondage 110

(1) DEBRAY [5] *Étude géol. archéol., Tourbières*, 1873, p. 436-463, pl. I-VI.

(2) DEBRAY [5], *loc. cit.*, p. 438-439. (Extr. p. 6-7).

fait un peu au N. de la Planche Tournoire. La partie supérieure de la tourbe se trouve ainsi à une altitude voisine de 1^m50 à 2^m.

Je donnerai à titre d'exemple les résultats du sondage n° 110.

Sondage n° 110. — *Coulogne*. — Champ près de la Planche Tournoire, sur la rive W. du canal de Guines. Alt. 2^m50.

	Prof.	Épais.
7. Sable blanc roux (terre cultivée)		0 ^m 40
6. Sable argileux roux	0 ^m 40	0 ^m 30
5. Tourbe noire (petit lit de coquilles limniques vers le sommet) (Eau vers 1 ^m 00)	0 ^m 70	0 ^m 35
4. Tourbe brune, à débris végétaux	1 ^m 05	0 ^m 35
3. Argile gris bleu, à débris végétaux, et fragments de <i>Cardium</i>	1 ^m 40	0 ^m 40
2. Argile gris bleu, sans débris végétaux, un peu sableuse	1 ^m 80	1 ^m 70
1. Sables gris bleu coquilliers	3 ^m 50	
Arrêt (eau) à	3 ^m 90	

A 400^m au S. de ce sondage, on n'observe plus qu'une mince lame de tourbe de 0^m02 seulement, intercalée à la profondeur de 0^m45, vers l'altitude + 1^m75 dans les sables gris (sondage 169). Les sondages 111, 118, 119, effectués près de la Rivière Neuve, à 500, 600 et 1.000^m au S. du sondage 110 et poussés jusqu'à la profondeur de 2^m80, montrent de la tourbe superficielle épaisse de 0^m50 à 0^m55 reposant sur des argiles poldériennes bleues d'une épaisseur de 2^m.

Entre la Planche Tournoire et le Banc Valois, on peut de même observer les sables marins à *C. edule*, ou l'argile des polders à *Scr. piperata*, épais de 0^m50 à 1^m20 et reposant sur 0^m20 à 0^m50 de tourbe (sondage 224, 230, 233), diminuer d'épaisseur vers le S. W. (sondage n° 228) et n'être plus représentés (sondages 223, 231, 232). Le sondage 231 offre un intérêt particulier en raison des galets qui se trouvent à la surface de la tourbe et tiennent place des sables à *Cardium* absents.

Sondage n° 231. — *Coulogne*. — Ecluse-Carrée Alt. 2^m25.

	Prof.	Épais.
3. Tourbe, un peu argileuse avec cailloux roulés à la surface		0 ^m 60
2. Sables argileux jaunâtres, à débris de coquilles limniques	0 ^m 60	0 ^m 40
1. Argiles gris bleu	1 ^m 00	
Arrêt du sondage à	1 ^m 40	

Les sondages 237 et 238, situés à 1.500^m au S. de l'Ecluse Carrée, montrent l'alternance des dépôts tourbeux et marins.

Sondages n° 237 et 238. — Hames-Boucrés. — Banc Valois. Alt. 2^m.

	Prof.	Épais.
2. Argile sableuse		0 ^m 05
1. Tourbe, avec lames d'argile sableuse à <i>Cardium edule</i> (débris)	0 ^m 05	
Arrêt à	1 ^m 20	

Cette série de sondages montre donc que, entre la Planche Tournoire et le Banc Valois, la couche de sables marins à *Cardium edule*, très épaisse au N. E. diminue progressivement d'épaisseur, et arrive à n'être plus représentée que par quelques galets éparpillés dans la tourbe, ou quelques lames sableuses à *Cardium edule*.

Plus au N. entre Pont de Coulogne et Pont du Leu, on observe quoique moins nettement une disposition analogue: les sables à *Cardium edule* forment le sol ; ils ont 1^m à 1^m20 d'épaisseur près de Pont de Coulogne et diminuent d'épaisseur vers l'W.; ils recouvrent de la tourbe dont l'épaisseur varie de 0^m03 à 1^m. Mais la stratigraphie de la plaine est ici compliquée en surface par l'important massif de marnes blanches à Limnées de Pont du Leu.

Je signale seulement ici que l'on peut particulièrement bien observer à la surface du massif de tuf de Pont du Leu, des galets épars formant comme un liseré aux sables marins à *Cardium edule*, liseré analogue à celui que j'ai observé déjà près de l'Ecluse Carrée à la surface de la tourbe. (Sondages 45, 133, 141, 163, 168, 184, 185, 186, 191, 192, 193).

Région des digitations caillouteuses du Virval. — Entre Beaumarais et Coulogne, la Plaine maritime est occupée en grande partie par les ramifications du banc des Pierrettes que j'ai décrites sous le nom de digitations du Virval. Elles s'étalent largement au niveau du sol en une série de rides successives qui ont troublé les superpositions stratigraphiques que l'on observe plus à l'E.

Entre ces digitations et le banc de sable de Marck, existe une sorte de golfe dans lequel les dépôts tourbeux prédominent sur les dépôts marins, ainsi que le montre la coupe de la carrière Dufour au Virval.

Près de la ferme Dall, au N. de la plus septentrionale des digitations du Virval, on observe la superposition des couches à *Cardium* et à *Scrobicularia* sur 0^m20 de tourbe (sondage 61). Il en est de même aux fermes Parencoustre et Robbe (sondages 74 et 75). Je donne les résultats du sondage 61 :

Sondage n° 61. — Calais. — Au S. W. de la ferme Dall. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Argile sableuse à <i>Scrobicularia</i>		0 ^m 40
5. Sable blanc à <i>Cardium</i>	0 ^m 40	0 ^m 60
4. Sable tourbeux ferrugineux	1 ^m 00	0 ^m 10
3. Tourbe compacte	1 ^m 10	0 ^m 20
2. Argile grise, puis bleue	1 ^m 30	0 ^m 90
1. Sable gris bleu	2 ^m 20	
Arrêt à	2 ^m 50	

Mais entre les bandes de galets les dépôts tourbeux constituent seuls la surface du sol (sondage 62).

Sondage n° 62. — Calais. — Entre deux bancs de galets au S. de la ferme Dall. Alt. 2^m75.

	Prof.	Epaiss.
4. Tourbe sableuse et quelques galets		0 ^m 40
3. Tourbe	0 ^m 40	0 ^m 25
2. Argile grise	0 ^m 65	0 ^m 10
1. Sable grossier avec graviers à la base	0 ^m 75	
Arrêt (eau et graviers), à	1 ^m 10	

Le territoire situé entre la partie principale de la masse de cailloux du Virval et le massif de Coulogne offre une constitution géologique analogue à celle de la Plaine un peu

plus à l'E., avec la succession habituelle : sables blancs sur tourbe. (Sondages 63, 64, 66, 69, 190). Le sondage n° 63 est donné à titre d'exemple :

Sondage n° 63. — *Calais*. — Prairies au N. de la route Nationale vers St-Omer. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
5. Argile grise un peu sableuse		0 ^m 65
4. Argile sableuse	0 ^m 65	0 ^m 20
3. Tourbe compacte	0 ^m 85	0 ^m 30
2. Argile grise, puis bleue	1 ^m 15	1 ^m 35
1. Argile bleue sableuse, mouillée	2 ^m 50	
Arrêt (eau) à	3 ^m 30	

ried de la falaise du massif monastirien de Coulogne. — Immédiatement contre le bord N. du banc de galets de Coulogne, qui est très abrupt, et forme encore en plusieurs points, une petite falaise, la structure du sol est légèrement différente: la tourbe s'intercale entre deux dépôts sableux qui sont caractérisés par des coquilles cassées, des cailloux et des galets et qui constituent ainsi un véritable cordon littoral (fig. 6).

Ce fait est particulièrement net au sondage 67 :

Sondage n° 67. — *Coulogne*. — Au pied des Hauts-Champs de Coulogne, au N. E. de l'église. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
3. Sable avec cailloux nombreux (graviers et quelques galets petits)....		1 ^m 00
2. Tourbe	1 ^m 00	1 ^m 20
1. Sables gris, à débris de coquilles marines, petits galets et cailloux nombreux	2 ^m 20	
Arrêt dans les sables mouillés à cailloux	2 ^m 60	

Le sondage 189 effectué dans une prairie au N. de la rue Basse a donné des résultats assez voisins.

Abords immédiats de Calais. — Près des fortifications de Calais, entre le Virval et le canal de St-Omer à Calais, les sondages 269, 270, 271, 272, 273 montrent 1^m à 1^m20 d'argile sableuse à *Cardium*, au-dessus de la tourbe.

Entre les Fontinettes et Fort-Niculay, au S. du cordon des Pierrettes, l'argile de polder à *Scrobicularia* affleure sur un assez vaste espace. Les sondages 42, 250, 251, montrent l'argile des polders avec cailloux que ma sonde n'a pu traverser complètement. Au contraire, les sondages 249, 252 et 253 montrent de la tourbe contenant des galets à sa partie supérieure. Ces galets paraissent avoir été éboulés du banc des Pierrettes.

§ 3. — CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES FORMATIONS DU CALAISIS POSTÉRIEUR.

1° *Sédiments poldériens situés au pied du massif monastirien de Coulogne*. — J'ai signalé qu'au pied du bord N. du massif de Coulogne (en particulier au sondage 67, près du cimetière), les sédiments sableux de la plaine offrent un caractère spécial. Ils sont plus grossiers que les sables poldériens qui seront étudiés plus loin et sont riches en débris de coquilles marines très triturées, en graviers et petits galets et (aussi bien les sables superposés à la tourbe que les sables qui lui sont sous-jacents) en petits galets de tourbe. Au

microscope, le sable se montre formé de grains de quartz à dimensions très variées (de 50 à 400 μ), de petits graviers de silex et de glauconie rare. Cette formation possède un faciès littoral accentué.

2° *Sables du fond du polder*. — Dans le fond du polder, près de Sangatte, les sables sont souvent blanc jaunâtre ou roux et ont alors une composition assez variable.

Premier exemple: Coquelles (Prairies à la Chaussée) Sondage 29, couche n° 3, prise d'échantillon vers 2^m de profondeur : sable roux constitué par une fine poussière de quartz (de 10 à 20 μ de diamètre moyen) contenant de plus gros grains de quartz (de 150 à 200 μ). Glauconie très rare.

Deuxième exemple: Sangatte (Prairie des Calimottes), Sondage 18, couche n° 4 : sable roux formé de grains de quartz de 150 μ mélangés à de fines particules de quartz de 10 à 20 μ . Glauconie rare, non altérée, en grains de 60 μ .

3° *Sables gris-bleu*. — Ils constituent la masse principale des dépôts du Calaisis postérieur. Ce sont les sables aquifères, qualifiés « bouillants » ou « pissards » par les sondeurs.

En voici un exemple: *Les Attaques (Pont d'Ardres). Sondage n° 46. Profondeur 3^m*. — Sable formé de petits grains de quartz (50 à 80 μ), opaques, laiteux ; glauconie peu fréquente, non altérée, en grains de 50 à 80 μ .

Nombreuses paillettes de mica blanc, de taille très variable (l'une d'elles mesurait 1.000 μ de longueur sur 300 μ de largeur).

4° *Sables argileux à Cardium*. — Ces sables sont assez variables et passent latéralement à de l'argile de polder grise.

En voici un type moyen, pris aux *Attaques (Pont d'Ardres). Sondage 46* : Sable formé de quartz assez mal roulé, de 100 à 150 μ de diamètre avec particules argileuses plus fines ; quelques paillettes de mica de 50 à 100 μ . Glauconie rare, non altérée.

5° *Argile*. — Les argiles bleues ou grises sont formées de particules d'argiles fines et ne m'ont rien montré de particulier.

Au *Sondage 37 (Calais, près la redoute du Vivier)* une argile fine ramenée de la profondeur 3^m m'a montré des grains de quartz et des particules argileuses fines (20 à 30 μ de diamètre), avec quelques grains de glauconie. En outre, d'assez nombreux Foraminifères (*Nonionina depressula* Walker et Jakob) et des Radiolaires (*Cenodiscus*).

6° *Tourbe*. — Je n'ai rien à ajouter à ce qu'en a dit Debray (1).

7° *Marnes calcaires à Limnées et Bythinies*. — Elles forment l'objet du paragraphe spécial qui suit.

§ 4. — MARNES CALCAIRES A LIMNÉES ET BYTHINIÉS.

De petits amas de marnes calcaires blanches se montrent fréquemment dans la Plaine

(1) DEBRAY [5] Tourbières.

maritime près de sa bordure crayeuse, au S. de Calais, et dans la région de Guines et Ardres. Ils n'avaient été que très sommairement signalés avant 1922 (1).

Après ma campagne de sondages de 1922 en plaine maritime, j'ai publié une étude de ces calcaires, en collaboration avec M. Duparque, qui avait bien voulu se charger de leur examen chimique et pétrographique (2).

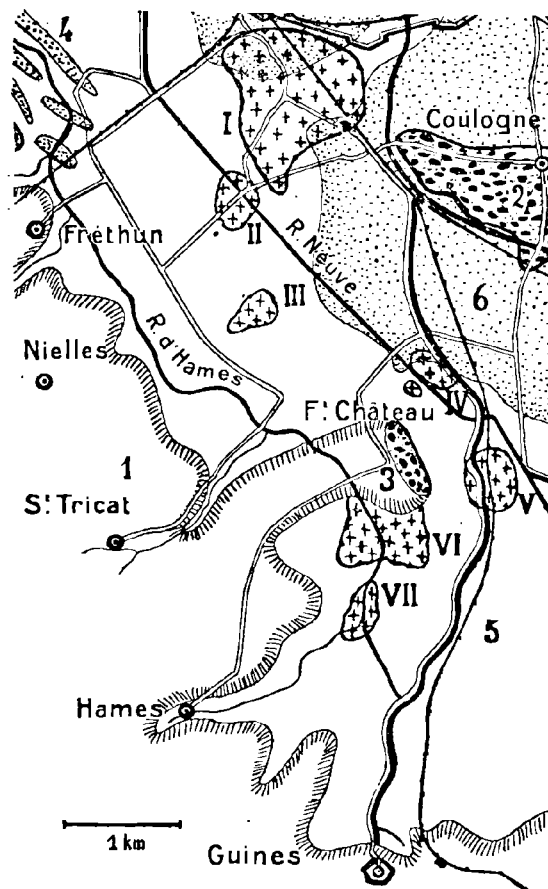
Je rappellerai ci-dessous quelques-uns des points essentiels de cette étude en insistant plus particulièrement sur les caractères fauniques des marnes calcaires (3).

Répartition des masses de marne calcaire à Limnées et Bythinies. — J'ai principale-

FIG. 15. — Carte géologique de la Plaine maritime flamande entre Calais et Guines : principaux massifs de Marnes calcaires à Limnées.

LÉGENDE. — 1, coteau crayeux et limons ; — 2, massif de Coulogne (Monastirien) ; — 3, massif de Fort Château (Monastirien ?) ; — 4, digitations sableuses de la Tourelle (Flandrien moyen) ; — 5, tourbes et dépôts associés (Fl. moyen et sup.) ; — 6, sables à *Cardium* (Fl. sup.).

Massifs de Marnes calcaires à Limnées (Fl. sup.) : I, Pont-du-Leu ; — II, Pont-à-Trois-Planches ; — III, Digue d'Hames ; — IV, Planche-Tournoire ; — V, Marmousets ; — VI, Rue d'Hames ; — VII, Maison-Rouge.



(1) GOSSELET [10] C. R. Exc. Audruicq et Pont-d'Ardres (Pont-sans-Pareil), le 23 avril 1893 ; A. S. G. N., t. XXI, p. 146. — GOSSELET et LADRIÈRE. Note sur la coupe d'Audruicq et sur le Tuf calcaire de Saint-Pierre, A. S. G. N. t. XXI, 1893, p. 139-145. — GOSSELET [22] Esquisse, Terr. quat., 1903, p. 405.

(2) G. DUBOIS et A. DUPARQUE, Les Tufs calc. de la Pl. Marit. entre Calais et Guines, A. S. G. N., t. 47, 1922, p. 117-132.

(3) Ces marnes friables ont été désignées sous le nom de « tufs » par Gosselet, bien qu'elles ne répondent pas à la définition lithologique habituelle des tufs calcaires concrétionnés. Pour raison de commodité, j'ai continué à utiliser ce terme.

ment étudié les massifs de marne situés entre Calais et Guines. On peut les classer en massifs principaux, parfois uniques, parfois constitués par plusieurs petits massifs peu étendus. Ce sont les massifs de Pont-du-Leu, de Pont-à-trois-Planches, de la digue d'Hames, de la Planche-Tournoire, des Marmousets, de la rue d'Hames, de la Maison-Rouge (fig. 15).

Le massif de Pont du Leu est l'un des plus importants: il s'étend des Fontinettes au N. jusque près de Pont-à-trois-Planches au S. Il a un grand diamètre N. S., d'environ 1.000^m; un diamètre E. W. d'environ 500^m. La voie ferrée de Lille à Calais est installée près de sa lisière orientale.

La route de Calais à Guines est sur le tuf jusqu'aux abords de l'agglomération de Pont-de-Coulogne.

Un « marais » sépare le tuf des maisons de Pont-de-Coulogne. Le massif de tuf se termine en pointe un peu au S. du chemin de Coulogne à Pont-à-trois-Planches, à 300^m environ de ce dernier lieu dit. Au N. W. la limite du massif suit à peu près la route de Pont-du-Leu à Pont-à-trois-Planches.

Un mince liseré de galets en bordure des sables marins recouvre le massif près de son grand axe N. S.

Au N. E. de la région comprise entre Calais et Guines, c'est-à-dire dans la plaine sableuse qui s'étend de Marek aux Attaques, je n'ai observé aucun massif de marne calcaire.

Au N., les observations sont maintenant difficiles par suite de l'extension de la ville de Calais. Debray a pu observer lors de l'établissement des fortifications en 1880, près du pont de chemin de fer, entre le canal de Calais et la route Nationale n° 43, un petit lit de « craie divisée avec coquilles fluviatiles épais de 0^m05 » (1), que j'ai pu examiner: c'est une marne calcaire mélangée de tourbe avec *Limnaea limosa*, *Bythinia tentaculata*, et *Valvata piscinalis*.

D'autre part Gosselet et Ladrière ont signalé du « tuf calcaire », à l'intérieur de la ville de Calais (St-Pierre), sans autre précision. Ce quartier de la ville étant entièrement bâti maintenant, je n'ai pu vérifier ce fait.

A l'E. de la région de Guines, j'ai pu observer encore quelques massifs de marnes calcaires à Linnées, en particulier le long du watergand du Vinfil.

A Guemps, à l'E. d'Ardres, il existe, d'après une observation très succincte de Debray, un ou plusieurs massifs de tuf.

Il signale (2), en effet, sans autre détail, dans les tourbières de M. de l'Eglise, situées entre les watergands du Vinfil et de Mer Straete, une « couche fluviatile avec coquilles d'eau douce » de 0^m20 d'épaisseur, que je crois pouvoir assimiler aux tufs décrits dans le Calaisis, car ultérieurement, en 1887, Debray a récolté non loin de là dans la briqueterie de M. Poirier, une « couche d'eau douce » en même position stratigraphique que précédemment et que j'ai pu étudier. C'est une marne calcaire blanche, très semblable aux marnes blanches à Linnées des environs de Calais et Guines, un peu plus sableuse et moins cohérente toutefois, et contenant en abondance *Limnaea limosa* L.

Ainsi donc, il existe dans la plaine maritime des massifs de marnes calcaires assez éloignés des coteaux crayeux du Boulonnais (à 7 km. au moins des affleurements de craie les plus proches).

(1) DEBRAY Carnets manuscrits, 1880, n° XXIV, p. 81.

2: DEBRAY [5]. Tourbières, 1873, p. 443.

Relations des tufs avec la tourbe. — Les sondages 135 à 140, 142, 144, 146, 160, 161, 165 que j'ai effectués dans le massif de Pont du Leu, le sondage 147 dans le massif de Pont-à-Trois-Planches, le sondage 175 dans le massif de la Maison Rouge, les sondages 222 et 229 dans le massif de la Planche Tournoire, les sondages 183 et 236 dans le massif des Marmousets montrent une épaisseur de marnes calcaires variant entre 0^m05 et 1^m10, superposée à de la tourbe (fig. 16).

Le tuf la remplace en partie, en ce sens qu'aux points où il existe, la tourbe est un peu moins épaisse qu'aux points les plus voisins où il n'existe pas. Ainsi à Basses-Nielles, entre la digue d'Hames et la Rivière-Neuve, en bordure N. E. du massif de tuf de la digue d'Hames, on peut observer 0^m40 de tourbe en affleurement, reposant sur de l'argile bleue (sondage 215), tandis qu'à 100^m de là (territoire de Fréthun) au centre du massif de tuf de la digue d'Hames, le sol étant plus élevé de 0^m40 environ, il y a 0^m45 de marnes calcaires à Limnées reposant sur 0^m35 de tourbe (sondage 214).

La moindre épaisseur de la tourbe sous le massif de tuf est ici de 5 cm, relativement aux points voisins; elle peut être beaucoup plus considérable et s'élever à 0^m50 comme j'ai pu l'observer à Coulogne dans les champs du massif des Marmousets (sondage 234, avec 1^m de marne et 0^m49 de tourbe; sondage 235 voisin du précédent, avec 1^m de tourbe affleurant au sol).

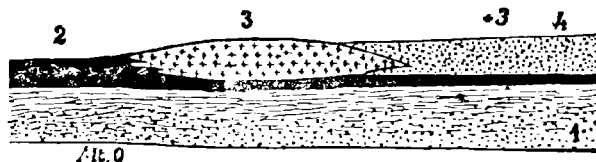
Rarement le tuf remplace complètement la tourbe. On peut en voir des exemples dans le massif de tuf de la digue d'Hames (sondages 171 et 213).

Dans d'autres cas, on voit des intercalations de tourbe et de marne calcaire à Limnées. Ces intercalations de tuf et de tourbe s'observent principalement sur les bords des massifs de tuf (sondage 216), ou dans les très petits massifs (sondages 217 et 268).

En d'autres points on voit, sur sa bordure, la lentille du tuf s'amincir et se réduire à une ou plusieurs lames calcaires alternant avec la tourbe (sondages 219 et 226), lames qui s'amincissent de plus en plus, et finissent par n'être plus représentées quelquefois que par un mince lit de tourbe, ou d'argile tourbeuse riche en Limnées et Bythinies (sondages 162) ou par un simple lit de granules crayeux (sondage 218).

FIG. 16. — Coupe schématique montrant les relations géologiques d'un massif de marne calcaire à Limnées.

LÉGENDE — 1, sable gris bleu et argile de polder ; — 2, tourbe ; — 3, marne calcaire à Limnées ; — 4, sable à *Cardium*.



Relations des tufs avec les sables marins à Cardium edule. — Près de St-Pierre, Gosselet et Ladrière ont indiqué que le tuf est séparé de la tourbe par du sable marin à *Cardium* épais de 0^m20, avec parfois des galets dans le sable (fig. 16).

A 100^m à l'W. du Pont-à-Trois-Planches, dans un sondage, Gosselet a observé du tuf reposant directement sur de la tourbe, avec des coquilles de *Cardium* entré les deux cou-

ches (1). De tous les coups de sonde que j'ai donnés entre Calais et Guines, aucun ne m'a permis d'observer cette succession stratigraphique, mais, au contraire, comme à Pont du Leu (sondages 97 et 274), et sur les rives du watergand du Vinfil, la superposition suivante :

- 2. Sable argileux riche en calcaire ou argile de polder calcaire avec
Cardium edule, *Tellina balthica*, *Scrobicularia piperata*..... 0^m10 à 0^m50
- 1. Marne calcaire blanche à Limnées et Bythinies.

A Guemps, dans les tourbières de M. de l'Eglise, Debray (2) a levé la coupe suivante :
Coupe Debray à Guemps.

	Prof.	Epaiss.
7. Terre de marais		0 ^m 10
6. Argile grise à <i>Hydrobia ulvae</i> et <i>Cardium edule</i>	0 ^m 10	0 ^m 25
5. Matière tourbeuse	0 ^m 35	0 ^m 05
4. Couche fluviatile avec coquilles d'eau douce	0 ^m 40	0 ^m 20
3. Tourbe riche en débris végétaux	0 ^m 60	0 ^m 12
2. Argile de polder bleue avec coquilles marines	0 ^m 72	0 ^m 30
1. Tourbe	1 ^m 02	0 ^m 75

La couche n° 4 « fluviatile à coquilles d'eau douce » est la marne blanche à *Limnaea limosa*.

Ainsi donc, à Guemps, comme à Pont du Leu, le tuf calcaire à Limnées est recouvert par l'argile de polder ou les sables à *Cardium edule* des dernières invasions marines de la plaine maritime (fig. 16).

Relations entre le tuf et le cordon de galets des Pierrettes. — Il est actuellement difficile de se rendre compte des relations des tufs avec le cordon de galets de St-Pierre, parce que les constructions de ce quartier de Calais rendent les observations impossibles.

Gosselet et Ladrière disent avoir vu des galets sur le tuf et dans le tuf (3), et rapportent que les puisatiers de St-Pierre connaissent le tuf sous le banc de galets, lequel « peut acquérir une épaisseur de 2^m50 »; mais ils n'affirment pas que cette épaisseur du banc de galets soit atteinte aux points où les galets reposent sur le tuf.

Ces observations et remarques ne sont pas suffisantes pour assurer que réellement les galets du cordon littoral des Pierrettes reposent, en place, sur le tuf. Gosselet et Ladrière qui d'ailleurs n'ont levé eux-mêmes aucune coupe précise montrant cette superposition, n'ont vraisemblablement observé que des galets du banc des Pierrettes *éboulés secondairement* sur le tuf, ou peut-être simplement les galets de l'une des dernières lasses de haute mer datant du dépôt des sables à *C. edule*.

Il sera montré plus loin que l'établissement du cordon littoral des Pierrettes est plus ancien que le dépôt des tourbes du Calaisis postérieur, et par conséquent plus ancien aussi que l'accumulation des masses de marne calcaire à Limnées; si quelques galets ont été

(1) GOSSELET et LADRIÈRE, *loc. cit.*, p. 143.

(2) DEBRAY [5] Etudes tourbières, p. 443.

(3) GOSSELET et LADRIÈRE, *loc. cit.*, p. 114.

déposés directement par la mer sur les massifs de marnes calcaires, ce ne fut en tous cas, que sur une faible épaisseur, au cours d'une tempête, après rupture locale du cordon littoral déjà constitué.

Caractères lithologiques des marnes calcaires à Limnées du Calaisis. — Je ne ferai que résumer ici ces caractères (1).

C'est une roche blanche, pétrie de coquilles d'eau douce, entières ou fragmentées, celles-ci ayant un test crème ou blanc pur.

La sonde la ramène sous forme d'une boue blanche, molle, collante aux doigts, mais qui, à l'état sec, se maintient en un bloc adhérent, doux au toucher, rayable à l'ongle, taillable au couteau, facilement friable et s'écrasant entre les doigts en poudre blanche fine. Au contact de l'eau, elle se désagrège rapidement en fragments squameux tombant au fond de l'eau pour constituer une boue blanchâtre ou grisâtre.

La roche est parcourue en tous sens par des canalicules à section subcirculaire dont le diamètre varie de 0^{mm}5 à 1^{mm}8 et souvent ramifiés, tapissés ou non par un enduit tourbeux, vides ou comblés par une substance grisâtre sableuse. Parfois la roche contient des particules tourbeuses.

La roche est essentiellement formée de calcaire, (environ 95 %) mélangé à des matières organiques (1,20 %) et à de la silice (1,60 %). Le calcaire se présente sous forme de petits grains de calcite à contours irréguliers.

La substance qui comble les canalicules des échantillons provenant des massifs situés près de l'aire d'extension des sables gris à *Cardium edule*, est un sable gris sale, mélangé à un peu de marne calcaire remaniée et dont les grains mesurent de 20 à 230 μ de diamètre.

Faune des tufs calcaires. — Les tufs calcaires renferment une faune de mollusques d'eau douce riche en coquilles qui n'appartiennent d'ailleurs qu'à un très petit nombre d'espèces vivant actuellement dans les eaux douces du Nord de la France (2).

Ce sont : (3).

Limnaea limosa L. (ccc).

Planorbis umbilicatus Müller (ac).

L. stagnalis L. (rr).

Valvata piscinalis Müller (r).

Bythinia tentaculata L. (cc).

Cyclos cornea L. (rr).

Limnaea limosa L. (ccc). — C'est l'espèce la plus fréquente, formant parfois un véritable falun. Hauteur : en moyenne 8 à 10^{mm}; tailles extrêmes, 6 et 15^{mm}.

Limnaea stagnalis L. (r). — Toujours de petite taille; hauteur : 20 à 25^{mm}.

Bythinia tentaculata L. (cc). — Cette forme est très fréquente, mais beaucoup moins que *L. limosa*. Hauteur : 7^{mm}5 à 9^{mm}6. On trouve fréquemment des opercules isolés.

Planorbis umbilicatus Müller (ac). — Diamètre variant de 4 à 7^{mm}.

Valvata piscinalis Müller (r). — Diamètre : 3^{mm}4 à 4^{mm}6.

Cyclos cornea Linné (rr).

(1) Cf. DUBOIS et DUPARQUE, *loc. cit.*, p. 125-128.

(2) BOUCHARD-CHANTEREAUX (2). *Cat. Moll. terrestres et fluviatiles du Pas-de-Calais*, 1837. — NORGUET, A. de - *Cat. Moll. terrestres et fluviatiles du dépt du Nord*, 1872.

(3) Types spécifiques définis selon : GERMAIN. *Mollusques de France*, t. II, *Encycl. Sc.*, 1913.

J'ai comparé cette faune à la faune limnique actuelle immédiatement voisine en opérant des pêches dans les fossés et dans les mares de Guines et de Coquelles, et en examinant les boues de curage des watergands. Les espèces des marnes calcaires s'y rencontrent avec de légères différences dans la taille et la fréquence relatives.

Limnaea limosa L. est une des espèces les plus fréquentes dans les fossés de Guines. Hauteur variant en général de 12 à 16^{mm}.

L. stagnalis L. est très fréquente. Atteint communément 25 à 60 ^{mm}.

Bythinia tentaculata L. m'a paru relativement moins fréquente, actuellement, que dans les dépôts de marnes. Sa taille varie de 7^{mm}5 à 10^{mm}5.

Valvata piscinabis Müller; relativement aussi rare que dans les tufs; diamètre moyen; 5^{mm}.

Cyclas cornea L.; fréquente. Sa rareté dans les tufs est peut-être due à l'extrême fragilité de son test.

En outre la faune limnique actuelle contient toute une série de coquilles d'eau douce communes et que, pourtant, je n'ai pas encore reconnues dans les marnes calcaires. Les plus communes sont :

L. palustris Müller (c); *L. auricularia* L. (ac); *Physa acuta* Drap. (ar); *Planorbis corneus* L. (ac); *Pl. carinatus* Müller (ac); *Pl. vortex* L. (r); *Anodonta cygnea* L. (r); *Theodoxia fluviatilis* L. (ar); *Dreissensia fluviatilis* Pallas (ac); (cette dernière espèce introduite dans le Nord de la France un peu avant 1838). (1).

Il est vraisemblable que certaines d'entre elles au moins pourraient être trouvées dans les tufs en des points favorables à la recherche et l'observation (lors de creusements de puits ou de caves, par exemple).

On peut donc conclure que la faune limnique des marnes calcaires étudiées est formée d'éléments actuels de la faune de la plaine maritime; toutefois, elle est moins riche en espèces que la faune actuelle du Calaisis et ses éléments fauniques y sont en proportion légèrement différente. En outre, ils offrent une taille en général plus faible que celle des individus actuels correspondants.

La désignation : Marnes calcaires à *Limnaea limosa* et *Bythinia tentaculata*, rend très exactement compte des principaux caractères lithologiques et fauniques de cette formation.

Faune marine. — En différents points, et principalement dans le massif de Pont-du-Leu, aux abords de l'aire d'extension des sables marins à *Cardium*, on peut recueillir, à la surface du sol au-dessus des marnes calcaires, de rares fragments de coquilles marines.

Entre Pont-du-Leu et Pont-de-Coulogne, mon sondage n° 161 a ramené, de la profondeur 0^m25 un petit *Cardium edule* intact, la partie supérieure du tuf se trouvant à la profondeur 0^m15 sous des sables marneux, le tuf lui-même ayant 0^m65 d'épaisseur (2)

(1) NORGUET, *loc. cit.*, p. 28.

(2) Il n'est pas possible que les quelques coquilles récoltées dans les massifs de tuf de la plaine maritime soient des rejets de cuisine, comme la plupart de celles qui ont été trouvées à la surface des croupes de la vallée de la Somme. Elles sont rares, et plus généralement trop petites : il est difficile d'admettre, par exemple, qu'une seule valve de *Tellina balthica* isolée au milieu de milliers de coquilles lacustres, en plein marais, sans aucune trace de cuisine ou de produits d'industrie humaine, ait été apportée par l'homme.

D'autre part, Gosselet et Ladrière ont trouvé *Cardium edule* à la base du tuf, entre la tourbe et le tuf.

Les espèces marines rencontrées en ces différents points se résument à *Cardium edule* L., *Tellina balhica* L., *Scrobicularia piperata* Gm.

Conditions de gisement et âge géologique des marnes calcaires de la plaine maritime. — Je résumerai rapidement les conclusions relatives à l'âge de ce dépôt, et déjà formulées (1).

1° Les marnes calcaires de la plaine maritime flamande constituent une formation d'eau avec faune limnique et débris tourbeux, en relation stratigraphique étroite avec la tourbe ;

2° Elles ont commencé à se former alors que la tourbe était déjà développée en de nombreux points et leur formation est contemporaine de celle des bancs de tourbe les plus récents.

3° Leur faune confirme leur âge récent.

4° Elles sont antérieures aux derniers dépôts marins de la Flandre maritime, puisque les sables à *Cardium edule* les recouvrent et pénètrent dans leurs canalicules; même des galets amenés avec ces sables gisent parfois à leur surface; toutefois, elles paraissent contemporaines d'une partie des sables déposés au début ou au cours des dernières venues marines qui ont duré plusieurs siècles (puisque Gosselet et Ladrière signalent des sables marins à *C. edule* et des galets entre le tuf et la tourbe et que moi-même j'ai trouvé un petit *C. edule* et des galets dans le tuf même). On sera donc amené à les classer dans le Flandrien supérieur.

Au point de vue historique, les tufs ou marnes calcaires étudiés sont donc sensiblement gallo-romains et immédiatement post-gallo-romains (2).

Mode de formation des tufs calcaires de la plaine maritime. — Dans la vallée de la Somme, de Mercey (3) a expliqué la formation des croupes par des venues d'eau ascendantes provenant de la craie, et ayant traversé les dépôts d'alluvions de la vallée.

Commont (4) a adopté en partie cette manière de voir, en soulignant toutefois que le bombement de la croupe est secondaire et non primitif : il résulterait de l'affaissement des couches de tourbe voisines par dessiccation et tassement, le tuf restant en situation primitive.

Il ne me paraît pas possible d'admettre pour les croupes des tufs de la plaine maritime cette théorie du concrétionnement par venues d'eau ascendantes.

Les raisons en sont les suivantes :

(1) G. DUBOIS et A. DUPARQUE, *loc. cit*

(2) D'après Commont tous les tufs calcaires de la vallée de la Somme sont, au contraire, nettement prégallo romains (âges du bronze et du fer). — COMMONT [19] Tufs et tourbes, 1910 ; et [25] Chronologie et Stratigraphie des industries, 1912, p. 241).

(3) DE MERCEY [5] Sur deux questions concernant les croupes de la Somme, *Bull. Soc. linn. N. Fr.*, t. III, 1877, p. 336. (Extr. p. 6-7 et fig. p. 8).

(4) COMMONT [19] Tufs et Tourbes de différents âges, *A. S. G. N.*, t. 39, 1911.

1° Il est difficile d'admettre que de l'eau mélangée de calcaire ait traversé, depuis le socle crayeux de la plaine maritime jusqu'à la couche de tourbe supérieure, une épaisseur de 10 à 20^m (en moyenne) de sables gris bleu pissards, ou même d'argile sableuse bouillante, sans s'y perdre; alors qu'à l'époque de la formation de la tourbe ces couches devaient être tout aussi imbibées d'eau qu'aujourd'hui.

2° Aux abords de Calais, d'Ardres et de Guemps, les sables quaternaires sont séparés de la craie par des couches éocènes comprenant *au moins* une masse argileuse imperméable (argile de Louvil) ou même deux masses argileuses imperméables (argile de Louvil et argile des Flandres); à Calais, la craie est à plus de 70^m de profondeur; à Guemps, elle est à près de 100^m de profondeur.

3° L'étude pétrographique des marnes calcaires (ou tufs) de la Plaine maritime, a montré qu'elles étaient surtout constituées par des cristaux de calcite à *arêtes et angles arrondis*, plus ou moins émoussés, avec quelques cristaux de quartz *nettement roulés* (1).

4° En aucun point, le tuf de la plaine maritime ne montre de partie concrétionnée contre un corps préexistant ou autour d'un corps préexistant.

On est donc amené à admettre une origine latérale des venues d'eau surchargées de calcaire.

Il y a lieu de remarquer ici, que les amas de marnes calcaires les plus importants, sont situés, non pas au pied même du coteau crayeux boulonnais, où la tourbe est plus ou moins impure et remplacée souvent par une alluvion argilo-sableuse, mais à 2 ou 3 km. du pied de ce coteau, là où se montre la tourbe pure.

Il est donc probable que les tufs se sont déposés dans de petits bassins de décantation d'un polder en certains points transformés en marais tourbeux, où la mer ne faisait plus que des incursions très espacées.

Des courants d'eau issue de sources situées aux pieds des collines crayeuses du Boulonnais amenaient le carbonate de calcium en dissolution jusqu'aux points du marais où se formait la tourbe pure; celle-ci provoquait une évaporation suffisamment intense pour y précipiter le calcaire sous forme de cristaux de calcite que le courant remettait plus ou moins en jeu en les roulant légèrement. Il est possible que, conformément à l'opinion émise par Commont, le bombement de ces tufs sous forme de croupes soit dû à l'affaissement secondaire des couches de tourbe environnantes, le tuf étant lui-même resté en place.

§ 5. — DÉPÔTS FORMÉS AU COURS DE RUPTURES DU CORDON LITTORAL DES PIERRETTES.

J'ai pu relever, près de Sangatte et à Fort-Nieulay, des traces d'invasion locale de la mer à la suite de ruptures du cordon littoral des Pierrettes.

(1) G. DUBOIS et A. DUPARQUE, *loc. cit.*, p. 127.

On les observe à Sangatte même dans le bourg entre la mairie et l'église (1).

Sangatte. — Dans les prairies situées le long de la rue principale du village, existent des dépôts sableux avec quelques cailloux, mélangés à la tourbe et constituant le long de la digue actuelle, une sorte de liseré frangé, très irrégulier, large de 50 à 200^m au maximum et qui rappelle tout à fait les franges sableuses que j'ai observées dans le Marsk de Ribe, sur la côte occidentale du Slesvig, après une tempête le 30 août 1923 (2).

L'épaisseur des sables à cailloux de la digue de Sangatte ne dépasse guère 1^m50 (puits dans le village); elle diminue rapidement près du bord des franges sableuses.

Ces sables à galets constituent manifestement le résultat d'une ou plusieurs inondations locales, produites au cours de certaines tempêtes après ruptures de digues.

Ils n'ont aucun rapport avec les sables marins à *C. edule* du Calaisis postérieur oriental.

Fort-Nieulay. — Près du Fort-Nieulay, on peut étudier plus facilement qu'à Sangatte les résultats d'une rupture locale du cordon littoral. Elle s'est traduite par un jet d'argile et de cailloux au-dessus du niveau général du marais, en formant une région surélevée de 0,50 à 1^m, par rapport au sol tourbeux voisin. Cette masse caillouteuse recouvre la tourbe près de la redoute du Vivier sur une aire dont le plus grand diamètre atteint environ 400^m.

L'argile est grise, très sableuse. Les galets rappellent ceux du type moyen des Pierrettes et présentent une pâte gris-bleu ou noire.

J'ai pu traverser cette masse au sondage n° 103, en un point où les galets étaient peu abondants :

Sondage n° 103. — *Calais.* — Au S. de la redoute du Vivier. Champ derrière le chemin qui mène de « A la Française » aux « Rouges Cambres ». Alt. 2^m à 2^m50.

	Prof.	Epaiss.
3. Argile grise avec galets		1 ^m 20
2. Tourbe	1 ^m 20	0 ^m 10
1. Argile bleue	1 ^m 30	
Arrêt dans les sables mouillés	2 ^m 20	

En s'éloignant de la redoute, vers le S.W. on voit le sol s'abaisser peu à peu, et l'argile grise à galets se terminer en biseau.

A la place, de nombreux galets couvrent le sol tourbeux, ou sont emprisonnés dans la tourbe, comme au sondage 102, par exemple :

Sondage n° 102. — *Coquelles.* — A l'E. de la Chaussée, en face de « A la Française ». Alt. 1^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe avec nombreux galets à la surface et galets inclus		0 ^m 80
1. Argile gris bleu	0 ^m 80	
Arrêt dans les sables mouillés à	1 ^m 30	

Au sondage 101, les galets sont moins abondants :

Sondage n° 101. — *Coquelles.* — Au N. E. de la Chaussée, en face de « A la Française ». Alt. 1^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe avec quelques galets		0 ^m 90
1. Argile gris bleu	0 ^m 90	
Arrêt dans cette argile à	1 ^m 50	

(1) La petite éminence de 1^m50 à 2^m, située dans les prés au S. de la mairie, est constituée par les ruines de l'ancien château de Sangatte, peut-être installé sur une des levées sableuses dont il est question dans ce paragraphe.

(2) Communication faite, en nov. 1923, à la *Soc. Géol. du Nord*; en cours de publication (*A. S. G. N.*, t. XLVIII, 1923).

Au sondage 100, on ne voit plus que quelques galets à la surface de la tourbe :

Sondage n° 100. — *Coquelles*. — Au N. E. de la Chaussée près de la route de Boulogne. Alt. 1^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Tourbe, galets très rares à la surface		1 ^m 00
1. Argile gris bleu	1 ^m 00	
Arrêt à	1 ^m 50	

Les produits projetés ont été enlevés au cordon littoral des Pierrettes et à la plage vaseuse qui se trouvait au-devant. Il n'y a pas eu ici de jet de sable.

Le phénomène, qui a sans doute revêtu une allure violente, n'a eu au point de vue stratigraphique que des conséquences très locales, et, ici encore, n'offre aucune relation avec le dépôt tranquille des sables marins à *Cardium* du Calaisis oriental.

Le cordon littoral actuel était déjà au moins ébauché quand cet accident a eu lieu, puisque c'est de l'argile poldérienne, et non du sable de plage, qui a été projetée.

§ 6. — LIMONS SUPRA-TOURBEUX DES BORDS DE LA PLAINE MARITIME.

Près des bords de la plaine maritime, aux environs de Fréthun ou de Guines, on observe fréquemment sur les dépôts tourbeux de la plaine maritime une couverture de limons (1).

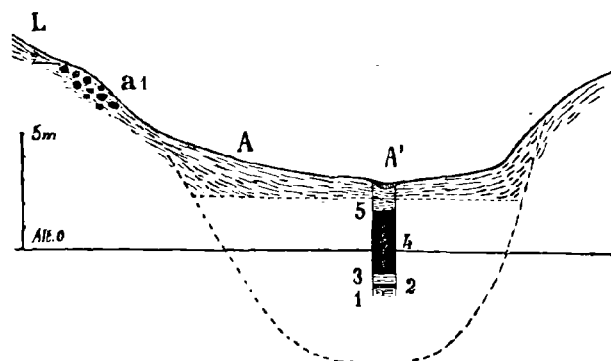


FIG. 17 — Coupe du vallon de St-Tricat.
LÉGENDE. — a1, alluvions fluviales anciennes (Monastirien); — L, limons; — 1 à 5, argiles et tourbes (cf. texte : sondage n° 123); — A, limon jaune de ruissellement (= couche 6 du sond. 123); — A', vase actuelle du ruisseau

Ces limons sont grisâtres ou bariolés de teintes grises et rousses, sableux; ils contiennent quelquefois des granules de craie (sondage 243), des silex plus ou moins anguleux, des produits humiques ou des *Pupa*, (sondage 155 à Fréthun dans un vallon, à la prairie des Alleux). Ils sont plus épais dans les vallons que sur le bord du coteau.

Voici les résultats détaillés du sondage 123 qui montre bien la situation de ces limons.
Sondage n° 123. — *Saint-Tricat*. — Prairie près du petit ruisseau de St-Tricat. Alt. 3^m. (fig. 17).

	Prof.	Epaiss.
6. Limon jaune brun (sans cailloux)		1 ^m 00
5. Limon gris sale	1 ^m 00	0 ^m 50
4. Tourbe mousseuse, riche en débris végétaux.....	1 ^m 50	2 ^m 65
3. Argile gris bleu	4 ^m 15	0 ^m 35
2. Tourbe	4 ^m 50	0 ^m 25
1. Argile bleue	4 ^m 75	
Arrêt à	5 ^m 00	

(1) Ces limons, très récents, sont souvent appelés « limons de lavage ».

Voici d'autres exemples de cette disposition (limon reposant sur de la tourbe) :

Sondage 179 (Hames Boueres) dans le vallon,.....	0 ^m 20 de limon
» 152 (Nielles) au pied du coteau	0 ^m 50 »
» 202 (Fréthun) dans le vallon	0 ^m 10 »
» 200 (Fréthun) dans le vallon	0 ^m 20 »
» 265 (Guines) au pied du coteau	0 ^m 60 »

En résumé on voit ici un bel exemple de limons très jeunes qui ont recouvert les formations les plus récentes de la plaine maritime.

Deuxième Partie. -- Le Calaisis au N. du cordon littoral des Pierrettes

(*Calaisis antérieur*)

J'examinerai d'abord la partie centrale du Calaisis antérieur (immédiatement à l'W. de Calais) dont la structure est très simple et dont l'*Histoire* a enregistré les modifications.

§ 7. — LE CALAISIS ANTÉRIEUR AUX ABORDS DU GRAND-COURANT (NIEULAY).

L'estuaire du Nieulay. — La rivière Nieulay qui traverse actuellement le banc des Pierrettes par une petite gorge artificielle et qui, dès son débouché en Calaisis antérieur, est détournée artificiellement vers l'E. sous le nom de Canal des Crabes, a eu jusqu'à ces dernières années, le Grand-Courant pour embouchure.

Au début du Moyen-Age, l'estuaire constituait une vaste crique, inondée au moins à marée haute, s'étendant de Sangatte à Calais entre le banc des Pierrettes au S. (littoral gallo-romain) (1) et le littoral actuel alors en voie de formation, (certainement constitué au xv^e siècle). (2)

C'est à la fin du x^e siècle que commence la longue série de travaux qui contribueront peu à peu à modifier les conditions naturelles de sédimentation dans la crique Nieulay, par la création d'un premier bassin protégé (3) ; puis, sous l'occupation anglaise (1347 à 1550) par l'établissement d'un deuxième bassin (4) de la digue Royale.

L'estuaire est alors réduit à ce qui forme aujourd'hui le port, le Grand-Courant, les salines Mouron à l'W du Grand-Courant, le polder Bodart à l'E. Les salines Mouron ont été endiguées en 1770 ; le polder Bodart en 1811. Les grands travaux qui ont abouti à l'établissement du port actuel ont été exécutés de 1877 à 1889.

Sédiments du Grand-Courant. — La nappe d'eau dite Grand-Courant est donc ce qui reste de l'estuaire primitif du Nieulay.

(1) Le noyau primitif de Calais avait été Pêtesse ou St-Pierre, souvent nommée au IX^e-X^e siècle, brûlée par les Normands en 881 (ARON, Port de Calais, p. 201 ; — BLANCHARD [1] La Flandre, p. 157 ; — LENNEL, Histoire de Calais, p. 4-5) et installée sur le banc de galets des Pierrettes. — Un hameau de pêcheurs, établi sur la rive droite du Nieulay sans doute sur des dunes, constitue l'agglomération de Calais, signalée et nommée dès les X^e-XI^e siècles. — Le port de Calais était alors l'estuaire du Nieulay lui-même.

(2) Puisque, en 1407, les Anglais construisirent la tour du Risban (ARON, *loc. cit.*, p. 202 .

(3) Bassin du Petit-Paradis, sous Beaudouin IV, cf. travaux précédemment cités.

(4) Grand-Paradis.

Son fond et ses rives sont constitués par de l'argile des polders bleue, c'est un dépôt d'argile à grains fins, très uniformément calibrés, (entre 5 et 10 μ de diamètre moyen).

On y trouve la faune suivante :

<i>Scrobicularia piperata</i> Gm.	<i>Hydrobia ulvae</i> Pennant.
<i>Cardium edule</i> L.	<i>Tellina balthica</i> L.

L'argile repose sur du sable gris bleu argileux, comme l'indique le sondage suivant :

Sondage n° 35. — Calais. — Prairie basse au S. de la redoute des Salines. Alt. 1^m50.

	Prof. Epais.	
2. Argile gris bleu, à <i>Scrobicularia piperata</i> Gm, <i>Cardium edule</i> L. <i>Hydrobia ulvae</i> Penn., <i>Tellina balthica</i> L.		0 ^m 50
1. Sables argileux bleus	0 ^m 50	0 ^m 50
Niveau d'eau dans ces sables, arrêt du sondage à.....		1 ^m 00

Sédiments du polder Bodart, endigué en 1811. — Le sondage suivant fait connaître la constitution des sédiments du polder Bodart sur 3^m de profondeur.

Sondage n° 38. — Calais. — Polder Bodart, au N. des carrières Dufour (Entre le Canal des Crabes et le Grand-Courant). Alt. 3^m.

	Prof. Epais.	
7. Argile grise à <i>Cardium edule</i> et débris de coquilles terrestres		1 ^m 10
6. Sable gris et roux ferrugineux	1 ^m 10	0 ^m 15
5. Argile grise à <i>Tellina balthica</i> , <i>Scrobicularia piperata</i>	1 ^m 25	0 ^m 20
4. Sable gris	1 ^m 45	0 ^m 05
3. Argile grise sableuse riche en <i>Hydrobia ulvae</i> et débris de coquilles marines ramenées de 1 ^m 90 (<i>Cardium edule</i> , <i>Tellina balthica</i>).	1 ^m 50	0 ^m 50
2. Argile bleue compacte	2 ^m 00	0 ^m 40
1. Sable gris bleu grossier un peu argileux	2 ^m 40	
Niveau d'eau. Arrêt du sondage dans ce sable		3 ^m 00

Sédiments des salines Mouron, endiguées en 1770. — Le vaste polder argileux connu sous le nom de « Salines Mouron » s'étend de la digue Camyn à l'W. à la digue des Salines à l'E. Celle-ci s'étend de Fort-Nieulay aux Baraques. C'est une plaine couverte de champs dont l'altitude varie entre 3 et 4^m. Son uniformité est troublée par plusieurs petits banes sableux à la ferme Oyez près de la redoute des Salines et aux Baraques le long du Grand-Courant.

Sa structure, d'ailleurs très semblable à celle du polder Bodart est mise en évidence par les sondages suivants :

Sondage n° 11. — Sangatte. — Champ près de la ferme Tournant, à l'E. de la digue Camyn. Alt. 4^m.

	Prof. Epais.	
6. Terre végétale, un peu sableuse au sommet, argile gris verdâtre vers la base		0 ^m 55
5. Sable grossier	0 ^m 55	0 ^m 22
4. Argile gris-verdâtre avec filets humiques noirs	0 ^m 77	0 ^m 08
3. Argile grise	0 ^m 85	0 ^m 15
2. Sable gris sale, ferrugineux, jaune par places	1 ^m 00	0 ^m 20
1. Sable gris bleu, avec fragments de <i>Mytilus edulis</i>	1 ^m 20	
Niveau d'eau (Arrêt du sondage)		2 ^m 00

Sondage n° 22. — *Sangatte*. — (ferme Guilbert) et 23 (ferme Oyez). Alt. 3^m7.

	Prof.	Epaiss.
3. Sable éolien		0 ^m 25
2. Argile sableuse	0 ^m 25	0 ^m 50
1. Sable gris	0 ^m 75	
Arrêt à	1 ^m 50	

Sondage n° 31. — *Sangatte* (Les Baraques). Champ au S. de la route de Sangatte, près du Fort Lapin. Alt. 2^m8 (point coté E. M., Plan directeur).

	Prof.	Epaiss.
4. Sable éolien un peu argileux		0 ^m 30
3. Argile verte ou brunâtre	0 ^m 30	0 ^m 50
2. Argile sableuse	0 ^m 80	0 ^m 20
1. Sables blancs ou gris, un peu argileux (débris de coquilles)	1 ^m 00	
Arrêt dans les mêmes sables mouillés	2 ^m 20	

Sondage n° 32. — *Sangatte* (Les Baraques). A 150^m au S. du sondage n° 31. Alt. 4^m.

	Prof.	Epaiss.
2. Argile grise un peu sableuse, avec <i>Cardium edule</i> , <i>Hydrobia ulvae</i> et fragments de coquilles terrestres		1 ^m 00
1. Sables blancs ou gris, un peu argileux; débris de coquilles	1 ^m 00	
Arrêt dans les mêmes sables mouillés	2 ^m 50	

Les sondages 24, 33, 34 fournissent des résultats identiques.

La partie la plus élevée des sédiments argileux du polder repose non seulement sur les galets du banc des Pierrettes, mais aussi sur ceux qui, dans le cordon littoral actuel, constituent la base des dunes, ainsi que le montre le sondage n° 25.

Sondage n° 25. — *Sangatte*. — Prairies de la ferme Trouille. Alt. 4^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Argile sableuse		0 ^m 60
1. Galets	0 ^m 60	

Les sondages 22, 23, 31 (voir plus haut) ont montré d'autre part que le sable des dunes tend à s'avancer dans le polder et à recouvrir les dépôts argileux.

Caractères lithologiques. — Les caractères minéralogiques des sédiments qui forment les dépôts récents du polder sont assez uniformes. Ces sédiments répondent en effet à trois types principaux :

1° sables gris bleu constituant la partie inférieure des couches accessibles à la sonde à main ;

2° sables gris de surface ;

3° argile grise sableuse de surface ;

1° *Sable gris bleu.* — J'ai pu en faire une bonne prise dans le fossé de la redoute des Salines (sondage n° 34) à environ 3^m du niveau du sol.

C'est un sable assez grossier, formé de quartz en grains de 300 à 400 μ , bien roulés, avec glauconie rare de 150 μ , n'offrant aucune apparence d'altération et contenant de nombreux débris de coquilles (*Hydrobia ulvae*) et quelques Radiolaires mal conservés.

2° *Sables gris blanc.* — En voici un type pris au sondage n° 31 (couche 1) : Sable gris un peu argileux à 1^m50 de profondeur.

Sable constitué par du quartz assez bien roulé, blanc opalescent, de 200 à 400 μ ; glauconie rare de 200 μ ; nombreux débris de coquilles (en particulier fragments d'*Ostrea*).

3° *Argile grise*. — Dans le même sondage 31, la couche 3 très argileuse est formée de particules argileuses très fines dont le diamètre moyen le plus fréquent atteint 5 μ seulement. On n'observe pas de glauconie, bien que l'argile ait livré des débris de Scrobiculaires,

Ces analyses montrent que dans le polder, le caractère marin de la sédimentation a diminué progressivement avec le comblement du bassin de sédimentation.

Fond du polder Mouron. — Dans le fond du polder Mouron, dans l'angle formé par la digue Royale et la digue Camyn, les sédiments ont un caractère marin encore moins accentué qu'aux différents points signalés.

C'est ce que montre le sondage n° 15 :

Sondage n° 15. — *Sangatte*. — Champ au N. de la digue Royale, à 8^m du pied de la digue. Alt. 3^m50.

	Prof.	Epaiss.
5. Argile grise et terre végétale argileuse		1 ^m 25
4. Tourbe	1 ^m 25	0 ^m 10
3. Argile grise avec débris de coquilles d'eau douce	1 ^m 35	0 ^m 35
2. Argile verte	1 ^m 70	
1. Argile sableuse gris bleu. Arrêt du sondage (eau)	2 ^m 50	

Ce sondage offre d'autant plus d'intérêt que le sondage n° 16 que j'ai fait au S. de la digue Royale, (entre la digue et le cordon littoral des Pierrettes) m'a montré 1^m20 de couches à caractère *plus marin* que les précédents :

Sondage n° 16. — *Sangatte*. — Champ au S. de la digue Royale, à 8^m environ du pied de la digue. Alt. 2^m50.

	Prof.	Epaiss.
3. Argile verte et terre végétale		0 ^m 50
2. Sable grossier jaune	0 ^m 50	0 ^m 40
1. Sable argileux vert	0 ^m 90	0 ^m 30
Arrêt du sondage dans : argile sableuse verte, mouillée et caillouteuse	1 ^m 20	

On doit en conclure que, *avant l'établissement de la digue Royale*, le polder était *plus accessible à la marée* que lors de la période de sédimentation la plus récente dans le polder.

On peut cependant trouver des dépôts de polder tourbeux en arrière de la digue Royale, mais plus à l'W. encore que précédemment et entre des ramifications du cordon littoral des Pierrettes (sondage 17).

Sondage n° 17. — *Sangatte*. — Champ au S. de la digue Royale. Alt. 2^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Argile sableuse noirâtre, passant insensiblement à la terre noire des marais, tourbeuse, à débris de coquilles d'eau douce		1 ^m 00
1. Argile gris bleu, humide et caillouteuse. Arrêt du sondage	1 ^m 00	

Bancs sableux du polder Mouron. — L'uniformité du polder Mouron est troublée par la présence de trois bancs sableux : l'un au S. de la ferme Oyez, l'autre au N. W de la

redoute des Salines, le troisième près des Baraques, le long du Grand-Courant. Les deux premiers sont constitués par du sable grossier avec cailloux et galets. Ils paraissent former une digitation du cordon littoral actuel, constituée lors de la marche vers l'E. de ce cordon littoral.

Je n'ai pu les traverser avec la sonde à main en raison de leur richesse en cailloux (sauf sur 0^m75 au sondage 27 dans le banc de la Redoute des Salines).

Banc sableux du Grand-Courant. — Le troisième banc de sable, (Banc de sable du Grand-Courant), paraît plus récent encore que les deux premiers, et semble avoir été jeté au-dessus des dépôts poldériens, vraisemblablement à la suite d'un coup de mer très récent, dont je n'ai d'ailleurs pu retrouver la date historique.

Le banc de sable du Grand-Courant constitue un léger bourrelet qui peut s'observer à une petite distance des fortifications de Calais; il passe dans la partie méridionale de l'agglomération des Baraques, et vient mourir dans le polder à mi-distance entre les Baraques et le fortin des Salines.

Son relief au-dessus du niveau général du polder est de 0^m50 à 1^m. Sa largeur ne dépasse pas 50^m, son altitude 3,50 à 4^m.

Je me suis assuré qu'il ne se prolongeait pas au N., au S., ou à l'W. sous les sédiments poldériens, par les trois coups de sonde n^{os} 39, 40, 41, qui n'ont mis en évidence, jusqu'à des profondeurs voisines de 1^m75 à 2^m, que des sédiments poldériens typiques.

Dans le banc de sable lui-même, je n'ai pu sonder profondément, ma sonde ayant été coincée à chaque instant par des sables éboulés et des cailloux; mais le banc est traversé par plusieurs puits, et de l'enquête à laquelle je me suis livré, il ressort que le sable du banc n'aurait que 2^m environ d'épaisseur et serait superposé à des argiles et sables poldériens typiques, ce qui indique le peu d'ancienneté de la petite levée sableuse.

Le banc est formé presque uniquement de sable, avec petits cailloux, peu fréquents, plus ou moins roulés, de grès diestien et dont le poids ne dépasse guère 50 gr.

Le sable est composé de gros grains de quartz, très roulés, de 400 μ de diamètre moyen; il est dépourvu de mica et de glauconie. Il est en revanche, assez riche en petits grains noirs bien roulés, de 600 μ de diamètre moyen, à structure bulleuse que je ne puis attribuer qu'à de la scorie artificielle.

La faunule de coquilles que j'ai ramassées sur le sol ou dans les taupinières, est composée des espèces suivantes, par ordre de fréquence :

<i>Cardium edule</i> L. (ccc)	<i>Mytilus edulis</i> L. (r)
<i>Hydrobia ulvae</i> Pennant. (ccc).	<i>Ostrea edulis</i> L. (r) (fragments).
<i>Tellina (Macoma) balthica</i> L. (ac)	<i>Buccinum undatum</i> L. (r) (fragments).
<i>Donax vittatus</i> D. C. (ac).	<i>Mya truncata</i> L. (r)
<i>Mactra subtruncata</i> D. C. (ac)	<i>Arca lactea</i> L. (r).
<i>Zirphaea crispata</i> L. (ac) (fragments).	<i>Adeorbis subcarinatus</i> Mtg. (rr).

Cette faunule est formée d'éléments vivant tous dans la Mer du Nord actuelle; elle est boréo-lusitanienne, avec caractère boréal accentué par la présence de *Mya truncata*, *Zirphaea crispata*, cette dernière espèce étant l'une des plus caractéristiques du littoral actuel de Sangatte à Calais, ainsi que je l'ai déjà signalé plus haut.

La plupart des coquilles sont de petites espèces très légères sauf *Mya truncata*, *Zirphaea crispata*, *Ostrea edulis* et *Buccinum undatum*; mais les trois dernières ne se sont montrées qu'à l'état de fragments.

Ce caractère, joint à celui de l'absence de glauconie, me fait croire que le sable étudié est, au moins en partie, un sable d'origine éolienne. Mais ce sable ne peut provenir de bien loin: son allure,

en langue sabieuse allongée, rappelle celle des levées sableuses jetées dans les plaines côtières par-dessus une digue détériorée lors d'une tempête. La levée de sable jetée sur l'argile de polder aurait été légèrement remaniée en une petite dune par l'action éolienne, ultérieurement à sa formation.

La présence de scories roulées en grains de petite taille incorporés au sable permet d'affirmer que la levée sableuse s'est établie depuis l'existence de la navigation à vapeur; la richesse en scories s'explique aisément par cette raison que le point considéré s'est trouvé il y a peu de temps encore au bord du bassin des chasses du port de Calais.

Le petit banc sableux qui vient d'être étudié est donc un exemple curieux de dépôt littoral très moderne, qui au premier abord aurait pu être confondu avec des formations plus anciennes.

§ 8. — LE CALAISIS ANTÉRIEUR A L'W. DE LA DIGUE CAMYN.

Près de la digue Camyn, la structure du polder ne diffère pas de celle mise en évidence par les sondages à l'E. de la digue. (Sondages 10, 12, 13). Je donne le détail des sondages 10 et 13 :

Sondage n° 10. — *Sangatte*. — Prairies de la ferme Tournant, près de l'abreuvoir de la ferme. Alt. 4^m.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable de dune		0 ^m 2
3. Argile sableuse	0 ^m 25	0 ^m 35
2. Sable gris sale	0 ^m 60	0 ^m 10
1. Sable gris bleu	0 ^m 70	
Arrêt dans l'eau	1 ^m 30	

Sondage n° 13. — *Sangatte*. — A l'W. de la digue Camyn, au N. du cordon des Pierrettes. Alt. 3^m50.

	Prof.	Epaiss.
2. Argile grise sableuse		0 ^m 80
1. Sable gris bleu, riche en petits galets et fragments de coquilles : <i>Cardium edule</i> cc ; <i>Tellina balthica</i> cc ; <i>Hydrobia ulvae</i> cc ; <i>Scrobicularia</i> c ; <i>Donax</i> r ;	0 ^m 80	
Niveau d'eau	1 ^m 00	

Un peu à l'W., on peut relever les différentes particularités suivantes :

Au N. du banc des Pierrettes, au sondage n° 7, on observe des sédiments très sableux qui sont ceux d'une plage sableuse située au-devant du cordon littoral, avec toutefois une couche imprégnée de produits humiques (couche n° 5).

Sondage n° 7. — *Sangatte*. — Au S. du coude du chemin Tournant, à 5^m de la route. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Terre sableuse		0 ^m 70
5. Sable (un peu humique)	0 ^m 70	0 ^m 10
4. Sable jaune	0 ^m 80	0 ^m 10
3. Sable gris bleu	0 ^m 90	0 ^m 10
2. Argile gris bleu	1 ^m 00	0 ^m 05
1. Sable gris bleu	1 ^m 05	
Niveau d'eau à	1 ^m 20	

A 300^m au N., le sondage n° 5 effectué très près du cordon littoral actuel, révèle l'existence de tourbe sur 0^m13 d'épaisseur :

Sondage n° 5. — *Sangatte*. — Au N. du précédent, près de la route de Calais à Sangatte. Alt 3^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Sable et terre végétale sableuse		0 ^m 30
5. Argile grise sableuse	0 ^m 30	0 ^m 35
4. Tourbe	0 ^m 65	0 ^m 13
3. Argile gris verdâtre	0 ^m 78	0 ^m 02
2. Sable gris noir	0 ^m 80	0 ^m 10
1. Sable gris bleu	0 ^m 90	
Arrêt dans les sables gris bleu mouillés à		1 ^m 10

Cette tourbe paraît être en continuité avec celle qui a été observée par M. Briquet et par moi-même à l'E. du cordon littoral des Pierrettes (tourbe antérieure), sur la plage à marée basse, et qui est caractérisée par sa pauvreté en fragments de bois, ainsi que par sa faible épaisseur (0^m10 à 0^m20). Elle a la même altitude d'ailleurs (environ + 2^m50), même toit, et même mur.

Cette tourbe de situation antérieure par rapport au cordon littoral des Pierrettes, doit évidemment son existence à un petit cordon littoral protecteur, qui devait se trouver à peu de distance au N. du cordon des Pierrettes, et qui a été détruit (de même que la racine du cordon littoral des Pierrettes elle-même), à la suite du recul de la côte du Blanc-Nez, par érosion.

Enfin, sur ce polder qui fut tourbeux pour un temps très court, a été jetée une flèche de sables et de galets (sondage 6), que les puits des maisons les plus orientales de Sangatte traversent sur 1^m50 ou 2^m d'épaisseur avant de toucher les formations poldériennes et tourbeuses précédemment décrites. Cette flèche sableuse n'est certainement pas plus ancienne que les dépôts flandriens supérieurs du polder.

§ 9. — LES POLDERS A L'E. DE CALAIS.

A l'E. de Calais, au N. du banc de Marek, s'étend une série de polders séparés par plusieurs lignes de dunes de plus en plus fraîches à mesure qu'on s'éloigne du banc de Marek. Toute cette région du Calaisis est formée de conquêtes récentes sur la mer. Au N. du banc de Marek (littoral gallo-romain selon toute vraisemblance), s'observent : le banc du Petit-Courgain, les dunes du Fort-Vert et des Petites Hemmes, les dunes de la Digue Verte et de la Digue Taaf, et les dunes actuelles.

Banc du Petit-Courgain. — Au N. du banc de Marek s'étend un banc sableux que dans ma note préliminaire sur le Calaisis j'ai désigné sous le nom de banc de Petit-Courgain et que j'ai supposé à tort être une ramification du banc des Pierrettes.

En fait, après avoir multiplié mes recherches je n'ai pu trouver aucune connexion entre ces deux bancs, qui sont séparés à l'intérieur de Calais par la dépression poldérienne de l'Abyme.

Le banc de sable du Petit-Courgain s'observe dans la partie orientale de la ville, aux abords de la Porte de Gravelines. Il constitue un sol sableux tout à fait analogue à celui de l'extrémité orientale du banc de Marek. Il supporte la plus grande partie de l'aggloméra-

tion du Petit-Courgain de Calais, à une altitude variant de 3 à 4^m. Près de la Porte de Gravelines, il a une largeur de 600 à 800^m. Sa largeur diminue rapidement à l'E. Le banc lui-même se termine à peu près à mi-chemin entre la Porte de Gravelines et le Pont-Sergent par quelques petites digitations qui viennent mourir sous du sable gris argileux poldérien.

Le sondage n° 89, fait à peu de distance de l'agglomération principale de Petit-Courgain, à l'altitude 3^m, ne m'a montré que du sable jusqu'à la profondeur de 1^m20.

A l'E. de l'agglomération (à l'altitude 3^m12, Plan directeur), j'ai pu observer les déblais d'un puits nouvellement creusé à travers le banc de sable (1). Les sables blancs ou jaunâtres ont été traversés sur 2^m d'épaisseur et reposent sur des sables gris bleu. L'eau était à l'altitude + 0^m60.

On peut conclure de ces observations que sur du sable gris bleu se sont déposés des sables d'allure littorale, dont la partie superficielle a été remaniée par le vent.

Ce banc de sable a constitué à une date inconnue (historiquement parlant) un rivage plus jeune que le rivage de Beaumarais à M.

Polder du Canal de Marck. — Aux points non occupés par le banc de sable de Petit-Courgain, s'étend au N. du banc de Marck, un polder traversé par le Canal de Marck. Sa limite S. est parfois difficile à tracer: j'ai déjà montré qu'au banc sableux de Marck font suite des dépôts de plage sableuse, puis des dépôts de polder argilo-sableux, par un passage latéral très progressif. Sa limite N. au contraire est très nette. C'est la ligne de dunes anciennes du Fort-Vert-Petite-Walde, longée par l'ancienne route de Calais à Gravelines.

Le polder du Canal de Marck est une plaine argilo-sableuse d'altitude variant entre 2^m50 et 3^m.

Sa structure est assez uniforme ainsi que le révèlent les sondages 52, 53, 54, 76, 77, 78, 87, 88, 91, 92, 94, 96; je donne ci-dessous les détails de quelques-uns d'entr'eux.

Sondage n° 52. — *Calais.* — Au N. E. de Petit-Courgain, près de la chaîne de dunes de Petit-Fort-Vert. Alt. 3^m20. (Point coté E. M., Plan directeur).

	Prof.	Epaiss.
3. Argile grise peu sableuse, avec <i>Cardium edule</i>		0 ^m 60
2. Sable blanc	0 ^m 60	0 ^m 20
1. Sable bleu	0 ^m 80	
Niveau d'eau. Arrêt à	1 ^m 30	

Sondage n° 76. — *Marck.* — Polders de la ferme de Petite-Walde. Alt. 3^m.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable fortement argileux		0 ^m 60
3. Sable très peu argileux	0 ^m 60	0 ^m 55
2. Sable grossier, blanc	1 ^m 15	0 ^m 45
1. Sable gris bleu	1 ^m 60	
Arrêt dans l'eau à	2 ^m 00	

Dans une ancienne briqueterie située près du chemin de Waldam, on a exploité 1^m d'argile peu sableuse avec *Scrobicularia piperata*, *Cardium edule* et *Tellina balthica*.

(1) J'en ai noté l'emplacement à titre de sondage avec le n° 90.

Les formations inférieures à ces dépôts sablo-argileux sont des sables gris bleu, « sables pissards », à *Cardium edule* L., *Tellina balthica* L., *Scrobicularia piperata* Gm, sur quelques mètres d'épaisseur au moins, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte par les déblais retirés du Canal de Marck.

En résumé, tous ces sondages montrent des couches sableuses (sables gris bleu) à la base, devenant généralement un peu argileuses au sommet, et couronnées par de l'argile de polder.

Caractères lithologiques. — J'ai examiné de plus près quelques-unes de ces formations :

1° *Sables gris-bleu.* — 1^{er} exemple. Sondage 92. Petit-Courgain. Prise vers 1^m50 de profondeur (couche n° 1) :

Le sable gris-bleu est formé de grains de quartz de 50 à 200 μ de diamètre, bien roulés, sans pigmentation apparente au microscope. La glauconie est extrêmement rare. En revanche, on trouve du mica, en paillettes assez fréquentes de 300 à 500 μ de large.

2° exemple. Sondage 76. Marck au N. du Canal. Prise vers 2^m :

Le sable gris-bleu se montre formé de grains de quartz bien roulés de 200 à 300 μ , blancs légèrement opaques, agglomérés en petites masses par une fine poussière de grains de quartz de 20 à 50 μ . La glauconie est extrêmement rare, en grains de grosseur assez variable.

En résumé, les sables gris-bleu sont formés de grains de quartz non pigmentés, transparents ou légèrement opaques, bien roulés, en grains de 200 à 300 μ , avec des grains plus petits de 20 à 50 μ . Ils sont faiblement glauconieux, micacés ou non.

2° *Sables blancs argileux.* — Il n'y a eu aucun point de limite tranchée entre les sables gris-bleu et les sables blancs ou roussâtres qui leur sont superposés. Ces derniers varient fortement d'aspect et de nature suivant les différents points considérés.

1^{er} exemple. Sondage 87. Petit-Courgain. Prise vers 0^m80 de profondeur (couche n° 2) :

Le sable ramené par la sonde est un sable blanc, ou mieux gris-sale, à grains de quartz non pigmentés, bien roulés mais très irrégulièrement calibrés. Les uns ont environ 400 μ de diamètre moyen ; les autres 80 à 100 μ seulement. Il n'y a pratiquement pas de grains de taille intermédiaire.

Il en est de même pour la glauconie qui se présente sans trace d'altération d'ailleurs, soit en grains rares de 300 μ , soit en grains abondants de 600 μ environ.

2° exemple. Sondage 53. Petit-Courgain; au N. du Canal de Marck. Prise vers 0^m60 (couche n° 2) :

Le sable gris étudié est formé de petits grains de quartz, mal roulés en général, mais à arêtes émoussées, de diamètre moyen variant entre 100 et 120 μ ; une faible proportion de grains plus gros que 200 μ . Il y a de la glauconie très rare. Fragments de radioles de Spatangides.

3° exemple. Sondage 76. Marck; au N. du Canal. Prise vers 1^m50 (couche n° 2) :

Sable blanc grossier formé de grains de quartz blanc, un peu opaque, très roulés, de 200 à 400 μ . Pas de glauconie observée. (Il y avait pourtant des coquilles marines dans la couche).

4^e exemple. *Sondage 92. Petit Courgain. Prise vers 1^m :*

Sable gris formé de grains quartzeux bien roulés, de 140 à 200 μ . Glauconie rare de 60 à 80 μ .

5^e exemple. *Sondage 56. Beaumarais. Ferme Roussel. Prise vers 1^m :*

Sable gris chamois formé de grains de quartz bien roulés de 100 à 120 μ ; glauconie assez fréquente de 60 à 80 μ .

6^e exemple. *Sondage 55. Calais. Pont-Sergeant. Prise vers 1^m30.*

Sable gris un peu roussâtre ; formé de grains de quartz assez mal roulés, pigmentés par de la limonite, de 200 à 300 μ de diamètre. Glauconie présente, mais rare, non altérée, en grains bien réguliers de 80 μ .

En général, les sables gris-blanc ou roux du polder sont caractérisés principalement par des grains de quartz de forte taille peu ou pas pigmentés par de la limonite, sans grains de petite taille intercalaires. La glauconie est rare ; le mica absent.

3^o *Argiles de polders supérieures.* — Ce sont des « tangles » contenant des coquilles et par conséquent un peu calcaires. Cependant on peut en faire de la brique :

1^{er} exemple. *Sondage 53. Petit-Courgain. Tangle sableuse superficielle. Prise vers 0^m30.*

On y voit de gros grains de quartz de 300 à 400 μ , parfaitement roulés, enrobés dans une masse formée de petits cristaux de quartz de 20 à 50 μ et de particules argileuses peu abondantes d'ailleurs, plus petites que 20 μ .

2^e exemple. *Sondage 92. Petit-Courgain. Prise vers 0^m50 (couche n^o 3) :*

Argile sableuse superficielle formée en parties à peu près égales de grains de quartz roulés de 80 à 100 μ et de grains d'argile de toutes tailles dont les plus gros atteignent 20 μ . Fragments de mica ; glauconie rare.

Ces argiles poldériennes blanches sont donc caractérisées par une teneur en gros grains de sable très élevée.

Ligne de dunes de Fort-Vert-Petite-Walde. — Une ligne de dunes prend naissance dans l'intérieur de l'enceinte fortifiée de Calais. A la porte de Gravelines, les sables de ces dunes chevauchent sur le banc de sable de Petit-Courgain qu'ils tendent à recouvrir. Mais à Petit-Courgain même, une zone de polder large de 200^m, sépare les deux bandes sableuses.

Les dunes, encore assez fraîches par places, recouvertes de végétation en d'autres points, atteignant quelquefois une altitude de 10 à 15^m, s'étendent sur une largeur d'environ 500^m, jusqu'à Fort-Vert et Petite-Walde. Là, elles changent légèrement de direction et vont constituer la ligne de dunes des Petites Hemmes.

La ligne de dunes du Fort-Vert-Petite-Walde constituait le rivage avant le xvii^e siècle.

Polders de la digue Verte et de la digue Taaf. — A Calais même, la ligne de dunes précédente ne se distingue pas des dunes actuelles qui s'accroissent contre elle.

Plus à l'E., au N. des dunes de Petite Walde, on trouve une nouvelle bande de polder large de 500^m conquise au xvii^e-xviii^e siècle (1), grâce à plusieurs lignes de digues successives (digue Verte, digue Taaf). Dans ces polders, le sol atteint une altitude de 3^m50 à 4^m.

(1) BLANCHARD [1] *La Flandre*, p. 208

J'y ai effectué un sondage :

Sondage n° 51. — *Calais*. — Polder entre la Digue Verte et la Digue Taaf, Alt. 3^m70. (Point coté Et. Maj. Plan directeur).

	Prof.	Epaiss.
4. Argile très sableuse		0 ^m 20
3. Sable roux	0 ^m 20	0 ^m 40
2. Sable blanc	0 ^m 60	0 ^m 20
1. Sable avec débris de coquilles	0 ^m 80	
Arrêt: eau et sable	1 ^m 30	

Les sables grossiers ramenés par la sonde entre 0^m80 et 1^m30 ont surtout attiré mon attention : ils constituent un mélange de petits graviers et de sables en grains bien roulés de 300 à 400 μ avec nombreux débris de coquilles triturées. La glauconie est présente, mais rare.

Dunes actuelles. — Estran. — Une dernière ligne de dunes s'adosse à la digue Taaf. On en voit en formation sur l'estran même, qui s'étend à marée basse jusqu'au phare de Waldam, sur une largeur de 1.500^m. Cet estran est d'ailleurs constitué par du sable très riche en vase.

CHAPITRE VI

Morphogénie du Calaisis

§ 1. — RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE L'ÉTUDE DES DÉPÔTS DE SURFACE DU CALAISIS.

Si l'on fait abstraction des dépôts relativement anciens, d'âge monastirien, qui n'occupent qu'une faible superficie dans la plaine, on peut observer que le banc de galets des Pierrettes constitue avec ses dépendances, le trait géographique le plus important du Calaisis.

En avant (au N.) du banc des Pierrettes, on n'observe que très rarement de petits amas tourbeux très localisés : tout le Calaisis antérieur ou poldérien est constitué par des dépôts argilo-sableux déposés sur une plage ou dans des polders, et dont l'âge très récent, est quelquefois connu historiquement.

En arrière (au S.) du banc des Pierrettes, on peut observer en général aux plus grandes profondeurs atteintes par la sonde à main (3 à 5^m) des sables gris plus ou moins argileux et des argiles de polders, surmontés par des formations tourbeuses (quelquefois des tufs calcaires), qui sont de plus en plus épaisses à mesure que l'on s'approche de la racine du banc des Pierrettes. Ces tourbes sont souvent recouvertes de sables gris argileux à *Cardium edule*, particulièrement développés à l'E. du Calaisis près de l'extrémité du banc de Marek et raréfiés ou absents au contraire, à l'W. près du bord de la plaine maritime et de la racine du banc des Pierrettes.

D'une façon générale, les formations marines dominant à l'E. près de Marek et des Attaques; les formations tourbeuses dominant au contraire à l'W. près de Guines, Coquelles, Sangatte.

On doit en conclure que les dépôts tourbeux du Calaisis se sont formés à l'abri du cordon littoral des Pierrettes déjà constitué. Mais dans les pays de Sangatte, de Guines, d'Ardres, les dépôts tourbeux qu'on rencontre à diverses altitudes entre les profondeurs 0 et 3^m ne sont pas tous du même âge.

Certains sont nettement antérieurs à la civilisation gallo-romaine; les recherches de Debray ont en effet prouvé que des masses tourbeuses aujourd'hui recouvertes de 1 à 2^m de couches marines avaient servi de sol aux habitants gallo-romains (1) dans une grande partie du Calaisis. Du bronze a été également abandonné sur ce sol, et dans la tourbe elle-même,

(1) DEBRAY [5], Tourbières, Extr., p. 24-27.

on a trouvé des traces d'industries lithiques qui se rapportent au Néolithique. Je n'insiste pas sur ces faits qui sont maintenant bien connus, et dont M. Lesmaries vient de faire une révision récente (1)

La tourbe a continué à se former en certains points jusqu'au XIII^e siècle, ainsi que le montrent les poteries d'Ardres, trouvées sur la tourbe, sous un peu de sable marin. Peut-être en a-t-il été de même à Sangatte.

La tourbe a continué à se former plus tard encore jusqu'à nos jours, dans toutes les dépressions qui n'avaient pas été comblées par la sédimentation marine ou l'accumulation de tourbes plus anciennes. Certaines tourbes des environs de Guines et de Nielles sont certainement très récentes. (2).

Les dépôts marins du Calaisis postérieur se sont également formés en plusieurs temps : on en connaît sous les tourbes néolithiques, sur les tourbes néolithiques et gallo-romaines (invasion marine du III^e au VII^e siècle) et sur des tourbes ou des sols limoneux datés par des poteries du XIII^e siècle (Ardres, Audruicq). Ce sont des sables gris bleu en profondeur, gris blanc en surface avec *Cardium edule*, ou des argiles avec *Scrobicularia piperata*.

Les sables post-gallo-romains ont péniblement dépassé les accidents topographiques constitués par les digitations du Virval et le massif de Coulogne, au pied duquel la mer a constitué un faible cordon littoral. Ils se sont déposés lentement par petites couches au cours d'un grand nombre de marées venant de la région de Marek et ne pénétrant que rarement au fond du polder.

C'est sans doute au cours des dernières phases marines de l'histoire du Calaisis que se sont déposées les couches les plus élevées du banc des Pierrettes, contre son bord antérieur et vers son extrémité orientale; c'est ce que tendrait à démontrer la découverte dans le banc de galets à St-Pierre (Canal des Pierrettes), à 5^m de profondeur vers l'altitude zéro, de restes archéologiques vraisemblablement gallo-romains ; mais les conditions de gisement de ces restes sont peu précises ; cette découverte demanderait confirmation.

Quoiqu'il en soit, le banc des Pierrettes, établi déjà aux temps néolithiques, (puisque c'est à son abri que se sont formées les tourbes néolithiques), a constitué le rivage de la plaine calaisienne aux temps gallo-romains.

§ 2. — COMPARAISON DE LA RÉGION CALAISIENNE DE LA FLANDRE MARITIME AVEC LA PLAINE MARITIME DE WELLS (NORFOLK).

I. — La plaine maritime de Wells (Norfolk) :

La côte de Norfolk est rongée par la mer et se présente sous forme de falaises dans la région de Cromer ; sa direction générale est alors N. W.-S. E.

A l'W. de Weybourne, elle s'infléchit nettement pour adopter une direction E. W. et

(1) LESMARIES, Dunkerque et la Plaine Maritime, fasc. II. 1922, Extr. p. 136.

(2) J'y ai trouvé des fragments de briques modernes dont certains très légers ne semblent pas avoir pu s'enfoncer dans une tourbe déjà formée.

se diriger vers le grand golfe de Wash. Entre Weybourne et le Wash, elle est sensiblement rectiligne, légèrement concave même près de Wells.

Les courants côtiers sont amortis sur ce secteur de la côte qui voit se former au devant d'elle une étroite plaine maritime sous la protection d'un cordon littoral. Cette plaine maritime devient plus importante à l'W. et se continue par la plaine du Fenland. (1)

J'ai eu l'occasion, en mai 1922, au cours d'une Excursion de la *Geologist's Association*, de visiter la plaine de Wells, entre Weybourne et Blackeney ; quelques-unes de ses caractéristiques géographiques m'ont paru particulièrement propres à expliquer certaines singularités de structure de la Plaine maritime flamande aux environs de Calais.

Le croquis un peu schématisé ci-joint a été dressé d'après les Cartes du *Geological Survey of England and Wales* (fig. 18). (2)

A. — *Cordon littoral de Blackeney*. — Un cordon littoral s'enracine au pied de la falaise de Weybourne ; il est formé de gros galets, empruntés aux silex de la craie, au North-sea Drift glaciaire ou aux différents crags (Crag de Weybourne, bancs de galets des couches à *Yoldia myalis*).

Il s'étend en ligne droite sur le prolongement du secteur de la côte situé entre Sheringham et Weybourne, vers l'W. N. W. Cette direction est aussi celle des bancs sous-marins au large de Weybourne (tels sont le Sheringham, le Pollard, Blackeney Overfalls) (3) Il atteint ainsi une longueur de près de 11 km. 200, en conservant toujours la même direction, sans ramification.

J'ai pu en relever la structure près de sa racine : on y voit des galets jetés pêle-mêle en un tas formant dos d'âne, à pente assez raide et ininterrompue vers le continent, à pente marine formée de gradins correspondant aux différents niveaux des marées ; point de sable ni de coquilles (le choc des galets ne permettant pas à celles-ci de se conserver). Au pied du cordon de galets s'étend, à marée basse, une plage sableuse.

Brusquement, à son extrémité, le cordon littoral se digite, de telle manière que ses digitations sont orientées très obliquement par rapport à la direction du banc de galets principal. Elles sont nettement N. E.-S. W. L'une d'elles est même fortement arquée vers le S. Des paquets dunaires sont installés çà et là.

On peut parfaitement saisir ici l'origine de l'obliquité générale des digitations par rapport à la direction d'ensemble du banc de galets. Elle se trouve dans l'existence d'un petit cours d'eau, le Glaven, qui a son embouchure à Blackeney. Il se dirigeait vers le N. ; mais l'avance du cordon littoral l'a forcé à déplacer son embouchure vers l'W. Pendant un certain temps, l'embouchure s'est déplacée simplement sans avoir d'action sur la morphologie du cordon littoral. Puis le cours d'eau, fortifié de petits affluents recueillis dans

(1) Cf. SKERTCHLY. *Geol. of the Fenland : Mem. Geol. Surv.* 1877. Voir aussi : MILLER et SKERTCHLY. *Fenland past and present.* 1878.

(2) Carte à 4 miles — 1 inch. — Solid edition, Sheet 12, 1909.

Carte à 1 mile — 1 inch. — n° LXVIII — N. W. — 1883.

(3) Par le travers du Wash, au contraire, les bancs marins s'orientent dans le sens de l'axe du Wash (S.W.-N.E.).

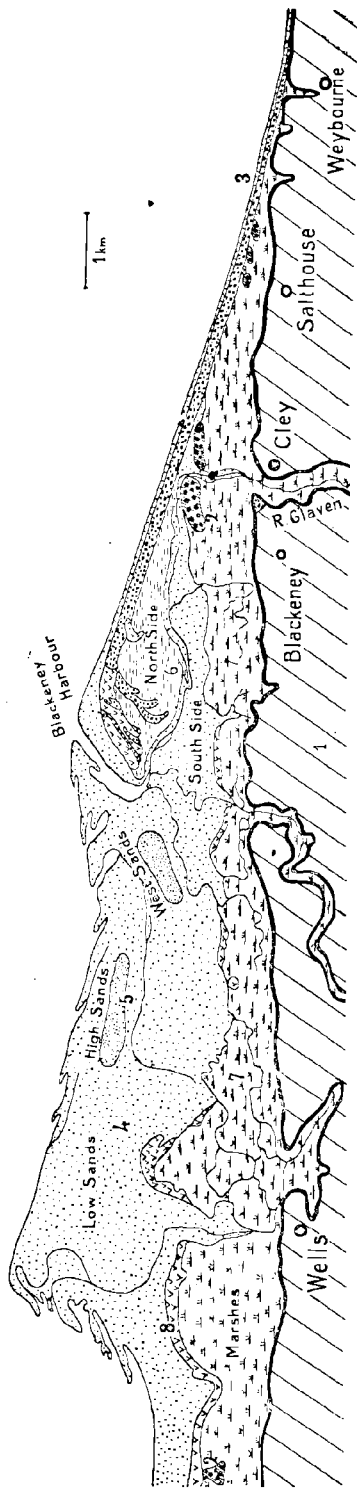


FIG. 18. — La plaine maritime de Wells (Norfolk)

LÉGENDE. — 1, craie et glaciaire ; — 2, massifs anciens de graviers ; — 3, cordon littoral de Blackney ; — 4, slikke ; — 5, bancs de sable ; — 6, schorre ; — 7, polder, pré-salé ; — 8, dunes.

son déplacement vers l'W., a amorti en partie la puissance de transport des courants marins ; les galets et les sables se sont déposés le long de la rive orientale de la rivière en épousant en partie la boucle décrite par cette rive.

A partir de cette époque, des alternances se sont produites dans la lutte entre le courant côtier et le courant fluvial, se traduisant par un déplacement d'ensemble de l'embouchure vers l'W. avec installation de plusieurs bancs sableux successifs incurvés, le long de la rive orientale de la rivière à Blackney Harbour.

B. — *Plaine maritime à l'abri du cordon littoral.* — Un colmatage fluviomarinal comble peu à peu la lagune comprise entre la vieille côte et le cordon littoral, par une vase sableuse ou *silt*, sorte d'argile de polder.

Toute la partie orientale de la lagune est totalement comblée, et la mer n'y a plus accès ; une plaine marécageuse, parsemée de canaux et de mares, s'étend au-devant de Salthouse depuis Weybourne jusqu'à Cley.

A l'W. de Cley, de Blackney à Blackney-Harbour, la lagune comprend 3 régions :

a) au S., le South-Side, véritable polder, rattaché au domaine terrestre et qui n'est plus habituellement visité par la mer, sauf dans les nombreux marigots qui le découpent en multiples petits secteurs ;

b) au centre, une *slikke* (1) découverte à marée basse, inondée à marée haute, et parcourue par le chenal de la rivière Glaven ;

c) au N., contre le cordon littoral, le North-Side, sorte de *schorre* (1), recouvert temporairement par la mer lors des fortes marées.

Ainsi donc, on voit ici une *plaine maritime* se constituer à l'abri du cordon littoral et s'incorporer peu à peu au domaine continental. Chaque région de la plaine passe succes-

(1) J'ai déjà proposé l'emploi de ces termes à la suite de M. Massart. (DUBOIS [7]. Estuaire de la Canche, p. 11-12).

sivement par chacun des stades principaux :

- 1° le stade slikke inondé à chaque marée;
- 2° un stade schorre inondé aux plus fortes marées (North-Side) ;
- 3° un stade polder naturel où la mer ne pénètre plus lors des périodes météorologiques normales, inondable toutefois très accidentellement ou très exceptionnellement, (South-Side) ;
- 4° un stade marais d'eau douce (devant Salthouse et Weybourne), qui s'établit dans les régions basses des polders bien isolées de la mer.

C. — *Plaine maritime à l'ouest du cordon littoral.* — A l'W. de Blackeney-Harbour, le cordon littoral cesse, mais pourtant la plaine maritime continue à s'installer aux dépens du domaine marin, bien qu'elle soit directement exposée à l'action des marées.

Une vaste plaine sablo-vaseuse découvre en effet à marée basse devant Wells (Low-Sands). Quelques banes de sable un peu plus élevés marquent le prolongement du cordon littoral ; ils sont désignés sous le nom de *High-Sands* et *West-Sands*. De nombreux ruisseaux parcourent cet estran en un réseau irrégulier. Sa limite à mer basse est fortement festonnée en une série de petites langues sableuses séparées par de petits golfes, toutes orientées vers le N. W.

Ce domaine est pourtant en partie gagné au continent sous forme de polders naturels ou *Marshes* formant bordure le long de la côte et bordés eux-mêmes de dunes. La masse de sédiments déposée suffit à amortir la marée assez pour que le flot n'arrive plus jusqu'à l'ancien rivage.

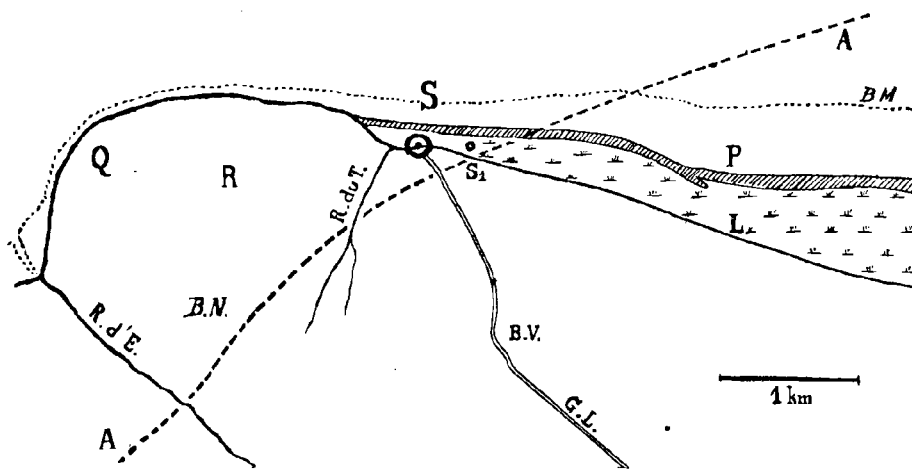


FIG. 19. — Essai de reconstitution du littoral de Sangatte à l'époque romaine.

LÉGENDE. — A, littoral actuel ; — B N., massif du Blanc-Nez ; — B.V., col de Belle-Vue ; — G.L., Grande-Leulène (route de Théroouanne à Sangatte) ; — Q, Quénocs ; — R, Rouge Riden ; — S, emplacement approximatif du Sangatte romain ; — S1, emplacement des puits (avec poteries du XIII^e siècle) ; — L, limite du coteau crayeux et du polder ; — P, cordon littoral des Pierrettes séparant le polder de la plage ; — B M, mer à marée basse ; — R. d'E., ruisseau d'Escalles ; — R. du T., petit ruisseau de la vailleuse du Tunnel.

II. — *Comparaison morphogénique entre la Plaine maritime de Norfolk et le Calaisis:*

La petite plaine maritime qui vient d'être étudiée est encore en phase de jeunesse.

Comparons-la avec la région occidentale de la plaine maritime flamande dont la sénilité se complique d'incidents variés. Le cordon littoral de Blackeney est l'équivalent du cordon littoral des Pierrettes, mais à la différence de ce dernier, il est encore enraciné.

Le banc des Pierrettes présentait sa racine à l'W. de la mairie de Sangatte, en un point aujourd'hui en mer, au N. de l'église. Il naissait au pied d'un Blanc-Nez plus avancé vers le large que le Blanc-Nez actuel, au niveau du Rouge-Riden. C'est à l'abri de ce cap que se trouvait le Sangatte primitif des temps romains, en un point aujourd'hui submergé (fig. 19). (1)

Les digitations sableuses du banc des Pierrettes, qui se détachent à Fort-Niculay pour venir mourir au-devant du cap de Coquelles, rappellent les digitations de Blackeney-Harbour qui sont en relation avec l'embouchure d'une petite rivière côtière. Par comparaison on est amené à conclure qu'une petite rivière côtière, un Niculay primitif, ayant son origine dans les ruisseaux des vallons de Coquelles, Fréthun, St-Tricat, Hames, a déterminé l'existence de ces digitations.

Mais le cordon littoral des Pierrettes a vaincu la rivière et a continué à se développer au-delà de son embouchure en oblitérant celle-ci jusqu'au Virval.

Il y a tout lieu de croire que les digitations du Virval indiquent également la rive W. d'une ancienne embouchure d'un petit fleuve côtier: je ne saurais ici le nommer autrement que *rivière du Virval*, (car on ne peut songer à fixer quelle était la rivière actuellement connue dont l'embouchure se trouvait à l'emplacement considéré).

L'embouchure du Virval a empêché le cheminement des galets vers l'E.

Pourtant, au-delà de l'embouchure de la rivière du Virval, des bancs sableux assez élevés (tels les *High sands* et autres bancs de la plaine maritime de Norfolk) s'étendaient au travers d'un polder (slikke ou schorre) dont une partie, protégée des marées, s'était transformée en marais tourbeux. Ces bancs sableux ont servi d'amorce à la constitution du littoral contre lequel se sont installées des dunes à Beaumarais et Marck (littoral gallo-romain), et le marais tourbeux s'est étendu jusqu'aux abords de Marck. L'époque d'oblitération de l'embouchure du Virval par une masse de sables et de galets est assez imprécise. Elle ne peut être postérieure au comblement par les sables marins de la partie du polder située près de Beaumarais, au cours de l'invasion marine post-gallo-romaine, la rivière du Virval ayant été supprimée de ce fait. Il y a lieu d'observer d'autre part que l'oblitération de l'embouchure du Virval n'a été suivie d'aucun transport de galets dans la région de Beaumarais et Marck; nul doute qu'à cette époque les courants littoraux s'étaient déjà modifiés à la suite du recul du Blanc-Nez et portaient plus au N.; c'est peut-être alors que s'est constitué le petit épi aujourd'hui détruit qui a permis l'établissement du petit massif de tourbe anté-

(1) On peut tenter de fixer ce point à l'intersection du Chemin Croisé prolongé vers le N. (Grande Leulène ou route romaine de Théroüanne à Sangatte) et de l'axe du banc des Pierrettes prolongé vers l'W. On doit estimer qu'un chemin de l'importance de la Leulène se rendait à une station importante: la plus proche de la Grande-Bretagne. Beaumarais et Marck ne devaient être que des positions de défense à l'extrémité du cordon littoral.

ricure signalé à l'E. de Sangatte ? Mais ici nous demeurons dans l'hypothèse.

Quoi qu'il en soit, la plaine calaisienne a subi au cours des siècles qui ont suivi les temps gallo-romains deux modifications principales :

1° Les marées ont pu parvenir à nouveau dans le polder, beaucoup plus loin qu'à l'époque romaine, transformant une partie du marais tourbeux et le schorre en slikke, visitée à chaque marée à la suite d'une *élévation relative* du niveau marin ; au cours de chaque marée se déposaient de minces lits sableux ou vaseux, sauf en certains points situés derrière les banes de galets déjà formés ou leurs digitations. Dans le fond du polder où parvenaient les ruisseaux d'eau douce, la tourbe continuait à se former.

Au cours de cette nouvelle phase de l'histoire du Calaisis, ou ultérieurement, quelques ruptures accidentelles du cordon littoral ont pu se produire : elles n'ont en tous cas eu que des effets très locaux et n'ont nullement contribué à l'accumulation des sables poldé-

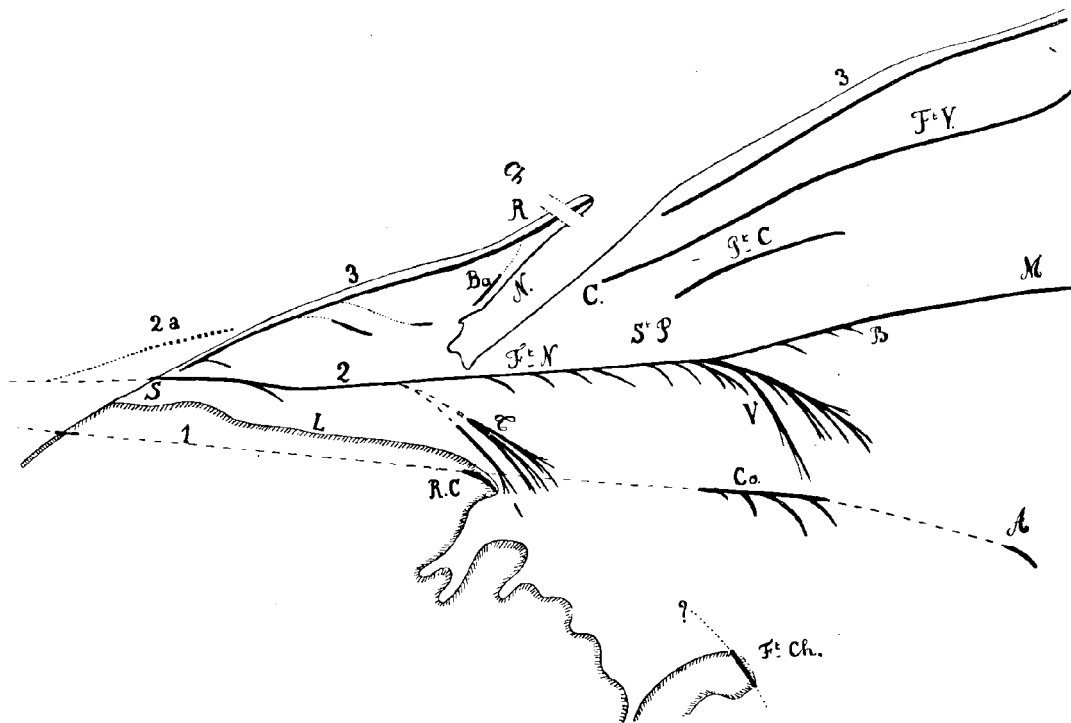


FIG. 20. — Schéma structural du Calaisis.

LÉGENDE — L, limite actuelle de la plaine maritime (pentes limoneuses) ; — 1, cordon littoral monastirien ; — R.C. Petite-Rouge-Cambre ; — Co, Coulogne ; — A, Attaques ; — F^l Ch., Fort Château ; — 2, cordon littoral fflandrien (Pierrettes) ; — F^l N, Fort-Nieulay ; — T, digitations de la Tourelle ; — S P, S^t-Pierre ; — V, digitations du Virval ; — B, Beaumarais ; — M, Marek ; — 2a, cordon littoral hypothétique ayant permis la formation du massif de tourbe antérieure de Sangatte ; — 3, cordons littoraux historiques et actuel ; — P^l C, cordon littoral de Petit-Courgain ; — F^l V, de Fort-Vert ; — S, Sangatte ; — Ba, Baraques ; — R, Risban ; — N, crique du Nieulay ; — Ch, Chenal du port de Calais, creusé artificiellement ; — C, Calais.

riens à *Cardium*. Elles n'ont pu provoquer, comme à Fort-Nieulay, qu'une projection peu épaisse et très restreinte en superficie de galets mélangés à des vases poldériennes. A la faveur de ce coup de mer, un nouveau Nieulay s'est ouvert un chemin à travers le banc des Pierrettes ; l'embouchure en était dessinée à nouveau vers le IX^e siècle.

2^o Ultérieurement, après le XIII^e siècle, le cordon littoral des Pierrettes a perdu sa racine à Sangatte, phénomène local d'érosion marine tout à fait indépendant du premier. M. H. Rigaux a en effet montré que les puits submergés de la plage de Sangatte étaient datés par des poteries du XIII^e siècle.

Ici encore le phénomène n'a été qu'un accident local et n'a provoqué que le dépôt de quelques lames de sables caillouteux à Sangatte.

Origine de l'obliquité des bandes élémentaires du cordon littoral des Pierrettes, par rapport à sa direction générale. — Le banc des Pierrettes s'est installé sur un banc sous-marin analogue à tous ceux que l'on connaît actuellement en avant du littoral calaisien et qui s'épanouissent en éventail dans la Mer du Nord ; leur existence est en relation avec les courants de fond qui s'amortissent au sortir du détroit. La direction d'un de ces bancs a déterminé celle du cordon littoral. Au cours de l'établissement de celui-ci, chaque masse de galets est venue se déposer contre l'extrémité de la masse déjà installée, poussée par les courants venant de l'W. et les vents du large, surtout ceux du N. E., comme sur le rivage actuel. La direction S. E. épousée par les bandes élémentaires qui constituent le cordon littoral résulte de ces différentes actions de surface.

Ainsi sur les côtes calaisiennes, lors de l'établissement du banc des Pierrettes, le régime des courants côtiers paraît avoir été sensiblement identique au régime actuel.

J'ai pu antérieurement avancer qu'il en était de même au Monastirien, puisque les bancs de galets monastiriens offrent des détails de structure identiques à ceux du banc des Pierrettes.

§ 3. — COMPARAISON DES CORDONS LITTORAUX DU CALAISIS AVEC QUELQUES TYPES DE CORDONS LITTORAUX D'EUROPE.

Les géographes ont tenté de classer les différents types de cordons littoraux en leur donnant des noms variés. (1)

Le nom de *cordon littoral* est généralement réservé au banc de sable ou de galets qui se forme le long du rivage au pied des falaises ou des dunes, tandis qu'on emploie fréquemment les dénominations de *flèche*, *épi*, *poulier* pour les bancs de galets qui se constituent plus ou moins obliquement par rapport au littoral et vont établir en mer un nouveau littoral nettement distinct du précédent.

Lido ou *Nehrung*. — On a proposé les noms de *lido*, pour les cordons littoraux analogues à celui de Venise, qui ont isolé une ancienne baie sous forme de lagune. La *neh rung* de chacun des *Haffen* de la Baltique est un lido constitué ou en voie de formation.

Le cordon des Pierrettes est assimilable à un *lido* incomplet, en voie de formation, ou à une

(1) A propos des cordons littoraux en général, voir principalement : E. de MARTONNE. Traité de Géographie physique, 2^e éd., 1913, p. 687-694, fig. 317-322, 324, pl. XXXVI ; et pour les cordons littoraux des estuaires picards, BRIQUET [10-11-12-13]. C. R. Ac. Sc., t. 169, 1919, p. 860 ; t. 172, 1921, p. 467, 697, 927.

nehrung, telle que la *Putziger-Nehrung* du Frisches-Haff, qui se projette dans la Baltique un peu au N. de Dantzig. Il en est de même du cordon littoral de Blackeney.

Le cordon littoral de Sangatte-Coulogne-Attaques a été lui aussi une *nehrung* analogue à cette *Putziger-Nehrung*.

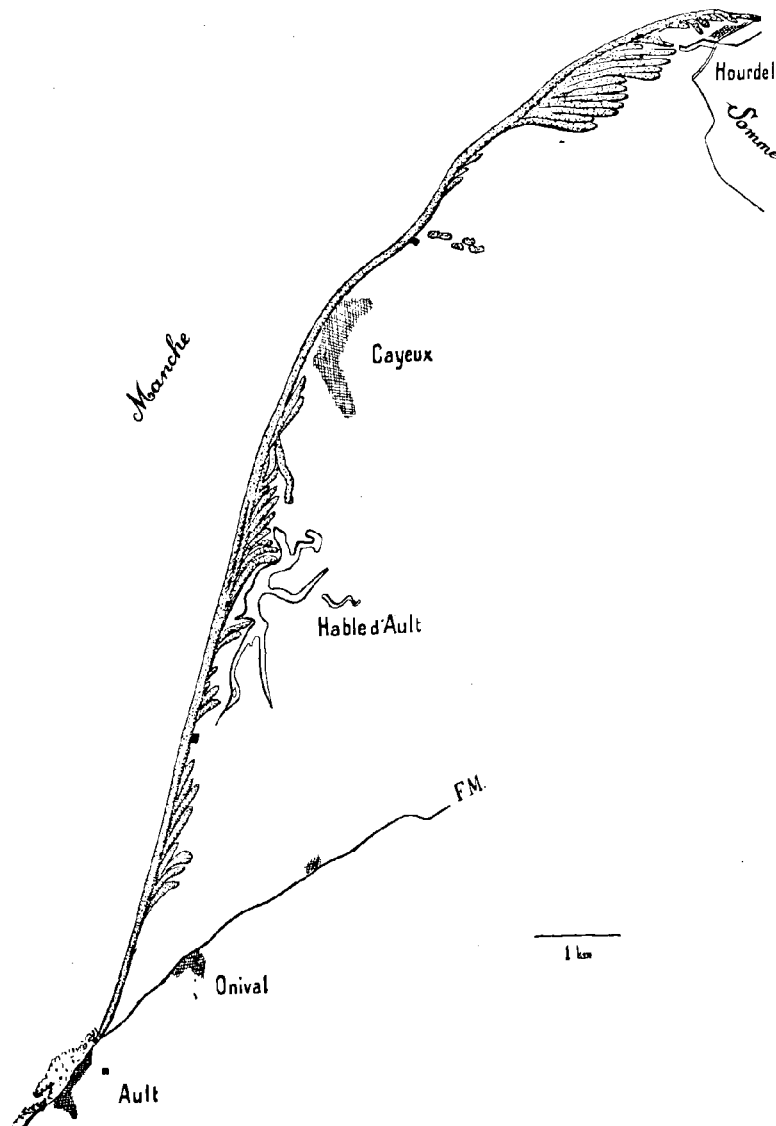


FIG. 21. — Les digitations du cordon littoral de Cayeux (Picardie).

(D'après les cartes topographiques et les cartes marines) ; -- FM, Falaise morte monastirienne.

Le cordon littoral qui s'étend d'Onival à Cayeux dans la plaine maritime Picarde au S. de la Somme, répond encore à ce type général. Il rappelle beaucoup le banc des Pierrettes par

la structure très digitée de son extrémité et l'obliquité des pouliers élémentaires qui le constituent par rapport à sa direction générale. Au Hourdel, il s'épanouit en un grand nombre de digitations fortement incurvées le long du littoral de la baie de Somme; ces digitations sont analogues à celles de la Tourelle ou du Virval dans le Calaisis, à celles de Blackeney-Harbour en Norfolk.

Le cordon littoral du Marais de Dol est également à rapporter au type lido-nehrung, mais n'est pas digité.

Nehrung double. — Je rappellerai le cas de la *Nehrung double*, formée de branches enracinées de chaque côté de la baie primitive et progressant l'une vers l'autre pour transformer la baie en lagune. La nehrung du haff de Stettin rentre dans ce cas : c'est en réalité une nehrung double. Elle a été étudiée par M. Keilhack au point de vue stratigraphique et paléontologique (1). Elle est constituée par une série de petits cordons littoraux disposés plus ou moins obliquement par rapport à la direction générale de chacune de ses branches et dont l'épaisseur avoisine 25^m. La faune de ces bancs est identique à la faune actuelle des environs de Swinemünde à l'absence près de *Mya arenaria*. La nehrung du haff de Stettin s'est donc constituée au cours de la période de transgression marine connue sous le nom de Litorinasenkung ou Litorinasenkning, dont l'amplitude paraît être de 25^m environ. Dans le Calaisis, je n'ai pas observé de *Nehrung double*, mais il est intéressant de signaler que, de même que la nehrung double du haff de Stettin, le banc des Pierrettes s'est constitué au cours d'une phase marine transgressive que je démontrerai plus loin être identique au Litorinasenkning (affaissement de la période à Littorines).

(1) KEILHACK. Die Verlandung der Swinepforte. *J. d. k. Preuss. Geol. Landesanst.*, Bd. XXXII, t. II, 1914, p. 209-244, 2 fig., pl. 8-10.

Je remercie M. LORIÉ qui a eu l'obligeance de signaler à mon attention cet intéressant travail qu'il a d'ailleurs lui-même résumé : LORIÉ [6] Eene belangrijke Haff studie, *Tijdschr. v. h. Kon. Nederl. Aardr. Genootsch.*, 2^e S., 1913, p. 473-483, 1 fig.

CHAPITRE VII.

Constitution des dépôts quaternaires profonds du Calaisis et de la Plaine Maritime française.

Les sondages superficiels qui ont été décrits plus haut nous ont permis d'établir les grandes lignes de la constitution géologique du Calaisis, d'en étudier les dépôts qui affleurent en surface et jusqu'à une profondeur de 2 à 3 mètres, de fixer de façon précise les contours de ces affleurements. Ils ont permis également de mettre en relief l'importance géologique du banc des Pierrettes au point de vue de la répartition des dépôts tourbeux.

Il conviendrait maintenant de prolonger cette enquête en profondeur jusqu'au socle des formations quaternaires.

Dans quelques-uns de mes sondages, j'ai pu toucher sinon le socle lui-même, au moins des couches d'altération ou de remaniement de ce socle, mais seulement aux abords de Sangatte, près de l'ancienne côte crayeuse.

Dès qu'on s'écarte un peu de ce rivage, on ne peut plus espérer toucher le fond des dépôts quaternaires avec la simple sonde à main, à la fois à cause de la profondeur assez grande de ce fond et à cause de l'obstacle presque infranchissable que représente la masse de « sables pissards », ou sables gris bleu bouillants.

Un certain nombre de forages industriels ou de sondages de recherche profonds fournissent quelques indications sur la structure du Calaisis quaternaire en profondeur. Malheureusement, dans presque tous les cas, je n'ai pu prendre connaissance des échantillons des différentes couches, ces échantillons n'ayant pas été conservés. Je n'ai pu qu'interpréter les coupes publiées ou communiquées par les sondeurs. L'interprétation est assez facile pour quelques sondages qui ont touché la craie sous le quaternaire, près de la bordure du coteau crayeux. Pour les sondages effectués à Calais ou à l'E. de Calais, et qui ont recoupé de l'Eocène entre le Quaternaire et la craie, l'interprétation devient très délicate et sujette à discussion : l'argile de polder quaternaire et l'argile des Flandres d'une part, les sables flamandais et les sables landéniens d'autre part, ne peuvent pas toujours être distingués dans les coupes et la plus consciencieuse description donnée par le maître sondeur ne peut remplacer l'examen direct des produits du sondage.

Malgré cette difficulté, il faut pourtant reconnaître que l'ensemble des forages et sondages effectués à Calais et aux abords de Calais constitue une documentation de première importance.

§ 1. — LE SONDAGE PROFOND DE COQUELLES (fig. 5).

J'insisterai d'abord sur les résultats du sondage profond de Coquelles.

J'ai pu, en effet, en étudier les différents échantillons grâce à l'obligeance de M. G. Dollfus qui les avait en sa possession et qui me les a communiqués en me demandant de les déposer dans les collections géologiques de l'Université de Lille.

Ce sondage a été effectué en 1894-1895, en vue de la recherche de la prolongation du bassin houiller de Douvres en territoire français, à l'extrémité N.-E. du territoire communal de Coquelles, à peu de distance du canal des Pierrettes (1).

Il est très nettement situé au S. du cordon des Pierrettes, en plein marais (Calaisis postérieur).

Son altitude n'a pas été déterminée exactement ; elle est voisine de + 2 m., (ou plus vraisemblablement légèrement inférieure à + 2).

Je ne donnerai ici que les détails du sondage relatifs aux formations quaternaires.

<i>Sondage de Coquelles. — Alt. 2^m.</i>		Prof.	Epaiss.
	5. Tourbe noire		0 ^m 60
	4. Argile grise de polder un peu sableuse	0 ^m 60	2 ^m 10
	3. Sables gris bleu ou gris jaunâtre avec petits galets roulés et nombreuses coquilles (liste jointe)	2 ^m 70	15 ^m 90
— 16 ^m 60	2. Tourbe brune argilo-calcaire, avec débris végétaux	18 ^m 60	0 ^m 60
— 17 ^m 20	1. Argile sableuse de polder avec banc de sables graveleux intercalés (vers 20 ^m 50) et dent d' <i>Elephas primigenius</i>	19 ^m 20	5 ^m 00
— 22 ^m 20	b. Crétacé	24 ^m 20	242 ^m 80
	a. Primaire	267 ^m 00	

Le détail des bancs constituant la *couche n° 1* n'a pas été relevé de façon très précise par le sondeur. La série d'échantillons du sondage permet de voir seulement qu'il y a un ou plusieurs bancs de sable graveleux avec galets ; c'est vraisemblablement dans l'un de ces bancs qu'a été trouvée la dent d'*Elephas primigenius* de la couche n° 1 et sans doute à la base de la couche.

C'est un fragment de molaire (3^e molaire) en très mauvais état de conservation, ne présentant guère que quatre lames bien conservées. L'étréoussesse de la forme de ces lamelles est très caractéristique de l'*Elephas primigenius* Blumenbach. Son indice dentaire est de 9 mm., sa fréquence laminaire paraît être environ de 11. Ces données semblent indiquer la forme *sibiricus* de l'*Elephas primigenius* (2) ; mais en raison de l'état de l'échantillon, on peut seulement assurer qu'il s'agit d'une forme très évoluée de cette espèce.

L'argile des bancs n° 1 est une argile gris bleu, contenant de s cailloux et des galets roulés noirs ; elle renferme de rares grains de glauconie de 50 μ de diamètre moyen ; le mica y est très rare.

La *couche n° 2* est une argile sableuse brune tourbeuse, assez riche en tourbe pour brûler légèrement. Elle contient quelques débris de végétaux.

(1) Le souvenir de ce sondage est actuellement conservé par l'enseigne d'un cabaret voisin de son emplacement : « Café du Sondage ». J'ai noté cet emplacement sur la carte (Pl. A) par un petit cercle.

(2) DEPERET et MAYET, *in* DEPERET, MAYET, RIMAN, *Eléphants pliocènes*, p. 188

La couche n° 3 est formée de sables gris brun ou gris bleu qui sont les « sables pissards » de la Flandre. Ils sont formés de grains de quartz dont le diamètre habituel est voisin de 150 μ (dimensions extrêmes : 100 μ à 300 μ). Les grains, tous bien roulés, sont ordinairement incolores, quelquefois pigmentés de jaune ou de rose par de la limonite dans les bancs gris brun.

Le mica est extrêmement rare. La glauconie est fréquente, en rognons non altérés, de petite taille (80 à 100 μ). Il y a en outre de nombreux débris de coquilles (test calcaire, nacre), et des spicules (mégasclères) de Spongiaires (Tétractinellidés). Les galets de silex sont fréquents ; leur dimension varie de 0 cm. 5 à 2 cm. Ce sable a fourni d'assez nombreuses coquilles dont la liste sera donnée plus loin.

La couche n° 4 est une argile grise de polders, un peu bleuâtre, très peu sableuse, perforée à sa partie supérieure de canalicules laissant passer des racines. C'est le sol végétal de la tourbe qui constitue la couche 5.

La couche n° 5 est la tourbe noire que la sonde à main a révélée aux environs du sondage dans le marais.

Faune de mollusques de la couche n° 3. — La couche de sables gris bleu n° 3 a fourni les espèces suivantes rangées par degré de fréquence (avec indications de leurs affinités climatiques) :

<i>Cardium edule</i> L., (ce)	L	<i>Purpura (Polytropa) lapillus</i> L., (r)	B
<i>Tellina (Macoma) balthica</i> L., (ce)	B	<i>Cardium edule</i> var. <i>minimum</i> Phil. (1) (r)	B
<i>Littorina littorea</i> L., (c)	B	<i>Ostrea edulis</i> L. (1 fragment) (r)	L
<i>Hydrobia ulvae</i> Penn., (c)	B	<i>Macra elliptica</i> Brown (2) (r)	B
<i>Mytilus edulis</i> L., (ac)	B	<i>Murex erinaceus</i> L. (1 échantillon) (r)	L
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm., (r)	L	<i>Natica catena</i> D. C. (3) (r)	L
<i>Barnea candida</i> L., (r)	L		

Comparaison de la faune des sables du sondage de Coquelles avec la faune actuelle des côtes du Calais. — La faune est boréo-lusitanienne avec toutefois des affinités boréales plus accentuées que les affinités lusitaniennes. Toutes les espèces signalées sont d'ailleurs connues dans le S. de la Mer du Nord et dans le Pas-de-Calais ; la faunule fossile diffère toutefois de celle des côtes calaisiennes par l'absence de certains types tels que *Donax vittatus*, *Tapes pullastra*, *Zirphaea crispata*.

Comparaison de la faune des sables du sondage de Coquelles avec la faune monastirienne de Sangatte. — La faune de Coquelles offre une proportion de types lusitaniens plus considérable que la faune monastirienne de Sangatte : elle n'a pas fourni de type à caractère boréal très accusé tel que *Modiola modiolus*.

Conclusions tirées de l'étude du sondage de Coquelles. — Sur un socle crayeux, actuellement situé à l'altitude — 22 mètres, se sont d'abord déposées des formations marines argileuses, avec intercalation de couches graveleuses qui pourraient bien être fluviales, puisqu'elles ont fourni un fragment de molaire d'*Elephas primigenius*, ou estuariennes, si l'on tient compte du fait que la dent a pu être roulée jusqu'à la mer. L'ensemble, épais

(1) BRÖGGER [4] Senglaciale og postglaciale nivafor., pl. XV, fig. 24 a-b (des couches à Tapes).

(2) 1 valve d'une très petite forme.

(3) 1 échantillon de très petite taille.

Il faut donc être considéré comme une formation estuarienne, poldérienne ou de même nature, les dépôts argileux et graveleux qui constituent cet ensemble sous-marin qu'à une faible profondeur, extrêmement voisine du zéro moyen de la mer, on trouve des bancs d'un déplacement positif du niveau marin.

Il faut demander si la dent de Mammouth rencontrée dans les couches de base a été déposée directement dans ces couches ou s'y trouve à l'état remanié après avoir été déposée dans des couches plus anciennes; mais la coloration brun-noir de la dent, son aspect lustré, m'inclinent pourtant à croire qu'elle n'a été empruntée ni à une terrasse ancienne, ni à des dépôts limoneux de la côte voisine. Le fait qu'elle provient d'un banc *has primigenius* récent très évolué est en accord avec cette manière de voir. Ce banc repose sur un petit lit tourbeux signe du retour du régime continental et indique une légère oscillation négative du niveau marin (élévation relative du continent par rapport au niveau marin), ou, si l'on veut admettre que le banc tourbeux a pu se former dans un polder sous la protection d'un épi littoral, indice d'un état stationnaire du déplacement du niveau relatif de la terre et de la mer.

Qu'il en soit, le banc tourbeux formé entre les altitudes —15, 20 et —16, 20, in situ au moment de sa formation, le fond du bassin de sédimentation était encore à une altitude très voisine du niveau de la mer.

Le dépôt de sable gris bleu qui recouvre cette tourbe indique une reprise soudaine et momentanée d'ascension du niveau marin. Il s'est constitué alors un dépôt de 15 m. 90 de sable gris bleu avec coquilles marines et galets, sans modification apparente des conditions de sédimentation. Le fond du bassin de sédimentation s'est donc relativement peu élevé pendant que s'accumulaient les sables gris bleu.

Après la sédimentation franchement sableuse a pris fin, la croissance vers l'E. du banc de Pierrettes ou du banc de Marek ayant vraisemblablement contribué à cette élévation.

Les dépôts de sable gris du banc des Pierrettes se sont déposés: d'abord de l'argile de polder (régime continental), puis de la tourbe (régime d'eau douce).

TROIS SONDAGES DU CALAISIS.

Je suis moins sûr sur les autres sondages dont je n'ai pu avoir en mains les échantillons que sur ceux-ci. Ils sont d'ailleurs très anciens et leurs résultats ont été déjà publiés et discutés: à la place de Calais(1).

Sondage à Sangatte. — Ce sondage, étudié par Potier et communiqué par Ortlieb à la Commission géologique du Nord en 1879, a été effectué non loin de l'auberge « A la Fin de la route » entre le cordon des Pierrettes et la côte crayeuse (2).

Pour toutes les coupes de ces sondages j'ai transmis les indications fournies ou publiées par les sondeurs et j'ai entre parenthèses l'interprétation stratigraphique que j'ai admise pour chacune d'elle. Dans les cas particulièrement difficiles ou douteux, j'ai signalé les différentes interprétations possibles. Dans d'autres cas, je l'ai indiquée d'après la situation que je puis posséder des lieux. Dans l'un ou l'autre cas, cette altitude est approximative à 1 ou 2 m. En conséquence, il y a une approximation correspondante dans l'altitude des différentes couches portées sur la coupe.

1. Résultats des deux sondages de Sangatte A. S. G. N., t. VII 1879, p. 112-113; — ORTLIEB. [1] *Sangatte, ibid.*, p. 113-114

En voici les résultats en ce qui concerne les terrains quaternaires :

Sondage de Sangatte (Ouest du village). — Alt. + 4^m.

		Prof.	Epaiss.
	14. Gazon		0 ^m 70
	13. Sable terreux	0 ^m 70	0 ^m 20
	12. Sable tourbeux gris-violacé	0 ^m 90	0 ^m 86
	11. Sable blanc coulant	1 ^m 76	0 ^m 25
+ 1 ^m 99	10. Tourbe mal formée (poteries vernissées, coq. d'eau douce). 9. Sable gris-violacé, avec quelques lits de glaise et coquilles marines (Modioles) (1).....	2 ^m 01	0 ^m 33
	8. Glaise sableuse	2 ^m 34	0 ^m 74
	7. Petits galets roulés, mélangés de sable argileux en haut, plus maigre en bas	3 ^m 08	0 ^m 87
	6. Glaise plastique, bleu gris	3 ^m 95	0 ^m 17
— 0 ^m 27	5. Tourbe compacte et cailloux roulés	4 ^m 12	0 ^m 15
	4. Galets mélangés de sable très argileux	4 ^m 27	0 ^m 47
	3. Argile verdâtre grasse	4 ^m 74	1 ^m 25
	2. Glaise verdâtre sableuse, avec silex et galets isolés, petits morceaux de craie	5 ^m 99	0 ^m 31
	1. Glaise gris clair, galets de silex, coquilles marines, sable gris crayeux, morceaux de craie, quelques galets	6 ^m 30	1 ^m 02
— 4 ^m 20	b. Craie jaunâtre remaniée avec du sable blanc (calcaire) quelques silex roulés. (Socle crayeux remanié)	7 ^m 32	0 ^m 88
— 5 ^m 50	a. Craie (Turonien) (Socle crayeux)	8 ^m 20	1 ^m 30
		9 ^m 50	

Les couches plus élevées sont plus ou moins remaniées en surface (2) ; mais il paraît cependant qu'il y ait 2 mètres de couches de sables d'origine marine.

Deux bancs tourbeux, le supérieur vers l'altitude 2 mètres, l'inférieur vers l'altitude 0 mètre sont intercalés dans des dépôts marins ou poldériens.

Sondage de la ferme Mouron (ou ferme Guilbert) Sangatte. — Le résultat de ce sondage a été publié en 1879 par Potier (3)

La ferme Mouron se trouve sur le bord intérieur du cordon littoral actuel, au N. de la route de Sangatte à Calais, à 1.800 mètres de la mairie de Sangatte. Elle s'appelle maintenant ferme Guilbert. Les résultats de ce sondage sont les suivants :

Sondage de la ferme Mouron à Sangatte. — Alt. + 4^m.

		Prof.	Epaiss.
	7. Limon, argile et tourbe noire		0 ^m 90
	6. Sable gris aquifère	0 ^m 90	14 ^m 60
	5. Sable gris avec cailloux noirs roulés	15 ^m 50	1 ^m 50
	4. Argile brune	17 ^m 00	0 ^m 60
	3. Gravier	17 ^m 60	2 ^m 70
	2. Sable gris clair	20 ^m 30	0 ^m 30
	1. Silex (l'indication du sondeur est simplement « Flint. »)..	20 ^m 60	0 ^m 90

(1) La détermination « Modioles » me paraît suspecte ; il est plus vraisemblable qu'il s'agit de *Mytilus*.

(2) Le « gazon » superficiel semble n'être qu'un sable éolien humique.

(3) POTIER, *loc. cit.*, p. 112-113.

— 17 ^m 50	b. Craie en fragments. (Socle crayeux)	21 ^m 50	1 ^m 50
	a. Craie dure à silex	23 ^m 00	
	Arrêt du sondage dans la craie	81 ^m 50	

Les 90 centimètres supérieurs de « limon, argile et tourbe noire » constituent en réalité un mélange de sable d'origine éolienne et de produits humiques avec de l'argile de polder, du polder Mouron. Il n'y a pas de couches de tourbe proprement dite (1).

Sondage à Calais-St-Pierre (usine Lefebvre), rue Auber. (2) — Voici les résultats de ce sondage foré en 1892, d'après Gosselet et Ladrière (3)

Sondage de l'usine Th. Lefebvre, ancienne rue Lefebvre (rue Auber), à Calais. Alt. + 4^m.

		Prof.	Epaiss.
	8. Cailloux roulés (galets de St-Pierre)		14 ^m 00
	7. Sable	14 ^m 00	2 ^m 00
	6. Sable gras	16 ^m 00	6 ^m 00
	5. Argile plastique	22 ^m 00	0 ^m 50
— 18 ^m 50	4. Tourbe	22 ^m 50	0 ^m 20
	3. Sable grisâtre	22 ^m 70	0 ^m 30
— 19 ^m 00	2. Sable verdâtre (Socle ? Landénien ?)	23 ^m 00	2 ^m 00
	1. Sable gris dur avec cailloux roulés	25 ^m 00	11 ^m 00
— 32 ^m 00	d. Sable gras argileux (Socle ? Landénien)	36 ^m 00	7 ^m 00
	c. Argile plastique	43 ^m 00	9 ^m 00
	b. Argile sableuse verdâtre	52 ^m 00	6 ^m 75
— 54 ^m 75	a. Craie blanche (Crétacé)	58 ^m 75	
	Arrêt du sondage à	174 ^m 65	

La tourbe située vers — 18,50 est tout à fait comparable à la tourbe inférieure du sondage de Coquelles, située vers — 16,60. Elle est surmontée par des sédiments poldériens, puis par la masse de galets du banc des Pierrettes.

On peut hésiter à placer la base du quaternaire à la profondeur 23 mètres ou 36 mètres

Sondage de la Malterie du Virval. — Il a traversé également la masse des galets du banc des Pierrettes ; à la différence de ce qu'on observe au sondage précédent, il n'y a pas de tourbe dans la masse de terrains quaternaires traversés (4).

Sondage de Calais (le Virval) exécuté à la Malterie du Virval, pour recherche d'eau. — Alt. + 3^m.

		Prof.	Epaiss.
	8. Sable gris		4 ^m 00
	7. Sables et graviers	4 ^m 00	2 ^m 00
	6. Sable et galets	6 ^m 00	1 ^m 50
	5. Sable et galets très nombreux	7 ^m 50	6 ^m 50
— 11 ^m 00	4. Argile verte sableuse (Socle: Yprésien ?)	14 ^m 00	5 ^m 85
	3. Argile grasse	19 ^m 85	5 ^m 15
	2. Sable gris et vert	25 ^m 00	9 ^m 00
	1. Sable durci	34 ^m 00	2 ^m 40

(1) Voir mes sondages superficiels, n^{os} 22 et 23.

(2) Un peu au S. de la place du théâtre.

(3) GOSSELET et LADRIÈRE. Coupe du canal d'Audruick, A. S. G. N., t. XXI, 1893, p. 145.

(4) PAGNIEZ et BRÉGI [2] Sondage malterie du Virval. A. S. G. N., t. XXXV, 1906, p. 381.

— 33 ^m 40	e. Sable vert compact (Socle ? Landénien)	36 ^m 40	3 ^m 80
	d. Argile plastique	40 ^m 20	9 ^m 80
	c. Argile compacte	50 ^m 00	6 ^m 40
	b. Tuffeau	56 ^m 40	10 ^m 80
— 64 ^m 20	a. Craie blanche	67 ^m 20	
	Arrêt du sondage à	120 ^m 50	

? *Sondage de la rue Lafayette.* — A. mentionner ici sans toutefois tenir compte de cette transmission verbale, qu'un ouvrier a dit à Debray (DEBRAY, Carnets manuscrits, xxiii, p. 71), qu'un sondage, exécuté rue Lafayette, a traversé 17 bancs de « terres différentes » avant d'arriver à la craie, qui se trouvait à la profondeur de 69^m50 (soit vers l'altitude — 65). Ce qui correspond assez bien aux indications des sondages ci-dessus. Parmi ces couches, il n'est pas question de tourbe. En revanche, l'ouvrier a signalé que la masse des galets des Pierrettes avait 17^m d'épaisseur.

Les sondages qui suivent ont été effectués nettement au N. du banc des Pierrettes.

Sondage Quillet à Calais-St-Pierre. — Le sondage suivant m'a été très aimablement communiqué par M. Cointement, de la Société Auxiliaire des Distributions d'Eau.

Sondage à Calais St-Pierre, exécuté pour le compte de MM. Quillet frères, rue Charost, en 1906, pour recherche d'eau. — Alt. + 3^m50.

		Prof.	Epaiss.
	Avant-puits		2 ^m 50
	5. Sable jaune	2 ^m 50	2 ^m 00
	4. Sable gris, gravier et coquillages	4 ^m 50	11 ^m 50
	3. Sable vaseux	16 ^m 00	5 ^m 00
— 17 ^m 50	2. Glaise, tourbe, gravier, bois et fer (?)	21 ^m 00	2 ^m 00
— 19 ^m 50	1. Sable vert et banc de grès roulé	23 ^m 00	2 ^m 00
— 21 ^m 50	j. Argile noire (Socle Yprésien ?)	25 ^m 00	0 ^m 25
	i. Sable gris à gros grain	25 ^m 25	2 ^m 00
— 23 ^m 75	h. Sable vert (Socle ? Landénien)	27 ^m 25	2 ^m 00
	g. Sable noir	29 ^m 25	2 ^m 00
	f. Sable vert durci	31 ^m 25	9 ^m 75
	e. Sable vert argileux	41 ^m 00	7 ^m 00
	d. Glaise bleue	48 ^m 00	10 ^m 00
	c. Glaise blanche	58 ^m 00	5 ^m 50
	b. Craie blanche et silex	63 ^m 50	6 ^m 00
	a. Craie fendillée avec silex	69 ^m 50	
	Arrêt du sondage à	120 ^m 25	

Il y a un banc tourbeux vers —17,50 rappelant le banc profond de Coquelles et celui de la rue Lefebvre.

On peut hésiter à placer la base du quaternaire vers —19,50 ou vers —23,75.

Forage de la rue des Salines à Calais (St-Pierre). — Ce forage a été effectué par les soins de MM. Pagniez et Brégi à l'usine Noyon, rue des Salines (1), c'est-à-dire au N. du banc de galets des Pierrettes, à peu de distance de la gare actuelle de Calais-Ville.

L'altitude du sol est voisine de + 2 m. 50. Les résultats sont les suivants :

(1) PAGNIEZ et BRÉGI [1] A. S. G. N., t. XXXV, 1906 p. 177.

FORAGE à Calais St-Pierre, rue des Salines. — Alt. + 2^m50.

	Prof.	Epaiss.
5. Argile		1 ^m 00
4. Sable fin gris sans gravier	1 ^m 00	9 ^m 00
3. Sable avec gravier et coquillages	10 ^m 00	6 ^m 00
-- 13 ^m 50 2. Tourbe	16 ^m 00	0 ^m 50
1. Terrain sableux	16 ^m 50	11 ^m 50
-- 25 ^m 50 c. Sable verdâtre (Socle : Landénien)	23 ^m 00	1 ^m 00
d. Sable gris et cailloux roulés	29 ^m 00	14 ^m 00
c. Argile plastique	43 ^m 00	4 ^m 00
b. Sable argileux	47 ^m 00	13 ^m 50
a. Crétacé	60 ^m 50	
Arrêt du sondage à	100 ^m 00	

Il y a un niveau tourbeux vers —13,50 qui paraît différent du banc tourbeux profond de Coquelles, reconnu vers—18 ; au-dessous viennent des formations sableuses de plage, puis un banc d'argile de polder.

Sondage près la gare de Calais (St-Pierre). — Le sondage suivant, qui m'a également été communiqué par MM. les Ingénieurs de la Société Auxiliaire des Distributions d'Eau, a été exécuté à peu de distance du précédent.

Il n'y a plus trace de tourbe.

Sondage à Calais, près de la gare de Calais, St-Pierre, exécuté chez M. Pagniez, négociant en bois, pour recherche d'eau, en 1908. — Alt. + 3^m.

	Prof.	Epaiss.
Remblai sableux		1 ^m 50
4. Sable jaune argileux	1 ^m 50	2 ^m 00
3. Sable pissart	3 ^m 50	12 ^m 40
2. Sable pissart avec vase et coquillages	15 ^m 90	2 ^m 00
-- 14 ^m 90 1. Argile bleue (Socle : Yprésien ?)	17 ^m 90	9 ^m 10
-- 24 ^m 00 d. Sable vert (Socle : Landénien ?)	27 ^m 00	16 ^m 50
c. Argile grise	43 ^m 50	18 ^m 00
b. Sable noir argileux	61 ^m 50	2 ^m 00
a. Craie	63 ^m 50	
Fin du forage	180 ^m 00	

Sondage à Calais (Nouvel Hôtel de Ville). — Ce sondage, exécuté un peu à l'E. des précédents, en 1910, ne paraît avoir rencontré que des formations quaternaires. Il m'a été communiqué par MM. les Ingénieurs de la Société Auxiliaire des Distributions d'Eau.

Sondage à Calais St-Pierre (Hôtel de Ville). — Alt. + 4^m30 (point coté, plan dir. au 1/20.000').

	Prof.	Epaiss.
Remblai		3 ^m 10
3. Sable jaune un peu argileux avec coquillages	3 ^m 10	5 ^m 00
2. Sable pissart	8 ^m 10	3 ^m 95
1. Sable gris pissart avec petits galets et morceaux de coquillages (Epaisseur traversée 10 ^m 35)	12 ^m 05	10 ^m 35
-- 18 ^m 10 Fin du sondage	22 ^m 40	

Il n'y a aucune trace de tourbe dans la masse traversée.

Puits artésien de la Citadelle de Calais. — Un puits artésien a été foré dans la citadelle de Calais, en 1821, sous la direction du génie.

La coupe en a été donnée par Garnier dans son « *Traité sur les Puits artésiens* » et reproduite par Antoine Belpaire (1).

Puits artésien de la Citadelle de Calais. — Alt. + 4^m.

	Prof.	Epaiss.
2. Déblais et terres rapportées		5 ^m 00
1. Sables mouvants	5 ^m 00	36 ^m 00
— 37 ^m 00 b. Sables gras ou terre glaise (Landénien)	41 ^m 00	23 ^m 00
a. Marne blanche (calcaire crayeux) traversée sur 51 ^m 00	64 ^m 00	51 ^m 00

Sur la craie située vers l'altitude — 60 m., reposeraient donc 23 m. de Landénien sablo-argileux, dont le sommet serait vers l'altitude — 37m., à moins qu'une partie des sables mouvants que j'ai numérotés 1 ne soit également landénienne. En tous cas, il n'y a pas de tourbe.

Puits artésien du Marché aux Herbes à Calais. — Ce forage a été effectué de 1842 à 1845 sur la place du Marché-aux-Herbes, près du vieux phare. La coupe en a été levée par le sondeur Mulot, et a fait l'objet d'un rapport à l'Académie des Sciences par Arago, Beudant, Berthier, Dufrenoy et Elie de Beaumont. Cette coupe a été rappelée en 1891 par Ludovic Breton. (2)

En voici les détails en ce qui concerne les couches supérieures à la craie.

Puits artésien du Marché aux Herbes, à Calais. — Alt. + 3^m environ.

	Prof.	Epaiss.
4. Sable et gravier rapporté.....		3 ^m 00
3. Sable gris et jaune avec coquilles et débris végétaux.....	3 ^m 00	20 ^m 30
2. Argile brune sableuse	23 ^m 30	0 ^m 50
1. Cailloux roulés et gros silex	23 ^m 80	2 ^m 65
— 23 ^m 45 g. Argile brune. (Socle : Yprésien ou Landénien)	26 ^m 45	6 ^m 25
f. Sable renfermant des cailloux et de gros silex	32 ^m 70	15 ^m 30
e. Argile brune	48 ^m 00	9 ^m 00
d. Sable argileux	57 ^m 00	5 ^m 30
c. Argile sableuse	62 ^m 30	2 ^m 65
b. Crétacé	64 ^m 95	241 ^m 94
a. Primaire	306 ^m 90	

En l'absence d'échantillons (3) l'interprétation des couches supérieures à la craie est assez délicate : Les 73 m. de sables, argiles et cailloux qui recouvrent la craie doivent être répartis entre l'éocène et le quaternaire.

Après avoir comparé cette coupe avec celle des sondages voisins, il me paraît tout indiqué de placer la base du quaternaire à la profondeur — 26 m.45 (alt. — 23,45) à la base

(1) Les chiffres cités ici sont ceux de la page 11 du mémoire de BELPAIRE, *Plaine maritime*, 1^{re} partie, 2^e éd., 1855, p. II, et note A. p. 1 et 2. Ceux fournis dans la note A. p. 1 et 2, sont légèrement différents : (y compris les terres rapportées) 42^m ; argiles 22^m 74 ; craie, traversée sur 45^m 50.

(2) BRETON. *A. S. G. N.*, t. XIX, 1891, p. 48-52.

(3) Ils ont été conservés au Musée de Calais où différents géologues ont pu les étudier autrefois. Actuellement ils sont introuvables.

de la couche de cailloux roulés et de gros silex à laquelle j'ai attribué le numéro d'ordre 1.

Les couches *c* à *g* incluse sont à rapporter à l'éocène, soit entièrement au Landénien, soit : en grande partie au Landénien (*c* à *f*), et en plus faible partie à l'Yprésien (*g*) . (1).

Sondage du bassin à flot, à Calais. — A 1 km à l'E. du précédent sondage, MM. Pagniez et Brégi ont effectué un sondage près du bassin à flot (Bassin Carnot), aux Aciéries de Sambre-et-Meuse, en 1910, pour recherche d'eau.

Ses détails m'ont été aimablement communiqués par MM. les Ingénieurs de la Société Auxiliaire des Distributions d'Eau.

Sondage du bassin à flot, à Calais. — Alt. + 4^m.

	Prof.	Epaiss.
4. Terre noire argileuse		1 ^m 00
3. Sable pissart	1 ^m 00	22 ^m 00
2. Lit de cailloux roulés	23 ^m 00	0 ^m 50
1. Cailloux roulés et glaise jaune	23 ^m 50	1 ^m 50
— 21 ^m 00 <i>h.</i> Glaise jaune (Socle: Yprésien)	25 ^m 00	1 ^m 50
<i>g.</i> Glaise grise	26 ^m 50	31 ^m 00
— 53 ^m 50 <i>f.</i> Sable vert argileux	57 ^m 50	10 ^m 70
<i>e.</i> Sable vert durci	68 ^m 20	3 ^m 50
<i>d.</i> Sable vert argileux	71 ^m 70	5 ^m 30
<i>c.</i> Argile grise plastique	77 ^m 00	20 ^m 10
<i>b.</i> Banc de silex	97 ^m 10	0 ^m 15
<i>a.</i> Craie traversée sur 127 ^m 85	97 ^m 25	
Fin du forage	225 ^m 10	

Sondage de Marck. — Je n'en connais pas exactement l'emplacement. Un certain nombre d'échantillons du sondage sont conservés au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lille. Beaucoup d'entre eux ont malheureusement été sulfatés profondément et rendus inutilisables (2)

On ne possède pas de coupe détaillée du sondage. J'essaye ci-après de reconstituer cette coupe à l'aide des échantillons étudiables.

Sondage de Marck. — Alt. environ 3^m.

	Prof.	Epaiss.
10. Sable argileux (sable de 20 μ , argile fine)		2 ^m 00
9. Sable argileux plus fin (grains mal roulés de 50 μ et poussière argileuse)	2 ^m 00	1 ^m 00
8. Sable blanc plus argileux	3 ^m 00	2 ^m 00
7. Sable blanc tourbeux, à grains réguliers de 80 à 120 μ	5 ^m 00	4 ^m 00
6. Argile grise de polder, feuilletée	9 ^m 00	1 ^m 00
5. Sable gris plus fin (gros grains de quartz bien roulés de 200 μ avec poussière de quartz moins bien roulés de 20 à 60 μ)	10 ^m 00	1 ^m 00

(1) MEUV. Géol. Prat. Flandre française p. 111, qui rappelle ce sondage, incorpore au Landénien les couches 1 et 2 plaçant ainsi la base du quaternaire à l'alt. — 2),30.

(2) Les échantillons se sont trouvés longtemps à l'humidité pendant la guerre ; les sables tourbeux ont subi les transformations habituelles des couches ligniteuses exposées à l'air humide.

4. Sable gris bleu grossier (gros grains de quartz, très roulés de 250 à 350 μ)	11 ^m 00	1 ^m 00
3. Sable gris très grossier (grains de quartz de 500 μ)	12 ^m 00	3 ^m 00
2. Argile grise compacte	15 ^m 00	7 ^m 00
1. Sable argileux gris bleu, cohérent, glauconieux, grains de 200 à 350 μ	22 ^m 00	2 ^m 00
— 21 ^m 00 c. Eocène	24 ^m 00	
b. Crétacé		
— 322 ^m 00 a. Primaire	325 ^m 00	

Sondage d'Offekerque. — Le sondage d'Offekerque a été effectué à l'E. du sondage de Marck.

Les échantillons de ce sondage relatifs à l'Eocène, à la craie et au primaire, sont conservés dans la collection des sondages du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lille.

Les couches quaternaires ne sont malheureusement représentées que par quelques échantillons : a) de gros galets, de 5 à 10 cm. de diamètre maximum, rencontrés à la profondeur 20 mètres;

b) un échantillon ramené de la profondeur 24 mètres montrant le contact de l'argile des Flandres altérée brune avec un sable glauconieux contenant des débris de coquilles. Il est formé de grains de quartz mal roulés de taille très variable. (Diamètre maximum 150 μ). La glauconie est assez fréquente, en grains de 40 à 60 μ .

En résumé, tout ce que l'on peut retenir de l'examen de ces échantillons, c'est que la base du quaternaire, à Offekerque, se trouve vers l'altitude —20.

Sondage d'Offekerque; à l'E. du sondage de Marck. — Alt. 3^m ?.

	Prof.	Epaiss.
1. Quaternaire		24 ^m 00
c. Eocène	24 ^m 00	135 ^m 00
b. Crétacé	159 ^m 00	181 ^m 00
a. Primaire	340 ^m 00	

§ 3. — SONDAGES DIVERS DE LA FLANDRE MARITIME FRANÇAISE.

Sondage des Attaques. — Il a été décrit plus haut (p. 42).

Sondages d'Ardres. — Je connais les résultats de deux sondages profonds exécutés au Pont d'Ardres (ou Pont-Sans-Pareil).

L'un d'eux a rencontré 11 m. 50 de sable de mer reposant sur l'argile des Flandres qui a été traversée sur une épaisseur de 46 m. 80. Voici les résultats de l'autre.

Sondage du Pont d'Ardres (Sucrerie).

	Prof.	Epaiss.
6. Sable		9 ^m 00
5. Argile bleue	9 ^m 00	0 ^m 50
4. Tourbe	9 ^m 50	0 ^m 50
3. Argile jaune	10 ^m 00	0 ^m 80
2. Sable jaune	10 ^m 80	0 ^m 20
1. Sable et silex	11 ^m 00	1 ^m 00
a. Argile jaune avec vernis blanc (?) puis argile bleue (Yprésien)	12 ^m 00	

Sondages de Guemps. — Je connais les résultats de deux sondages à Guemps, dans l'un on a trouvé de la glaise jaune ou verte, puis, vers 12 à 13 m. de profondeur, de l'argile bleue (Yprésien) jusqu'à la profondeur 96 mètres. Les résultats de l'autre sondage sont les suivants :

2^e *Sondage de Guemps.*

	Prof.	Epaiss.
4. Terre végétale		0 ^m 50
3. Sable marin	0 ^m 50	4 ^m 00
2. Tourbe	4 ^m 50	1 ^m 00
1. Argile jaunâtre	5 ^m 50	6 ^m 00
a. Argile des Flandres	11 ^m 50	46 ^m 70

Sondage de Bourbourg. — Quelques échantillons en ont été conservés au Laboratoire de Géologie de Lille ; ils sont trop rares pour permettre une étude complète de la succession des bancs. Voici les résultats de ce sondage avec les quelques indications lithologiques que j'ai pu faire sur les différents bancs quaternaires du sondage. Il n'y a pas trace de tourbe.

Sondage profond de Bourbourg, chez M. Vandenbroucque (1). — Alt. environ 2^m50 (5^m au-dessus de la basse mer, d'après Vercoustre).

	Prof.	Epaiss.
4. Sables pissards		14 ^m 00
3. Sables argileux, fins, de couleur grise (en gr. de 5 à 10 μ).	14 ^m 00	6 ^m 00
2. Argile fine de couleur jaune, glauconieuse (grains de 20 à 40 μ)	20 ^m 00	1 ^m 00
1. Sables, avec débris de coquilles, en grains de quartz de 10 à 20 μ avec grains plus gros de 100 μ	21 ^m 00	2 ^m 00
— 20 ^m 50 c. Yprésien	23 ^m 00	88 ^m 00
b. Landénien	111 ^m 00	55 ^m 00
a. Crétacé	166 ^m 00	

Sondage de Gravelines. — Les résultats en ont été publiés en 1886. Il n'y a pas de tourbe :

Sondage de Gravelines à la Brasserie Torris (2).

	Prof.	Epaiss.
10. Terrains rapportés		2 ^m 25
9. Sable marin	2 ^m 25	1 ^m 75
8. Sable argileux noir	4 ^m 00	0 ^m 08
7. Glaise jaunâtre sableuse	4 ^m 08	1 ^m 45
6. Sable bleu un peu gros	5 ^m 53	3 ^m 50
5. Sable marin	9 ^m 03	10 ^m 97
4. Sable bleu avec coquilles	20 ^m 00	2 ^m 50
3. Sable bleu	22 ^m 50	2 ^m 25
2. Sable gros avec coquilles et silex	24 ^m 75	1 ^m 75
1. Sable bleu coulant	26 ^m 50	7 ^m 00
a. Yprésien	33 ^m 50	
Arrêt à	143 ^m 50	

(1) VERCOUSTRE, A. S. G. N., t. VI, 1879, p. 34-35.

(2) TORRIS, A. S. G. N., t. XIII, 1886, p. 122-123.

Sondages de Dunkerque. — J'ai connaissance des résultats plus ou moins détaillés de 2 sondages à Dunkerque.

Sondage à la prison de Dunkerque (Effectué en 1836). (1)

	Prof.	Epaiss.
6. Terrains rapportés		6 ^m 66
5. Sable fluide	6 ^m 66	6 ^m 66
4. Sable avec coquilles et veines de limon vaseux	13 ^m 32	7 ^m 66
3. Sable mouvant, noirâtre	20 ^m 98	5 ^m 00
2. Sable mouvant jaunâtre, mélangé de coquilles brisées	25 ^m 98	5 ^m 66
1. Sable noirâtre mêlé de coquilles	31 ^m 64	4 ^m 33
a. Glaise compacte (Yprésien)	35 ^m 97	
Arrêt à	116 ^m 63	

Sondage de la rue Marengo, à Dunkerque (*Brasserie Quint*). (2)

	Prof.	Epaiss.
6. Terrains superficiels		4 ^m 00
5. Tourbe	4 ^m 00	1 ^m 00
4. Sables gris, fins	5 ^m 00	17 ^m 00
3. Argile grise	22 ^m 00	1 ^m 00
2. Argile grise, teintée jaune	23 ^m 00	2 ^m 20
1. Sable grossier avec coquilles	25 ^m 20	1 ^m 30
a. Argile plastique (Yprésien)	26 ^m 50	101 ^m 50
Arrêt à	128 ^m 00	

Sondage de Zuydcoote (Sanatorium) (3). — Il y a 35 mètres de sable marin reposant sur l'argile des Flandres.

Sondage de Bray-Dunes (4). — Il y a 36 mètres de terrains récents et sable de mer reposant sur l'argile des Flandres.

§ 4. — CONCLUSIONS TIRÉES DE L'ÉTUDE DES DIFFÉRENTS SONDAGES PROFONDS DE LA FLANDRE MARITIME FRANÇAISE.

1.— *Allure du socle des formations quaternaires.*

a) *Régions d'Ardres, les Attaques, Guemps.* — Au pied des coteaux crayeux du Boulonnais et des collines tertiaires du pays d'Ardres, le soubassement créacé ou éocène des formations propres à la Plaine maritime s'abaisse assez rapidement depuis l'altitude +5 jusqu'à une altitude voisine de —10.

Entre Ardres, Coulogne, Guemps, la surface yprésienne se maintient sur une grande étendue à cette altitude ; elle se relève même jusqu'à —6 pour constituer une sorte de haut fond aux abords du banc des Attaques.

(1) MEUGY. Géol. Pratique Flandre française, *Mém. Soc. Sc. Ag. Arts de Lille*, t. 32, 1852, p. 111.

(2) LESMARIÉS. Dunkerque et la Plaine Maritime, *Bull. Soc. Hist. Arch. Dunkerque*, t. XVIII, 1920-1921, (Introd.), p. 129.

(3) Les résultats m'en ont été aimablement communiqués par M. Chartiez ; on trouvera le détail des couches éocènes et créacés in LESMARIÉS, *loc. cit.*, p. 122.

(4) LESMARIÉS. *loc. cit.*, p. 133.

L'existence du banc de galets des Attaques, et vraisemblablement aussi celle du banc de Coulogne, est en relation avec ce haut fond. A ce propos je signale que dans les Bas Champs de Picardie, les masses de galets d'âge Monastirien sont également installées sur des hauts fonds analogues, constitués ici par du crétacé ; on trouvera plusieurs exemples de cette disposition décrits dans le chapitre XI réservé aux formations monastiriennes de Picardie.

b) *Région de Sangatte, Calais, Marck.* — Le socle crétacé s'observe à des altitudes très peu inférieures à zéro, le long du coteau crayeux de Sangatte à Coquelles.

Mais il s'abaisse très rapidement à une altitude voisine de -20 un peu au N. de cette bordure crayeuse (sondage de Coquelles).

On ne peut établir nettement que le banc des Pierrettes est installé sur un haut fond préexistant, au même titre que le banc des Attaques ; en effet, à Calais, au forage de l'usine Lefebvre, le socle éocène des formations quaternaires se trouve à -19 ; au Virval la faible profondeur du socle éocène (alt. -11) paraît être en relation avec l'extension vers le N. de la région haute d'Ardres et de Guempes.

Au N. du banc des Pierrettes la base du quaternaire est également vers -20 ; il en est de même à Marck.

c) *Région à l'E. de Marck.* — A Offekerque, à Bourbourg, la base du quaternaire est à -20 environ ; à Bourbourg, Dunkerque, Zuydcoote, Bray-Dunes, elle se trouve entre -20 et -30 , ou un peu plus bas que -30 .

II. *Caractères généraux des sédiments de la Plaine maritime dans le Calaisis et à l'Est du Calaisis.*

Il ne sera pas question ici des bancs de galets étudiés précédemment et qui ont été rapportés au Monastirien, ni des massifs de Fort-Château et de Ghyvelde qui, en raison de leurs caractères particuliers, seront étudiés plus loin.

La partie de la plaine qui n'est pas occupée par ces massifs est comblée par des sédiments variés que l'on peut grouper en :

a) *dépôts littoraux* : sables et galets, coquilliers ou non (couches de base en différents points de la plaine, cordon littoral des Pierrettes et dépendances). Les sables sont quartzeux ; en différents points ils contiennent des grains roulés de silex qui, au même titre que les galets de silex, ont une origine locale.

b) *dépôts poldériens* : ce sont les sables plus ou moins argileux à *Hydrobia ulvae*, *Cardium edule*, ou les argiles à *Hydrobia ulvae* et *Scobicularia piperata* ; ces sédiments constituent la masse principale des dépôts qui ont comblé la plaine maritime ; ils sont gris bleu et riches en matières organiques en profondeur, gris blanc en surface ; il y a tous les intermédiaires entre les sables gris, les sables argileux et les argiles ; la glauconie y est rare ; ce sont des formations d'eau peu profonde, peu salée et particulièrement tranquille. Les sables sont formés presque uniquement de grains de quartz ; il n'y a guère de minéraux de provenance caractéristique locale ou exotique ; il n'y a pas traces de particules de silex qui sont localisées dans les formations littorales ; le mica qu'on y observe parfois peut aussi

bien provenir de la trituration de roches cristallines armoricaines ou nordiques que du remaniement de certains sables tertiaires dans lesquels il est très abondant.

c) *dépôts d'estuaire* : les couches de base de Coquelles, à *E. primigenius* doivent être attribuées à une formation fluvio-marine d'estuaire.

d) *dépôts de marais* : ce sont des vases humiques, des tourbes et des marnes calcaires à Limnées.

III. *Conclusion.* — Toutes les formations qui, sur 20 à 30 mètres d'épaisseur, ont comblé la plaine maritime flamande (en dehors des massifs précédemment énumérés) sont des dépôts littoraux, estuariens, poldériens et tourbeux, constitués sans exception à de faibles profondeurs, et à une altitude *constamment voisine du zéro moyen de la mer*, parfois inférieure, parfois supérieure à ce zéro moyen (les dépôts de galets du cordon des Pierrettes par exemple).

Leur ensemble constitue donc une accumulation sédimentaire, établie au cours d'un affaissement relatif du bassin de sédimentation ou, pour ne préjuger de rien, d'une vaste oscillation positive du niveau marin dont l'amplitude totale paraît avoir été voisine de 30 m.

Des phases d'arrêt, voire des phases négatives accessoires, ont interrompu momentanément la vaste oscillation principale et provoqué l'établissement de niveaux tourbeux. Elles ont été très peu intenses et très brèves ; car aucune coupe, aucun sondage ne permettent de relever dans les 30 m. de sédiments signalés quelque trace de ravinements importants, quelque discordance nette de stratification.

Toute la série sédimentaire qui vient d'être étudiée correspond donc à un seul grand cycle de sédimentation, à une seule grande période de remblaiement.

En certains points les dépôts de cette série sédimentaire se superposent aux formations monastiriennes ; en d'autres, ils s'appuient contre ces mêmes dépôts monastiriens qui ont une situation topographique plus élevée. En résumé, les dépôts de la série sédimentaire étudiée sont emboîtés dans les formations monastiriennes.

La grande période de remblaiement qui vient d'être mise en évidence a donc commencé après l'oscillation négative du niveau marin qui a suivi la phase de remblaiement monastirienne et qui dans nos contrées a produit le creusement maximum des vallées. La présence d'une molaire d'*E. primigenius* dans les couches de base de la série à Coquelles, la superposition à ces couches de 15 m. de sédiments marins et tourbeux ayant fourni des instruments néolithiques, la présence de restes gallo-romains et localement d'ustensiles du XIII^e siècle sous les couches de sables marins les plus élevées indiquent que le cycle de sédimentation a débuté à la fin du *Pleistocène* (au sens habituellement donné à ce terme) pour se continuer à travers l'*Holocène*, dans les temps *néolithiques*, *protohistoriques*, *historiques*, et se terminer au cours du Moyen âge.

On a fréquemment mis en doute la légère oscillation positive du niveau marin qui s'est manifestée au cours des temps historiques dans notre contrée. On a souvent attribué les invasions marines historiques à des ruptures du cordon littoral ou des digues artificielles qui protégeaient le pays marécageux situé généralement à des altitudes inférieures au niveau atteint par les marées hautes.

J'ai montré par différents exemples que l'allure topographique et la composition lithologique des jets de tempêtes dans les marais étaient très différentes de celles des sables à *Cardium edule* ; je n'y reviendrai plus ici.

On a attribué une grande importance à l'affaissement des tourbes et des dépôts de marais soit par tassement propre, soit à la suite du jet de matériaux littoraux à leur surface après des tempêtes ; ce tassement ayant permis ultérieurement l'invasion marine et le dépôt de sables marins bien stratifiés à leur surface.

Le tassement des tourbes et dépôts de marais, propre ou provoqué, est un fait évident qui n'est pas à négliger : une preuve en est fournie par le bombement des massifs de tuf qui s'affaissant peu ou ne s'affaissant pas après leur formation arrivent à constituer un relief autour des dépôts tourbeux qui s'affaissent ultérieurement à leur formation.

Il est à remarquer toutefois qu'en de nombreux points de la plaine maritime, il n'y a aucune trace de tourbe sous les sables à *Cardium edule* et qu'en ces points, les sables atteignent à la fois et leur plus grande épaisseur et leur plus grande altitude.

Au contraire aux points où la tourbe est présente l'épaisseur des sables et leur altitude diminuent : de telle sorte que si l'on veut prétendre que la tourbe s'est affaissée, on est amené à conclure que le sable à *Cardium* a été entraîné dans cet affaissement ultérieurement à son dépôt, et, en conséquence que l'affaissement de la tourbe n'a pu être la cause de l'invasion marine.

Mais il est surtout remarquable :—*a*) que d'une part les derniers dépôts des grandes masses sédimentaires marines dans les différentes plaines maritimes du littoral occidental de la France et des Pays-Bas de l'Océan à la Mer du Nord datent tous de la période qui a suivi les temps gallo-romains alors qu'auparavant un régime tourbeux prédominait dans ces mêmes plaines depuis les temps néolithiques ;—*b*) que d'autre part dans les plaines maritimes de la presqu'île danoise, dont les dernières phases de l'histoire géologique sont assez différentes de celles de nos côtes, ainsi qu'on le verra plus loin, il n'y a eu aucune formation de masse sédimentaire marine importante depuis les temps romains.

Telles sont les différentes observations qui me font admettre que, sur le littoral français de l'Océan et de la Manche et sur le littoral flamand, l'oscillation positive du niveau marin qui a débuté à la fin des temps pléistocènes s'est encore fait sentir au cours des temps historiques.

La ligne de rivage atteinte à la fin de cette transgression ne semble guère avoir été plus élevée que la ligne de rivage actuelle. Les indications fournies par les altitudes des dépôts poldériens et des dépôts littoraux sont peu probantes à cet égard. Je rappellerai toutefois que le cordon littoral des Pierrettes atteint une altitude voisine de + 5 à Calais, alors que le cordon littoral actuel atteint environ l'alt. + 4. Mais de légères différences dans le régime des marées peuvent être l'origine de cette légère différence d'altitude.

Quoi qu'il en soit, si l'on admet, comme je l'ai déjà fait pour le classement géologique des dépôts de Sangatte et de Coulogne, le principe de la classification de M. Depéret basée sur la distinction de plusieurs étages marins ou cycles sédimentaires complets, transgressifs, successivement emboîtés, et séparés par une phase d'oscillation négative du niveau marin,

c'est une nécessité logique que de considérer comme un *étage géologique* la série sédimentaire qui vient d'être étudiée et de le désigner par un nom approprié analogue aux termes *Sicilien, Milazzien, Tyr. hénien, Monastirien* créés ou proposés par M. Depéret.

Afin de ne pas surcharger d'un terme nouveau la nomenclature géologique, je proposerai, pour désigner cet étage géologique, l'emploi du terme *Flandrien* (Rutot et Van den Broeck) qui est, de tous les noms d'étages relatifs au quaternaire actuellement existants, celui dont le sens primitif concorde le plus étroitement avec la définition de l'étage géologique que je viens d'établir, comme je le montrerai plus loin.

En résumé les termes pleistocène, holocène, récent, ne correspondent pas à des unités stratigraphiques ; ils doivent être abandonnés et remplacés par 5 noms d'étages distincts et de valeur équivalente : *Sicilien, Milazzien, Tyrrhénien, Monastirien, Flandrien*, ce dernier englobant le pleistocène le plus récent et l'holocène jusques et y compris les temps historiques gallo-romains et médiévaux.

Les dépôts géologiques qui se sont constitués depuis la fin de la phase transgressive flandrienne ne peuvent généralement se distinguer de ceux qui se sont formés au cours de la dernière phase de la transgression, que s'ils contiennent des documents historiques ou si leur date de formation est connue historiquement. L'*Actuel* ne paraît donc pas pouvoir se séparer du *Flandrien*, géologiquement parlant. Il est toutefois du plus haut intérêt, dans tous les cas où il est possible, de désigner sous le terme de dépôts *actuels* ceux qui se sont formés depuis la fin de la transgression flandrienne et dont on peut établir l'âge historique.

CHAPITRE VIII

Caractères et subdivisions de l'étage Flandrien

§ 1. — HISTORIQUE ET DÉLIMITATION DU TERME « FLANDRIEN ».

Le terme « flandrien » a été créé par MM. Rutot et Van den Broeck à la suite de recherches effectuées en vue de l'établissement des feuilles géologiques de Landen, Saint-Trond, et Heers.

Ils l'ont défini en 1885 (1) de la manière suivante :

« Quant au prétendu sable campinien des Flandres et de la Campine anversoise, qui, par tout, repose soit sur des sables, soit sur des limons grisâtres appartenant à notre nouvelle assise campinienne », nous en formons une assise nouvelle et bien distincte, l'assise flandrienne ».

Ils caractérisaient cette assise de la sorte (2) : ASSISE FLANDRIENNE Q 3. — « SYNONYMIE: Sable campinien (pars) de Dumont— Campinien des auteurs belges.

« Q 3. Sable quartzeux généralement meuble, avec gravier à la base, présentant quelquefois, vers le milieu de son épaisseur, une zone grisâtre limoneuse, due à la dénudation du limon gris Q 1 (c) sous-jacent. »

Il faut se souvenir, ici, que Dumont avait appelé « Campiniens » tous les sables réputés d'âge « quaternaire » qui étaient connus soit en Campine, soit en Flandre maritime.

M. Rutot s'est attaché, au cours des années qui suivirent, à préciser le sens du terme Flandrien (3).

En même temps il faisait introduire le terme « Flandrien », érigé au rang d'étage, dans la légende officielle de la carte géologique de Belgique (4) avec la notation q 4.

Ultérieurement, après l'étude des relations stratigraphiques du Flandrien et de l'Hesbayen (5) et la création d'un étage Brabantien (6), il proposa la notation q 5 pour le Flandrien (7). La commission de la carte géologique n'a pas suivi cette proposition.

(1) A. RUTOT et VAN DEN BROECK [3]. Note sur la nouvelle classif. du terr. quatern. dans la basse et moyenne Belgique, *Bull. Séanc., Soc. Malacol. Belg.*, 1885, p. LXXIX.

(2) RUTOT et VAN DEN BROECK [3]. *loc. cit.*, p. LXXXII.

(3) A. RUTOT [1]. Expl. feuille de Wacken (au 1/20.000^e), 1885; — [2] Résultats exp. géol. entre Thielt. Roulers et Thourout, 1886; — [3]. Quelques points nouveaux géologie des Flandres, 1895.

(4) Les autres étages admis alors étant le Moséen (q 1), le Campinien (q 2), l'Hesbayen (q 3).

(5) RUTOT [6]. Nouv. observ. sur le Flandrien, 1897.

(6) RUTOT [11] Gisements de silex taillés dans les collines de Flandre Occid., 1900.

(7) RUTOT [12]. Nouv. observ. sur le quatern. de la Belgique et Projet de Légende, 1901.

Les principales subdivisions du Flandrien admises par la carte sont : le facies marin q 4 m à *Corbicula fluminalis* et *Cardium edule*, et le limon sableux, ou gris, avec coquilles fluviatiles. (Voir par exemple la Légende publiée en 1896, page 4).

En 1897 M. Rutot a donné une étude détaillée de l'étage Flandrien (1), dans laquelle sont exposées avec de grands détails les relations stratigraphiques de l'étage qui est essentiellement formé de couches marines. Il s'y trouve mis en relief que : 1° sous la plaine maritime, le Flandrien est fossilifère et renferme des coquilles marines avec, en outre, *Corbicula fluminalis* ; 2° vers l'W de la Flandre, à Thourout, Houthulst, des bancs limoneux s'intercalent dans la masse ; 3° enfin, l'invasion marine flandrienne s'est effectuée après le dépôt des limons du Hesbayen.

C'est dans ce mémoire que M. Rutot a montré l'importance de la transgression marine flandrienne (2).

Dans ce travail on peut se rendre compte de la situation et des limites que l'auteur désire assigner à son étage, grâce aux sondages qu'il donne à titre d'exemples.

Le plus net est celui d'Ostende. Ce sondage avait été étudié en 1884 par M. Dollfus qui avait cherché à caractériser paléontologiquement les couches traversées. Il avait reconnu à la base une formation sableuse du « quaternaire inférieur » riche en coquilles marines vivant toutes actuellement dans la Mer du Nord, mais dont 55 % vivent encore sur le littoral belge ; au-dessus, des limons, ou « quaternaire supérieur » ; au-dessus encore, des sables « modernes » à faune beaucoup moins riche que les sables de la base, et surmontés de tourbé et de dépôts poldériens historiques ou récents (3).

M. Rutot place dans son Flandrien la couche sableuse de base, les couches limoneuses et la partie inférieure des sables qualifiés de modernes par M. Dollfus, sans tenir compte des différences fauniques signalées qu'il semble attribuer à de simples différences de facies.

(1) RUTOT [5]. Origine du quaternaire de la Belgique, 1897.

(2) En reprenant l'expression *transgression flandrienne*, je me garde d'ailleurs de reprendre la conception première de M. Rutot et de différents géologues belges qui dans les années voisines de 1900 ont donné à cette transgression une importance par trop considérable (Cf. les cartes paléogéographiques de la Belgique où l'on voit la mer flandrienne s'avancer dans la vallée de la Lys jusqu'au pied de l'Artois, traverser le Tournais jusqu'à Condé dans la vallée de l'Escaut et envahir la vallée de la Senne jusqu'à Hal, pour ne citer que quelques exemples), (RUTOT [5] *loc. cit.*, fig. 11, pl. 1 [8]. Creusement de la vallée de la Lys, 1899) ; — le Flandrien supposé marin a été parfois noté en des points d'altitude + 25 ou même + 55.

M. Briquet a apporté, en 1906, une correction importante de cette interprétation dans une carte représentant le réseau hydrographique de la Belgique lors du retrait de la mer flandrienne ; la « plaine côtière » flandrienne n'est plus figurée dans tous les secteurs amont des vallées, mais seulement dans celui de la Lys jusqu'aux abords d'Hazebrouck et dans celui de la Deule jusqu'après de Marquette (BRIQUET [5]. Origine réseau hydrographique du N. de la Belgique, 1906, fig. 3).

M. Lorient dans un important travail sur le diluvium de l'Escaut a discuté de très près la question de la transgression flandrienne et a montré qu'il y avait lieu d'en réduire considérablement l'étendue et l'amplitude (LORIENT [5]. Diluv. de l'Escaut, p. 342 et suivantes).

Gosselet a laissé une note posthume dans laquelle il a démontré qu'aucun sédiment marin n'était connu dans la partie française de la Vallée de la Lys (GOSSELET [29]. Plaine de la Lys, 1920).

En résumé, il y a lieu de ne pas donner à la transgression flandrienne plus d'une trentaine de mètres d'amplitude ; la mer flandrienne n'a jamais pu s'étendre dans la région franco-belge qu'en des points dont l'altitude actuelle n'est pas supérieure à environ + 5.

(3) DOLLFUS [2]. Terrain quat. d'Ostende. Extr. p. 2-10.

Voici d'ailleurs le détail des couches quaternaires d'Ostende, avec l'interprétation de M. Dollfus, comparée à celle de M. Rutot.

Détail des Couches flandriennes d'Ostende, d'après MM. Dollfus et Rutot.

	Profond.	Épaisseur	DOLLFUS	RUTOT
16. Terre végétale sableuse		0,25		
15. Sable fin, gris, calcaireux	0,25	1,15	Remblai	
14. Sable limoneux, gris-jaune	1,40	0,50		
13. Limon grisâtre	1,90	0,80		Terrain moderne
12. Sable gris, argileux	2,70	1,80		
11. Sable gris pur, à coquilles marines	4,50	0,60	Terrain moderne	
10. Tourbe noire	5,10	1,35	(alluvions)	
9. Argile grise ou bleuâtre	6,45	2,65		
8. Sable gris bleuâtre mobile	9,10	8,50		
7. Argile jaunâtre et grise foncée	17,60	2,20	Limons quaternaire supérieur	
6. Argile grise sableuse	19,80	2,65		
5. Sable gris fluide	22,45	3,55	Sables marins	Flandrien
4. Sable gros coquillier	26,00	0,50	avec <i>Corbicula fluminalis</i> (Müll)	
3. Sable avec coquilles brisées	26,50	4,90	(quaternaire inférieur)	
2. Sable avec galets roulés et coquilles	31,40	2,00		
1. Sable gris verdâtre	33,40	0,10		
a. Argile plastique (Yprésien)	33,50			

D'ailleurs M. Rutot donne d'autres exemples de couches attribuables au Flandrien :
 A Calais (*Forage Mulot*) ce sont pour lui, les 20 m. de sables reposant sur le Landénien ;
 A Calais, *St-Pierre (Usine Lefebvre)* il attribue au Flandrien les 13 m. 50 de sables inférieurs à la tourbe, (qui est à l'alt. —18,3.) ;

A *Dunkerque*, le Flandrien comprend 29 mètres de sables, sous 6 mètres de sables modernes ;

A *Furnes*, le Flandrien est formé de 18 m. 20 de sable, sous des dépôts modernes (dont 2 bancs de tourbes) à l'alt. —3 m. 30.

Au *Petit-Crocodile (à l'W de Middelkerke)*, il n'y a que 6 m. 70 de sable flandrien sous 14 m. 80 de sables ou d'argiles modernes.

A *Leffinghe (S. W. d'Ostende)* le Flandrien a 12 m. 70 d'épaisseur et se trouve sous 12 m. 20 de sables et d'argiles modernes.

A *Ostende*, le Flandrien a 24 m. 24 d'épaisseur sous 9 m. de sédiments sablo-argileux et tourbeux modernes.

A *Blankenbergue*, le Flandrien a 26 m. 50 d'épaisseur sous 9 m. 50 de couches modernes sablo-argileuses avec tourbe.

A *Coolkerque*, près de Bruges, le Flandrien a 17 m. 40 d'épaisseur sous 7 m. 15 de dépôts sablo-argileux tourbeux modernes.

A *Flessingue*, le Flandrien a 8 m. d'épaisseur, sous 14 m. de dépôts modernes (dont 2 couches de tourbe).

En résumé, le Flandrien typique de la Flandre belge apparaît d'après M. Rutot comme une formation *marine* dans laquelle des limons peuvent être interstratifiés, et dont la position à la fois stratigraphique et topographique se trouve entre un socle quaternaire situé vers l'altitude — 20 à — 30, et des couches modernes.

Mais on a parfois attribué à cette formation marine flandrienne un âge plus ou moins ancien. Je signale quelques-unes des attributions proposées.

A.— M. Dollfus (1) après avoir donné, à ma connaissance, le premier aperçu paléontologique sur les couches que M. Rutot devait plus tard dénommer « Flandrien », à propos du puits artésien d'Ostende, a attribué les couches de base du quaternaire de la plaine maritime au quaternaire inférieur, et cela principalement à cause de la présence de *Corbicula fluminalis* Müller dans ces couches. La continuité des formations étudiées avec les couches « modernes » indique que le terme « quaternaire supérieur » conviendrait mieux que « quaternaire inférieur ». Mais dans l'état actuel de nos connaissances sur le quaternaire, ces termes, dont l'emploi constituait un progrès en 1880, nous apparaissent l'un et l'autre trop imprécis pour être employés encore.

B. — M. Lorié a homologué le Flandrien à l'*Eemien* surtout en raison d'une similitude de position topographique des sables eemiens en Pays-Bas et des sables flandriens en Flandre, et aussi d'une similitude apparente de faunes. M. Lorié (2) avait trouvé en effet, dans le sondage de Flessingue, dans des couches rappelant le Flandrien, quelques espèces qui lui paraissaient caractéristiques de l'Eemien, notamment *Bittium reticulatum* et *Tapes virgineus*. Cette assimilation vieillissait considérablement le Flandrien. L'Eemien est en effet un dépôt interglaciaire : il est immédiatement pré-rissien (3) ainsi que l'ont montré les géologues danois (4).

En 1908 M. Briquet tentait d'appliquer à la région du Nord de la France, cette corrélation : Flandrien = Eemien, en supposant d'autre part l'identité d'âge de l'Eemien et du Würmien (5).

Cependant, en 1908, paraissait le travail fondamental de MM. Madsen, Nordmann, et Hartz sur les dépôts eemiens de Danemark, d'Allemagne et de Hollande.

M. Nordmann, chargé de la partie conchyliologique du travail, a été amené à s'occuper des dépôts flandriens et à discuter leur assimilation aux formations eemiennes (6). Il a révisé la faune flandrienne des sondages de Flessingue, ainsi que celle de Leffinghe, du Petit-Crocodile (7) qui avaient été déjà publiées par Mourlon (déterminations de M. Vincent) (8).

(1) DOLLFUS [2]. *loc. cit.*

(2) LORIÉ [2]. Sond. en Zélande et en Brabant, *Bull. Soc. Belg. Géol.*, 1903, t. XVII, p. 215.

(3) Ou *Tyrhénien* dans la classification générale de M. Depéret.

(4) Pour la connaissance de l'étage Eemien aux Pays-Bas se rapporter principalement à : HARTING [1] *De Bodem van het Eemdal*, 1874 ; — [2] *Le système Eemien*, 1875 ; — J. LORIÉ [4] *Diluvium plus récent et système Eemien*, 1887 ; — [3] *Geolog. Bouw. der Geldersche Vallei*, 1906 ; — [4] *Het Interglacialisme in Nederland*, 1907.

POUR la connaissance de l'étage Eemien en Danemark et dans le Slesvig, consulter principalement : MADSEN, NORDMANN et HARTZ, *Eem-Zonerne*, 1908, et NORDMANN [5]. *Marine Diluvium ved Vognsbøl*, 1922.

(5) BRIQUET [9]. Exc. pléistocène N. de la France, *A. S. G. N.*, t. XXXVII, 1908, p. 293-296.

(6) NORDMANN *in* MADSEN, NORDMANN et HARTZ, *Eem-Zonerne*, p. 214-223 ; résumé en français, p. 295-296.

(7) NORDMANN *in* MADSEN, NORDMANN et HARTZ, *loc. cit.*, p. 218-219.

(8) MOURLON [2]. *Mers quaternaires en Belgique*, 1895.

Il a été conduit aux considérations suivantes :

1° Toutes les espèces réellement caractéristiques de l'Emien sont absentes dans le Flandrien (sauf un seul type).

2° Ce type, *Tapes aureus*, var. *eemiensis* Nordmann (= *Tapes senescens* Dod = *T. Dianæ* Locard) n'est représenté à Flessingue que par 6 fragments usés et 2 valves non typiques : le tout paraissant remanié. Dans les autres localités flamandaises, le type n'est pas connu.

Sa conclusion générale est que la faune flamandaise et la faune eemienne, bien que toutes deux de caractère tempéré, ne sont pas identiques ; la faune flamandaise n'offre aucun caractère nettement interglaciaire comme la faune eemienne.

A ces conclusions j'ajouterai les observations suivantes :

1° Il est a priori peu vraisemblable que des dépôts d'âge pré-rissien se continuent en certains points, sans lacune apparente, ni modifications dans la sédimentation, par des dépôts modernes, voire même historiquement datés.

2° A Coquelles, des dépôts dont la situation stratigraphique et topographique est celle des dépôts flamandais ont fourni *Elephas primigenius* à caractère évolué, qu'on ne peut trouver dans le Tyrrhénien (1).

C. — M. Rutot a considéré le Flandrien comme correspondant au Würmien en se basant principalement sur la présence de roches exotiques dans les sédiments « flamandais » de la Campine (2).

Je traite ailleurs la question des blocs exotiques dans les sédiments marins et rappelle que l'abondance des galets exotiques dans un cordon littoral n'implique nullement que ce cordon littoral soit d'âge glaciaire : il peut être tout aussi bien interglaciaire, ou mieux encore postglaciaire. D'ailleurs M. Halet vient de signaler que la plus grande partie des sédiments de Campine attribués au Flandrien paraissent ne pas appartenir à cet étage (ou au moins au faciès marin de cet étage). Pour lui la transgression flamandaise, qui s'est manifestée à la fin de l'époque pleistocène ou au début de l'holocène, est strictement limitée à la zone littorale actuelle (3).

D. — Une dernière question reste à discuter : c'est celle de l'attribution faite par M. Rutot, du terme Flandrien avec un sens très restreint, à une couche très déterminée des limons.

Laissant de côté dans cet historique l'étude des variations de la terminologie des limons belges, je rappellerai seulement la dernière interprétation que M. Rutot (4) a donnée du terme Flandrien en se basant autant que cela est possible sur les recherches de Comont dans la vallée de la Somme.

Dans cette dernière manière de voir, le Flandrien est un limon équivalent à *Vergeron supérieur* de Comont et à la terre à brique ou lehm supérieur ; les sables marins ne sont

(1) DEPÉRET et MAYET in DEPÉRET, MAYET, ROMAN, Eléphants pliocènes, tableau p. 204-205.

(2) RUTOT [9]. Quat. de Belgique et Glaciaire de l'Europe Centrale, 1899, p. 318, p. 321.

(3) HALLET. Quat. N. de la Flandre belge, p. 159-162.

(4) RUTOT [16]. Quat. Belgique et Classif. de Comont, 1919, cf. principalement le tableau p. 193.

qu'un facies de ce limon et correspondent exactement au « Moustérien supérieur » ; toutefois les couches marines (*a l r 1*) de la carte géologique belge, sables gris bleu, rangées dans le moderne et immédiatement sous-jacentes à la tourbe néolithique ou gallo-romaine, doivent être rangées dans le Flandrien et sont l'équivalent de la terre à brique ou lehm supérieur.

Cette interprétation rajeunit considérablement le Flandrien, par rapport aux versions anciennes : elle ne répond d'ailleurs plus à la définition première de l'étage.

Ces divergences d'interprétation s'expliquent facilement par cette raison que les géologues qui se sont occupés spécialement des dépôts marins flamandriens ont cherché à mettre dans leur étude des précisions plus grandes que ne le permettaient les faits observés.

Des nombreux sondages exécutés dans la Flandre sous la direction de Mourlon (2), il résulte que dans la majorité des cas, le sable flamandrien passe en continuité absolue avec les sables gris bleu, considérés comme modernes et notés (*a l r 1*) par la carte belge.

J'ai signalé des faits identiques dans la Flandre française. A Gravelines et à Bourbourg on ne peut observer qu'une masse argilo-sableuse sans aucune trace de niveau limoneux ou tourbeux de la base au sommet jusques et y compris les couches historiquement datées.

On s'explique dès lors que les auteurs qui ont eu en mains des échantillons de la base de la série aient été frappés par le caractère ancien de la faune et conduits à attribuer la masse à une formation quaternaire plus ou moins ancienne, comme l'a fait M. Dollfus.

Au contraire l'identité générale faunique et lithologique des bancs plus élevés avec les terrains qualifiés de modernes et leurs relations avec les couches des limons supérieurs ont conduit récemment M. Rutot à attribuer à la masse un âge très récent.

J'estime que le terme *Flandrien* est en conséquence tout à fait qualifié pour désigner l'ensemble des couches formées lors du dernier grand cycle sédimentaire reconnu dans les Flandres.

D'ailleurs le sens que j'attribue à ce terme est le plus voisin de sa définition de toutes les interprétations qui en ont été données depuis sa création. La seule déformation que je suis amené à lui faire subir résulte de l'application stricte du principe de classification du quaternaire que je me suis convenu d'adopter dans ce travail et qui est celui proposé par M. Déperet, savoir : donner un nom d'étage géologique à une série complète de remblaiement. Elle consiste uniquement dans l'extension du terme aux formations marines historiquement datées de la plaine maritime.

§ 2. — LA FAUNE MARINE DU FLANDRIEN

L'état de nos connaissances sur la faune marine du Flandrien est très varié suivant que l'on considère les couches profondes de la série flamandrienne qui n'ont été traversées que par quelques sondages, ou les couches supérieures facilement observables. Cependant il se trouve que ces couches profondes sont généralement plus riches en espèces que les couches les plus élevées, de sorte que les listes fauniques qui en ont été publiées sont de beaucoup les plus longues.

(1) MOURLON [2]. *Mers quat. Belgique*, p. 705.

Tableau de la faune marine du Flandrien de la Flandre

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Caractère climatique (1)	Ostende Couches inférieures	Leffinghe	Middelkerke (Petit Crocodile)	Flessingue	Ostende Couches moyennes	Coquelles Couches moyenne	Pierretes	Couches supérieures de la Plaine (historiques)	Espèces présentes dans la faune actuelle du littoral flamand
<i>Arca lactea</i> L.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Pectunculus glycymeris</i> L.	L	—	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Limopsis minuta</i> Phil.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Nucula nucleus</i> L.	L	?	—	+	—	—	—	—	—	+
<i>Astarte (Goodallia) triangularis</i> Mtg.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Montacuta bidentata</i> Mtg.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Woodia digitaria</i> L.	L	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Lucina borealis</i> L.	B	—	+	—	+	—	—	—	—	+
— <i>divaricata</i> L.	L	—	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Cardium edule</i> L.	L	+	+	+	+	+	+	+	+	+
— <i>edule</i> var. <i>minimum</i> Phil.	B	—	—	—	—	+	+	—	—	—
— <i>exiguum</i> Gm.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
— <i>papillosum</i> Poli.	L	+	+	—	—	—	—	—	—	—
— (<i>Lovic.</i>) <i>norvegicum</i> Sp.	L	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Venus gallina</i> L.	B	+	+	—	—	—	—	—	—	+
— <i>ovata</i> Penn.	B	—	+	—	+	—	—	—	—	+
<i>Tapes virgineus</i> auct. (<i>edulis</i> Chemn.)	L	—	+	—	+	—	—	—	—	+
— <i>aureus</i> Gm.	L	—	+	—	+	—	—	—	—	—
— <i>senescens</i> Dod (<i>eemiensis</i> Nord.)	L	—	—	—	S ?	—	—	—	—	—
— <i>pullastra</i> Mtg.	B	—	+	—	—	—	—	—	+	+
<i>Donax vittatus</i> D.C. (<i>anatinus</i> F. et H.).	L	+	+	+	—	—	—	—	+	+
<i>Tellina balthica</i> L.	B	+	+	+	—	+	+	+	+	+
— <i>squalida</i> Pult.	L	—	—	+	—	—	—	—	—	—
— <i>tenuis</i> D C.	B	—	+	+	—	—	—	—	—	+
— <i>fabula</i> Gm.	L	+	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Solen ensis</i> L.	B	—	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Corbula gibba</i> Olivi.	L	—	—	—	+	—	—	—	—	+
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm.	L	+	+	—	+	+	+	—	+	+
<i>Syndesmya alba</i> Wood.	L	?	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Mactra subtruncata</i> D. C.	L	+	+	+	—	—	—	—	+	+
— <i>elliptica</i> Brown.	B	—	—	—	—	—	+	—	—	+
— <i>solida</i> L.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	+
— <i>stultorum</i> L.	L	+	+	—	—	—	—	—	—	+

(1) L, Lusitanien; B, Boréal; A, Arctique.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Saxicava arctica</i> L.	A	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Mya truncata</i> L.	A	—	+	+	—	—	—	—	—	+
— <i>arenaria</i> L.	B	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Zirphaea crispata</i> L.	B	—	+	—	—	—	—	+	—	+
<i>Pholas (Barnea) candida</i> L.	L	—	+	+	—	—	+	+	+	+
— <i>dactylus</i> L.	L	—	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Mytilus edulis</i> L.	B	+	+	+	+	—	+	+	+	+
<i>Modiola barbata</i> L.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Ostrea edulis</i> L.	L	+	+	+	—	—	+	+	+	+
<i>Anomia ephippium</i> L.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Pecten maximus</i> L.	L	—	—	—	—	—	—	—	+	+
— <i>varius</i> L.	L	+	+	—	—	—	—	—	—	+
— <i>opercularis</i> L.	L	—	+	+	+	—	—	—	—	+
— <i>glaber</i> L.	L	—	S ?	S ?	—	—	—	—	—	—
— <i>flexuosus</i> Poli	L	—	S ?	—	—	—	—	—	—	—
<i>Murex erinaceus</i> L.	L	+	+	—	—	—	+	—	—	+
<i>Trophon (clathratus</i> L. ?)	A	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Purpura lapillus</i> L.	B	—	+	—	—	—	+	—	—	+
<i>Buccinum undatum</i> L.	B	—	+	+	—	—	—	—	+	+
<i>Nassa reticulata</i> L.	L	+	+	—	—	—	—	—	+	+
— <i>pygmæa</i> Lmk.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	+
— <i>incrassata</i> Ström.	B	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Velutina lævigata</i> Penn.	B	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Natica catena</i> D. C.	L	—	+	—	—	—	+	—	+	+
— <i>Alder</i> Forb.	B	+	+	—	—	—	—	—	+	+
<i>Scalaria communis</i> Lmk.	L	—	—	+	+	—	—	—	—	—
— <i>pulchella</i> Bivona	L	S ?	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>clathratula</i> Adams ?	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Odostomia unidentata</i> Mtg.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>unidentata</i> var. <i>ampla</i> Dollfus.	A	+	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>rissoides</i> Hanl.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Parthenia spiralis</i> Mtg.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>interstincta</i> Mtg.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bela turricula</i> Mtg.	B	—	+	+	—	—	—	—	—	+
<i>Mangelia costata</i> Don.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trivia europæa</i> Mtg.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Bittium reticulatum</i> D. C.	L	—	+	—	+	—	—	—	—	+
<i>Littorina littorea</i> L.	B	—	+	+	—	—	+	—	+	+
— <i>otusata</i> L.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Rissoa parva</i> D. C.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	+
— <i>interrupta</i> Adams.	B	—	?	—	—	—	—	—	—	—
— <i>inconspicua</i> Alder	L	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Hydrobia ulvæ</i> Penn.	B	+	?	—	—	+	+	+	+	+

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Turritella terebra</i> L. (<i>communis</i> Risso)	L	+	?	—	—	—	—	—	—	+
<i>Cæcum glabrum</i> Mtg.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Skenea planorbis</i> Fabr.	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Adeorbis subcarinatus</i> Mtg.	B	+	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Phasianella pullus</i> L.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cyclostrema serpuloides</i> Mtg.	L	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trochus cinerarius</i> L.	B	+	+	—	—	—	—	—	—	+
— <i>exasperatus</i> Penn.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	—
— <i>magus</i> L.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	+
— <i>millegranus</i> Phil.	L	—	?	—	—	—	—	—	—	+
— <i>zizyphinus</i> L.	L	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Trochocochlea</i> sp.	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Fissurella græca</i> L. (<i>reticulata</i> Don).	L	—	+	+	+	—	—	—	—	+
<i>Cylichna mamillata</i> Phil.	L	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Emarginula rosea</i> Bell.	B	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Tectura virginea</i> Müll.	B	—	+	—	—	—	—	—	—	+
<i>Helcion pellucidum</i> L.	L	+	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Dentalium entale</i> L.	B	—	+	—	—	—	—	—	—	+
— <i>striolatum</i> Stimp.	A	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sepia officinalis</i> L.	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Balanus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Polydora ciliata</i> Johnst.	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+
<i>Cliona</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+
<i>Corbicula fluminalis</i> Müll.	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—

Dans le tableau faunique ci-dessus on trouve :

Colonne 1. L'indication des caractères climatiques de chacune des espèces citées.

Colonne 2. La faune des couches inférieures du Flandrien d'Ostende (bancs marins inférieurs aux couches limoneuses entre 26 m. et 33 m. de profondeur) ⁽¹⁾.

Colonne 3. La faune des couches inférieures du Flandrien de Leffinghe (de 25 m. à 12 m. de profondeur) ⁽²⁾.

Colonne 4. La faune des couches inférieures de Middelkerke (au Petit-Crocodile) de 20 m. à 15 m. de profondeur ⁽³⁾.

(1) D'après DOLLFUS [2]. Terrain quaternaire d'Ostende, p. 8 ; et NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ. Eem Zonerne, p. 218-220.

(2) D'après MOURLON [2]. Mers quaternaires en Belgique, 1896, *B. Ac. Roy. Belg.* 3^e s., t. XXXII, p. 664-677 ; et NORDMANN, *loc. cit.*

(3) D'après MOURLON, *loc. cit.* ; et NORDMANN, *loc. cit.*

Colonne 5. La faune des couches profondes de Flessingue (profondeur de 14 à 22 m.) (1).

Colonne 6. La faune des couches moyennes et supérieures d'Ostende (entre 0 et 22 m de profondeur) (2).

Colonne 7. La faune des couches moyennes de Coquelles (de 2,70 à 18,60 de profondeur) d'après les documents qui m'ont été communiqués par M. Dollfus et que j'ai fait connaître plus haut.

Colonne 8. La faune du banc des Pierrettes.

Colonne 9. La faune des sables à *Cardium edule* et des argiles à Scrobiculaires qui constituent les formations superficielles de la plaine (3).

Colonne 10. L'indication de l'existence des espèces précédemment signalées, dans la faune actuelle du littoral flamand d'après les travaux de divers auteurs (4) et mes propres recherches.

Outre les mollusques marins du Flandrien, j'ai mentionné dans ce tableau *Polydora ciliata* et *Cliona* connues par leurs perforations, des restes de *Balanus*, ainsi que *Corbicula fluminalis* Müller, espèce fluviatile qui a été trouvée dans le Flandrien marin d'Ostende, de Leffinghe et du Petit-Crocodile.

§ 3. — CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTS NIVEAUX FAUNIQUES DU FLANDRIEN MARIN EN FLANDRE.

Il y a lieu d'examiner séparément : 1^o les couches inférieures d'Ostende, puis celles de Leffinghe, de Middelkerke et de Flessingue ; 2^o les couches plus élevées d'Ostende, de Coquelles, des Pierrettes ; 3^o enfin les couches les plus élevées de la Flandre dont la date de formation est connue historiquement.

I. — ASSISE D'OSTENDE = A) *Couches inférieures d'Ostende* entre 26 et 33 m. de profondeur.

La faune de ces couches offre essentiellement un mélange de types boréaux et lusitaniens avec, en outre, 2 types arctiques.

Ces espèces sont littorales ou sublittorales pour une grande part : *Cardium edule*, *C. papillosum*, *Donax vittatus* ; *Tellina balthica*, *T. fabula*, *Mactra subtruncata*, *M. solida*, *M. stultorum*, *Mytilus edulis*, *Ostrea edulis*, *Anomia ephippium*, *Murex*

(1) D'après LORIÉ [2]. Sondages en Zélande et en Brabant, p. 214, p. 244-245, p. 249-251 ; et NORDMANN, *loc. cit.*

(2) D'après DOLLFUS [2] *loc. cit.*, p. 4.

(3) D'après DOLLFUS [1]. Faune du Sinus Itius, p. 11 ; DEBY. Note argile des polders, extr. p. 6-7 ; ainsi que d'après les documents recueillis par Debray, non encore publiés pour la plupart et les résultats de mes propres recherches.

(4) Principalement : DAUTZENBERG [3]. Coquilles Côtes de France ; — DELÉPINE [5]. Phénomènes actuels plage de Dunkerque, p. 190-191 ; — DELÉPINE et LEBEAU. Littoral français. mer du Nord, p. 10 ; — DORSMAN. De schelpen van ons strand ; — EBEN. Weekdieren van België ; — FORBES et HANLEY. British Mollusca ; — LAMEERE. Faune de Belgique, t. I ; — LOCARD [2]. Coquilles marines côtes de France ; — NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ. Eem-Zonering, p. 218-220 ; — TERQUEM. Classement animaux qui vivent sur la plage de Dunkerque ; — VERHAS. Coquilles littoral belge.

erinaceus, *Nassa reticulata*, *Littorina obtusata*, les *Rissoa* ; il existe en outre deux formes d'estuaire : *Scrobicularia piperata* et *Hydrobia ulvae*, une forme fluviatile, *Corbicula fluminalis*.

Les espèces suivantes attirent plus particulièrement l'attention : *Limopsis minuta* Philippi. — C'est un type boréal, connu dans une grande partie de l'Atlantique et dans la Méditerranée (1). Il fréquente le plus volontiers les eaux profondes ; toutefois on le trouve quoique en faible abondance, dans les dépôts marins de faible profondeur (2).

Il a été cité à l'état fossile à Christiania dans l'argile récente à *Arca glacialis* (yngre alcaer) appartenant aux dépôts glaciaires postérieurs (3).

Astarte (Goodallia) triangularis Montagu. — Elle vit dans la Manche et dans la Mer du Nord surtout en profondeur d'où on la ramène lors des dragages. Toutefois elle a été signalée vivante, bien qu'à l'état de rareté, dans les prairies de zostère des environs de Saint-Malo. En outre on trouve fréquemment ses valves rejetées sur les cordons littoraux de la Manche (4).

Scalaria pulchella Bivona est un type lusitanien-méditerranéen. — On peut se demander à la suite de M. Nordmann si cette espèce se trouve *in situ* ou à l'état remanié dans le gisement d'Ostende (5).

Odostomia unidentata Montagu. — A côté du type qui est boréal, M. Dollfus a reconnu quelques exemplaires rappelant une race arctique de l'espèce et (6) qu'il a proposé de désigner comme variété *ampla*.

Odostomia rissoides. Hanley. — Le type de cette espèce est nettement boréal ; toutefois M. Gignoux signale qu'elle est connue en Méditerranée (7).

Trochus (Jujubinus) exasperatus Pennant. — Ce type lusitanien, océanique (de l'Angleterre aux îles du Cap-Vert) et méditerranéen (y compris l'Adriatique et la Mer Noire) (8), est généralement considéré comme une forme d'eau profonde (9). Pourtant dans la Manche c'est une espèce très nettement littorale : ainsi près de Saint-Malo, elle vit en colonies nombreuses, parmi les zostères et on l'y trouve fréquemment à marée basse sur les pierres ; au contraire la drague n'en ramène que de rares exemplaires vivants (10).

(1) DAUTZENBERG et FISCHER [1]. Mollusques Campagnes Scientifiques. Albert I^{er}, fasc. XXXII, 1906, p. 78.

(2) GIGNOUX. Formations marines, p. 308-309.

(3) BRÖGGER [1]. Nivalrandringer, p. 653.

(4) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Mollusques St-Malo, p. 53.

(5) Il faut se rappeler, d'autre part, que le genre *Scalaria* offre un grand nombre d'espèces qui, avant les travaux de Harmer (HARMER [2]. Pliocene Mollusca of Gr. Br., vol. II, Pt. I, 1920, p. 527-558, étaient souvent peu nettes. (GIGNOUX *loc. cit.*, p. 566). La *Sc. pulchella* d'Ostende, n'est-elle pas identique à *Sc. chlathratula* elle-même douteuse de Lefinghe ? (NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ. Eem-Zonerne, p. 217-218.

(6) DOLLFUS [2]. Quat. d'Ostende, p. 8.

(7) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 569.

(8) DAUTZENBERG et FISCHER [1]. Mollusques ouest de l'Afrique. Resultats Campagnes Albert I^{er}, fasc. XXXII, 1906, p. 60.

(9) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 577.

(10) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Mollusques St-Malo, p. 41.

Dentalium (Antalis) striolatum Stimpson. — C'est une forme arctique connue dans les mers glaciales du Nord de l'Asie, autour du Groënland et du Spitzberg, à des profondeurs dépassant généralement 100 m. (1).

Dans l'ensemble, la faune du niveau inférieur d'Ostende est boréo-lusitanienne. Elle diffère de la faune actuelle du littoral flamand par l'absence de quelques-uns des types caractéristiques du littoral de la Mer du Nord actuelle tels que *Mya arenaria*, *Mya truncata*, *Zirphæa crispata*; *Purpura lapillus*, *Scalaria communis*, et en revanche par la présence de types étrangers : *Scalaria pulchella* Bivona (?) qui est méditerranéen, *Odostomia unidentata* var. *ampla* Dollfus et *Dentalium striolatum* Stimpson qui sont deux formes arctiques très accentuées.

On n'a aucune raison pour affirmer que les deux dernières sont remaniées après avoir été arrachées à des formations anciennes aujourd'hui disparues.

En accord avec le caractère lithologique du dépôt, l'ensemble de la faune indique une formation littorale (plage sableuse ou banc sableux) formée soit dans la zone de balancement des marées, soit sous une tranche d'eau de quelques mètres seulement (2).

Le caractère archaïque de la faune qui vient d'être étudiée, la situation profonde des couches qui la contiennent, m'engagent à séparer celles-ci du reste de la masse flandrienne sous le nom d'*assise d'Ostende*.

B) *Couches inférieures de Leffinghe, Middelkerke (Petit-Crocodile), Flessingue* (entre 15 m. et 25 m. de profondeur). Je groupe ici les couches de Leffinghe, de Petit-Crocodile, de Flessingue, qui sont situées entre 15 et 25 mètres de profondeur environ, c'est-à-dire un peu plus haut que les couches d'Ostende précédemment décrites. Leur faune est d'ailleurs littorale boréo-lusitanienne, avec rares formes arctiques, de même que la faune d'Ostende.

J'insisterai particulièrement sur les espèces suivantes :

Zirphæa crispata L. J'ai déjà attiré l'attention plusieurs fois sur la grande Pholade boréale, si abondante dans les blocs de craie rejetés sur le cordon littoral actuel de Sangatte ou inclus dans le banc des Pierrettes.

C'est une forme nettement boréale connue dans la mer du Nord (Norvège, Danemark, Flandre) autour des Iles Britanniques et dans la Manche orientale. Plus au S. elle est très rare ; elle ne paraît guère avoir été trouvée au S. de la Loire. Dans l'Atlantique elle est encore connue sur la côte S. et S.-W. de l'Irlande, et sur la côte de l'Amérique du Nord

(1) BRÖGGER [1] Senglaciale og postglaciale nivaforandringer, p. 122-123.

(2) Cette donnée exclut la possibilité de considérer les couches inférieures d'Ostende comme un dépôt d'eau profonde formé lors de la fixation de la ligne de rivage à des niveaux plus élevés que la ligne de rivage actuelle. D'ailleurs la faune ne rappelle ni la faune à caractère d'ensemble boréal du Sicilien, ni la faune à caractère d'ensemble lusitanien du Tyrrhénien. Aucun caractère net ne permet davantage de faire correspondre les sables inférieurs d'Ostende aux couches de base des séries transgressives de l'un de ces étages ou des étages Milazzien ou Monastirien. Leurs relations stratigraphiques sont celles d'une formation de base du Flandrien délimitée conformément à la définition donnée plus haut. Il n'y a donc pas lieu de disjoindre les bancs inférieurs d'Ostende de la série flandrienne.

jusqu'en Caroline du Sud (1).

Elle n'a jamais été signalée dans les mers arctiques : ainsi elle est inconnue sur les côtes du Groënland, du Spitzberg, de la mer de Kara, du Nord de l'Asie.

A l'état fossile elle est bien représentée dans le tertiaire d'Angleterre, à partir du Gedgravien (Coralline crag). Elle est fréquente dès le Waltonien (Red crag). Elle se retrouve ensuite dans la plupart des dépôts préglaciaires, glaciaires, interglaciaires et post-glaciaires jusqu'à nos jours (2).

Dans la région de Christiania elle est connue dans toutes les couches plus récentes que les derniers dépôts glaciaires (Yngre arcaler = senlacial supérieur).

En Danemark, elle est citée à l'état de rareté dans les couches marines de Vognsbøl, puis toujours à l'état rare dans l'Eemien (à Stengsimose seulement). Elle réapparaît, rare, dans les couches dépendant de la dernière poussée glaciaire et pullule soudain dans l'assise dite à *Zirphæa*. Elle reste ensuite commune dans l'assise à Tapes et les couches à Mya, jusqu'à l'époque actuelle (3).

En Flandre, elle n'a pas été signalée avec certitude dans les dépôts monastiriens de Sangatte ; elle se montre dans les couches de Leffinghe, et, ainsi que je l'ai signalé plus haut, devient fréquente dans les bancs littoraux des Pierrettes qui sont un peu plus élevés dans la série flamandaise, pour pulluler à l'époque actuelle.

Mya truncata L. Cette espèce (y compris sa variété *uddevallensis* Hancock)(4) est une forme essentiellement arctique, circumpolaire, particulièrement commune (5) sur les côtes de la Laponie, de la Norvège, du Spitzberg, de l'Islande ; elle est fréquente dans les détroits de Davis et de Behring, dans la Baltique, la mer du Nord et les mers anglaises, dans la Manche orientale (le long des côtes boulonnaises et picardes). Elle est plus rare déjà sur le littoral N. de la Bretagne et sur les côtes atlantiques françaises (littoral du Poitou golfe de Gascogne) ; plus au sud, elle est tout à fait exceptionnelle : elle a été draguée par le « Talisman » au cap St-Vincent par 36 mètres de profondeur et dans le golfe de Cadix par 103 mètres. Elle est inconnue dans la Méditerranée (6).

(1) WOOD. Crag mollusca, vol. II, p. 293-296, pl. XXX, fig. 9, suppl. ; vol. III, p. 165 ; — DAUTZENBERG et FISCHER [2] Mollusques. Campagnes Albert I^{er}, fasc. XXXVII. 1912, p. 9 ; — LOË et RAEYMACKERS. Rech. malac. embouch. de la Somme, p. XLIII ; — BRÖGGER [1] Senglacial og Postglacial Nivafor., p. 226, fig. 22 ; — DAUTZENBERG [3]. Atlas coquilles côtes de France, p. 61 ; — NORDMANN [5]. Vognsbøl, p. 13 ; — BELTREMIEUX signale *Z. crispata* avec doute sur la côte de la Charente-Inférieure, (BELTREMIEUX Faunes Charente-Inférieure p. 409).

(2) WOOD. *loc. cit.*

(3) NORDMANN [5] Vognsbøl, p. 9, p. 12 ; — NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ, Eem-Zonerne, p. 256 ; — NORDMANN in JESSEN, MILTHERS, NORDMANN, HARTZ, HESSELBO. Skærfumhede, p. 150 ; — AXEL JESSEN [4]. Vendsyssels Geologi, p. 242-252.

(4) Plus fréquents dans les mers arctiques que le type. Voir de bonnes figures de cette variété à valves très courtes dans : WOOD. Crag Mollusca, II, pl. XXVIII, fig. 1 c ; — BRÖGGER [1] Senglacial og Postgl. Nivafor., fig. 24.

(5) WOOD. Crag Mollusca, II, p. 279 ; — DAUTZENBERG et FISCHER [2] Mollusques campagne Albert I^{er} fasc. XXXVII, p. 514 ; — LOË et RAEYMACKERS. Rech. malac. embouch. de la Somme, p. XLIII ; — DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3] Mollusq. baie de Saint-Malo, p. 61 ; — BELTREMIEUX. Faunes Charente-Inférieure, p. 410 ; — LOCARD [3]. Expéd. Travailleur et Talisman, p. 159 ; — GIGNOUX. Formations marines, p. 450.

(6) Les *Mya truncata* draguées au Cap Creus (PRYOR et ROBERT. Gisement sous-marin Cap Creus) par 200 m. de profondeur proviennent d'un gisement fossilifère sous-marin d'âge sicilien. (GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 340).

Son habitat bathymétrique s'étend entre 0 à 700 mètres.

A l'état fossile, elle est citée en Angleterre dès le Gedgravien (Coralline crag) dans les différents dépôts pliocènes et quaternaires (1).

Dans la région de Christiania *Mya truncata* et sa variété *uddevallensis* sont connues dans les couches marines glaciaires postérieures et postglaciaires, jusque dans les dépôts les plus récents ; elles abondent surtout dans différents bancs à *Mya* que l'on trouve à plusieurs niveaux dans l'ensemble de ces formations (2).

En Danemark elle est signalée dans les couches à *Yoldia* d'Esbjerg, les couches de Vognsbøl, dans l'Eemien, dans toute la série de Skærumhede, dans le Senglacial, l'assise à *Zirphæa crispata*, les couches à *Tapes* et à *Mya arenaria* jusque dans les dépôts actuels (3).

En Belgique elle est connue dès les couches à *Isocardia cor.* (Casterlien-Gedgravien) (4)

En Méditerranée elle est connue dans les dépôts à faune froide plio-pleistocène (Calabrien-Sicilien). Elle a disparu de la Méditerranée après le Sicilien (5).

En résumé la *Mya truncata* est une espèce peu caractéristique tant au point de vue climatique qu'au point de vue stratigraphique. Ce n'est que lorsqu'elle est très abondante et surtout lorsqu'elle est représentée par sa variété *uddevallensis* qu'elle caractérise des dépôts de mers boréales ou arctiques.

Saxicava arctica L. — Je ne mentionne cette espèce, à laquelle je joins les différentes sous-espèces ou variétés qu'on y a distinguées (*S. rugosa*, *S. pholadis*), que pour rappeler son peu d'intérêt stratigraphique et climatique. Cette espèce est connue non seulement dans les mers arctiques et boréales d'Eurasie et d'Amérique, mais également dans les mers tempérées et chaudes (Méditerranée, Açores, Ste-Hélène, cap de Bonne-Espérance), à des profondeurs variant de 0 à 1.300 mètres (6).

On la trouve à peu près dans toutes les formations pliocènes, préglaciaires, glaciaires et interglaciaires, postglaciaires et actuelles d'Europe.

Sa présence n'est digne d'attention que lorsqu'elle pullule en compagnie de formes arctiques telles que les *Portlandia*. La présence simultanée de *Portlandia arctica*, *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica* en grande abondance, indique nettement un dépôt de mer glaciaire. Ce n'est pas le cas ici.

Trophon clathratus Montfort. — Signalée à Leffinghe avec doute. C'est une forme arctique à vaste répartition géographique circumpolaire (mers sibériennes, mer de Kara, Novaïa Zemlia, terre François-Joseph, Laponie russe, Norvège, Feroë, Islande, Groënland, Labrador, mer de Behring). Elle s'étend, au Sud de la partie septentrionale de la mer du Nord, jusque sur les côtes danoises et anglaises ; de même on la trouve sur les rivages du N. du Japon.

(1) WOOD. Crag Mollusca, II, p. 278, pl. XXVIII, fig. 1 ; supp. p. 163.

(2) BRØGGER [1]. Senglac. og postglac. Nivafor., p. 229-230, p. 633.

(3) AXEL JESSEN [6] Korbladet Varde, p. 51 ; — NORDMANN [5]. Vognsbøl, p. 9, p. 11 ; — NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ, Eem-Zonerne, p. 256 ; — NORDMANN in JESSEN, MILTHERS, NORDMANN, HARTZ, HESSELBO. Skærumhede, p. 148 ; — AXEL JESSEN [4]. Vendsyssels Géologi, p. 243-251.

(4) MOURLON [1]. Géol. Belgique, II, p. 223.

(5) GIGNOUX. loc. cit., p. 450.

(6) DAUTZENBERG et FISCHER [2]. Mollusques Mers du Nord, Campagnes scientifiques, fasc. XXXVII, p. 510.

A l'état fossile elle est connue au pliocène depuis le Coralline crag, et se retrouve dans la plupart des dépôts quaternaires de nos contrées septentrionales (1).

Woodia digitaria L. — Ce type qui ne paraît pas représenté actuellement sur nos côtes flamandes est connu sur les côtes atlantiques, du golfe de Gascogne à la région marocaine ; il existe également dans la Méditerranée (2).

Lucina (Divaricella) divaricata L. — Cette espèce habite actuellement la mer de Marmara, la Méditerranée, les rivages atlantiques depuis les Canaries jusqu'aux côtes anglaises de la Manche, d'une part, et, d'autre part, dans la mer du Nord, le littoral français jusqu'aux environs de Dunkerque seulement. A ma connaissance elle n'a pas été signalée à l'état vivant plus au Nord. Toutefois des coquilles en ont été draguées jusqu'à 18 km 500 au N. N.-O. d'Héligoland. (3) Son habitat s'étend depuis la zone des zostères jusqu'à la profondeur de 200 mètres environ.

Cardium exiguum Gm. — C'est un type boréal remarquablement abondant dans les crags littoraux de l'assise à *Tapes* en Danemark. Il est connu également dans les dépôts eemiens.

Cardium papillosum Poli. — Cette espèce est connue de la Manche au golfe de Guinée ainsi qu'en Méditerranée où elle affectionne les fonds de 4 mètres (4).

Tapes (Pullastra) aureus Gm. — Comme tous les *Tapes* actuels d'Europe autres que *T. rhomboides*, c'est un type littoral (5) ; on le trouve en Méditerranée et le long de nos rives atlantiques de l'Angleterre au Sénégal (6). Il n'existe plus actuellement sur les côtes danoises et flamandes ; on sait pourtant qu'il a été extrêmement commun dans la région danoise à l'époque de la mer à Littorines (assises à *Tapes*).

Tapes senescens Doderlein = *Tapes aureus* var. *eemiensis* Nordmann = *Tapes Dianæ* Requier. — Le *T. senescens* Doderlein est une espèce du Pliocène d'Italie représentée dans le quaternaire de la Méditerranée par la forme *Cytherea Dianæ* Requier (7) = *Tapes Dianæ* Locard à peine différent du type pliocène et dans l'Eemien du Nord de l'Europe par la forme que M. Nordmann a dénommée *T. aureus* var. *eemiensis*. Cette espèce et ses différentes formes représentatives sont actuellement éteintes.

Cette espèce a été reconnue à Flessingue ; mais elle n'y est représentée que par de rares exemplaires peu typiques, et quelques fragments roulés. Comme d'autre part M. Nordmann (8) n'a reconnu dans ce gisement aucune autre espèce caractéristique de l'Eemien, il estime qu'elle s'y trouve à l'état remanié.

Pecten glaber L. et *P. flexuosus* Poli. — Ce sont deux espèces du groupe *Chlamys*, très

(1) HARMER [2]. Pliocène Mollusca. Part. I, 1914, p. 127.

(2) LAMOTHE [2]. Faune de la ligne de rivage de 148 m., 1903, p. 137.

(3) NORDMANN in MADSEN, NORDMANN et HARTZ. Eem-Zonerne, p. 136

(4) DAUTZENBERG, BUCQUOY, DOLLFUS. Mollusques du Roussillon ; — DOLLFUS [3]. Quaternaire marin Sénégal p. 59.

(5) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 444.

(6) DOLLFUS [3]. Quaternaire marin Sénégal, p. 54.

(7) GIGNOUX. Formations marines, p. 442-443, pl. XV, fig. 17-18 ; — NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ. Eem-Zonerne, p. 156, fig. 25, pl. XI, fig. 1-8.

(8) NORDMANN. *loc. cit.*, p. 218.

voisines, et d'habitat essentiellement méditerranéen, bien qu'on ait pu les observer à l'état de rareté au Portugal et à Madère. A l'état fossile, *P. flexuosus* a été signalé en compagnie de nombreuses autres formes méditerranéennes à Selsey, Bill près Portsmouth, dans des formations qui semblent en conséquence, devoir être attribuées au Tyrrhénien (1). On peut donc se demander avec M. Nordmann (2) si à Leffinghe et Middelkerke ces deux espèces ne proviennent pas de formations quaternaires ou pliocènes démantelées par la mer flandrienne en particulier des dépôts tyrrhéniens ou eemiens connus aux Pays-Bas et, semble-t-il à Ghyvelde.

Phasianella pullus L. a un domaine qui s'étend des côtes anglaises au Maroc et aux Canaries, englobant la Méditerranée (3).

Cyclostrema serpuloides Montagu. Les Cyclostrema sont des formes de grande profondeur (4). On drague *C. serpuloides* dans les fonds de la Manche occidentale. Mais on le rencontre à l'état de coquilles rejetées sur le cordon littoral ou le sable de plage sur la côte N. de Bretagne par exemple (5).

Dans l'ensemble, la faune des couches inférieures de Leffinghe, Middelkerke, Flessingue est nettement littorale. C'est une faune boréo-lusitanienne au même titre que celle des couches profondes d'Ostende. La proportion d'éléments lusitaniens est toutefois un peu plus forte dans les trois gisements considérés (60 à 75 %) que dans le gisement d'Ostende (55 % environ) ; de plus on n'y trouve pas de forme hautement arctique telle que *Dentalium striolatum* signalé à Ostende ; en outre on voit apparaître des types très communs actuellement sur les côtes flamandes et non signalés à Ostende, tels *Mya truncata*, *Zirphæa crispata*, différents *Tapes*, *Solen ensis*, *Pecten opercularis*, *Purpura lapillus*, des différentes *Nassa*, *Scalaria communis*, *Littorina littorea*, *Buccinum undatum*.

On retiendra que, aussi bien dans les couches de base d'Ostende que dans celles de Leffinghe, Middelkerke, Flessingue on n'observe pas *Mya arenaria* si commune sur le littoral actuel de la Flandre.

En résumé, il y a lieu de retenir que dans la partie inférieure des formations flandriennes de la Flandre maritime on observe une faune marine littorale boréo-lusitanienne qui, dans la répartition de ses éléments, diffère légèrement de la faune actuelle du littoral flamand. On y reconnaît quelques types très étrangers à cette faune actuelle, en particulier *Corbicula fluminalis* sur lequel je reviendrai plus loin. On trouve dans ces couches quelques types méditerranéens, sans qu'on puisse préciser s'ils y sont *in situ* ou remaniés.

D'une façon générale la faune d'abord assez froide vers l'alt. —30 devient plus chaude vers l'alt. — 20 à — 15 en même temps qu'elle tend à se rapprocher davantage de la faune actuelle du rivage flamand.

(1) DEPÉRET [1]. Coordination générale, C. R. t. 167, 1918, p. 979, extr p. 4.

(2) NORDMANN. *loc. cit.*, p. 217-218.

(3) DOLLFUS [3]. Quaternaire marin Sénégal, p. 42.

(4) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 379.

(5) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Mollusques de la Baie de Saint-Malo, p. 42.

Les couches étudiées à Ostende, Leffinghe, Middelkerke, Flessingue et situées plus bas que l'alt. — 15 peuvent être ainsi groupées en une assise qu'il sera commode de désigner sous le nom d'*assise d'Ostende*.

II. ASSISE DE CALAIS. — *Couches moyennes d'Ostende et de Coquelles*. (Entre 1 à 2 mètres et 15 à 20 mètres de profondeur).— Les couches moyennes d'Ostende et de Coquelles (sables gris bleu) ont une faune assez voisine de la faune actuelle et très appauvrie par rapport à celles des couches plus profondes qui viennent d'être décrites. Cet appauvrissement est lié à la nature des sédiments qui, au lieu d'être littoraux ou sublittoraux, sont nettement poldériens (et même parfois tourbeux). *Cardium edule*, *Scrobicularia piperata*, *Hydrobia ulva*, *Tellina balthica*, cette dernière généralement de petite taille et à test très mince, vont dominer dans le bassin de sédimentation flamand jusqu'au sommet des couches les plus récentes. *Mya arenaria* n'est pas encore signalée.

La pauvreté de la faune rend difficile l'établissement de caractères paléontologiques positifs de cette zone. Toutefois la masse principale du banc littoral des Pierrettes, qui a la même position topographique que les couches envisagées ici, en représente le faciès littoral, qui est caractérisé (ainsi que je l'ai déjà mis en relief par *Ostrea edulis* L. de grande taille et *Zirphæa crispata* L.

En résumé les sables littoraux des Pierrettes à Calais, les sables gris bleu de la plaine maritime, qui se trouvent entre l'altitude zéro environ et une altitude voisine de — 15, sont caractérisés par une faune pratiquement identique à la faune actuelle, avec *Zirphæa crispata* et *Ostrea edulis*, mais sans *Mya arenaria*.

Je propose de désigner cette masse sous le nom d'*assise de Calais*, puisque c'est près de cette ville que l'assise y possède ses caractères paléontologiques les plus typiques (cordon littoral des Pierrettes). On pourra noter que cette assise correspond approximativement dans le Nord de la France au Néolithimétallique.

III. ASSISE DE DUNKERQUE. — *Sables à Cardium, argiles de polders à Scrobicularia historiquement datés (III^e-XIII^e siècles)*.

Ce sont les dépôts formés au cours des dernières phases de la transgression marine flandrienne, qui sont datés historiquement (III^e-VIII^e siècles, XIII^e siècle) : sable à *Cardium* ; argile des polders ; et, peut-être, partie supérieure du banc des Pierrettes sur son bord N. près de Calais.

Dans cette faune, *Mya arenaria* attire plus particulièrement l'attention.

Mya arenaria L. Cette espèce offre au point de vue de l'histoire des plus récentes modifications de notre faune marine un intérêt considérable.

C'est une espèce essentiellement boréale.

Elle est rare dans la partie méridionale des mers glaciales (Laponie, Novaïa Zemlia, mer d'Okhost) et abonde au contraire dans toute la mer du Nord, dans les fjords danois, dans les mers anglaises, sur le littoral flamand et picard, dans les baies vaseuses de la Bretagne (région du Croisic), sur la côte poitevine, dans le golfe de Gascogne et d'une façon générale sur les rivages de l'Atlantique septentrional.

Dans la Méditerranée elle a été découverte il y a peu de temps seulement près de Toulon.

Sur les côtes des États-Unis on peut la suivre jusque vers le 40^e degré de latitude N. On l'observe aussi au Japon.

Elle gîte généralement au niveau des basses eaux.(1)

A l'état fossile elle est connue en Amérique dans le Miocène de Virginia et de Massachusetts. Inconnue dans le Pliocène des côtes atlantiques des États-Unis, elle réapparaît dans les formations quaternaires et récentes de la Nouvelle-Ecosse, jusqu'à la Caroline du Sud ; elle est fréquente dans les couches de Talbot (2).

En Angleterre, elle apparaît dans le Red crag (Waltonien) et s'observe dans diverses couches marines pliocènes et quaternaires jusqu'aux dépôts récents (3). Mais en ce qui concerne la fin des temps quaternaires, son histoire ne paraît pas encore avoir été nettement éclaircie.

En Danemark, elle est citée avec doute dans les couches glaciaires de la dernière glaciation, mais (4) on ne la connaît dans aucune formation géologique danoise après-glaciaire avant l'époque historique.

Il en est de même dans le fjord de Christiania (5). Ainsi *Mya arenaria* a immigré dans la région scandinave au cours de la phase d'émersion qui a suivi le « Litorinasænkning », au début de l'époque historique scandinave (fin de l'âge du fer) (6).

Dans le Nord de la France, il est intéressant de noter que, de même qu'en Scandinavie, elle n'est signalée dans aucune formation quaternaire ; je ne l'ai observée dans aucun dépôt profond de la Plaine maritime.

Au contraire elle existe, parfois en abondance, dans les couches très récentes qui terminent la série de formations quaternaires dans la Plaine maritime aussi bien celles qui se sont constituées au cours des dernières phases historiques de la transgression flandrienne que celles qui se sont formées depuis le XIII^e siècle dans les polders conquis par l'homme sur le domaine marin.

Debray en a récolté de très beaux exemplaires au cours de travaux effectués à Dunkerque, dans les dépôts argileux actuels, et à Rosendaël dans les sables argileux qu'il y a lieu de rapporter aux couches d'âge franc ou médiéval.

Je n'ai pas pu recueillir de documents précis relatifs aux gisements respectifs de *Mya arenaria* et des dépôts archéologiques gallo-romains, de sorte que je ne puis dater histori-

(1) WOOD. Crag mollusca, II, p. 289 ; — BRÖGGER [1]. Senglac. og Postgl. Nivafor., p. 605-609, fig. 64 ; — DORSMAN, De Schelpen van ons strand, p. 122-123 ; — VERHAS. Coq. litt. belge, p. 49, fig. 66 ; — TERQUEM Anim. viv. plage Dunkerque ; — DELÉPINE et LEBEAU. Littoral français Mer du Nord, p. 10 ; — LÔE et RAHYMAECKERS. p. XLIII ; — FERRONNIÈRE [1]. Zones supra littorales Loire-Infér., p. 34 et suivantes ; — BELTREMIEUX. Faunes Charente-Inférieure, p. 410 ; — VLÈS. Sur la présence de la Mye dans la Méditerranée. Bull. Inst. Océanogr. de Monaco no 94, 1907, in GIGNOUX Form. marines, p. 450.

(2) CLARK in SHATTUCK, BURBANK, CLARK... Maryland Geol. Surv. Pliocene and Pleistocene, p. 194, pl. LIII, fig. 5-6 ; pl. XLV, fig. 1-4.

(3) WOOD. Crag mollusca II, p. 279-280, pl. XXVIII, fig. 2, supp., p. 162.

(4) NORDMANN in JESSEN, MILTHERS, NORDMANN, HARTZ, HESSELBO. Skærumhede, 152 ; p. 150.

(5) BRÖGGER [1]. Senglac. og Postgl. Nivafor., p. 605-609, fig. 64.

(6) NORDMANN [4]. Reindeer and Beaver ; voir le tableau chronologique joint à ce travail.

quement l'époque d'apparition de *Mya arenaria* dans le Nord. Il est en tout cas certain qu'elle est particulièrement fréquente dans les dépôts d'âge historique postgallo-romains des environs de Dunkerque, au point qu'elle peut servir à les caractériser paléontologiquement ; si elle existe dans les dépôts antérieurs aux temps gallo-romains, elle y est certainement très rare.

Ainsi on observe ici un fait identique à celui qui a été mis en relief en Scandinavie. Il est remarquable qu'il en est de même en Méditerranée : M. Gignoux n'a pu rencontrer aucune *Mya arenaria* fossile, alors que cette espèce existe à Toulon à l'état vivant (1).

Un fait parallèle est fourni de nos jours par *Petricola pholadiformis* Lamk dont l'immigration sur les côtes flamandes est toute récente, fin du XIX^e siècle (1899) et a été suivie par de nombreux observateurs (2).

Il existe donc, dans l'ensemble de la faune marine quaternaire de la Flandre, une zone paléontologique à *Mya arenaria*, la plus récente de toutes, qui correspond au point de vue stratigraphique aux couches historiques franques et médiévales de la plaine maritime, que je propose de réunir sous le nom d'assise de Dunkerque, parce que cette *Mya arenaria* est particulièrement abondante dans les argiles poldériennes aux environs de cette ville.

Les dépôts postérieurs au XIII^e siècle et actuels font encore partie de la zone paléontologique à *Mya arenaria*, et il n'est pas possible, à ce point de vue, de séparer l'« actuel » de toutes les autres couches géologiques et en particulier de l'assise de Dunkerque telle que je viens de l'établir.

§ 4. — REMARQUES RELATIVES A LA PRÉSENCE DE *CORBICULA FLUMINALIS* DANS LES COUCHES DE LA BASE DU FLANDRIEN.

On a déjà beaucoup discuté sur la signification climatique et la répartition géologique de *Corbicula fluminalis* Müller. On s'est même quelquefois servi de cette espèce pour synchroniser des couches qui avec le progrès de nos connaissances sur la stratigraphie du quaternaire nous apparaissent maintenant très distinctes.

MM. Dollfus et Rutot (3) ont rédigé d'importantes notes relatives à la répartition géographique et géologique de cette espèce.

On sait que cette *Cyprina* est actuellement connue en Algérie, dans le Nil, l'Euphrate, dans les cours d'eau du Liban, de Géorgie, de Perse, du Kachmir et du Turkestan, ainsi que dans l'Afrique du Sud (4). On en a déduit qu'elle était caractéristique des climats tempérés chauds.

En fait, on la voit apparaître dans le Red Crag (Newbournien) (4) et se multiplier dans les crags anglais qui sont à la limite du pliocène et du quaternaire et dont la faune n'est

(1) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 450-451.

(2) WÉRY (Excurs. J. MASSART). Littoral belge, 1906, p. 51 ; — VERHAS. Coquilles litt. belge, 1912 p. 45 ; — DORSMAN. Schelpen van ons strand, 2^e éd., 1915, p. 120 ; — DELÉPINE [5]. Phén. actuels plage Dunkerque 1921. p. 191.

(3) DOLLFUS [2]. Terrain quatern. et *Corbicula fluminalis*. B. Soc. Malac Belg., t. XIX, 1884 ; RUTOT [10]. Position de *Corbicula fluminalis*, B. S. belge Géol. Hyd. Pal., t. XIV, 1900, Mém. p. 1-2, 7 fig.

(4) HARMER. [2] Pliocene Mollusca of Great Britain ; Pt. I, 1914, p. 40.

pas particulièrement chaude, puisqu'on trouve dans ces crags de nombreux types boréaux, tels que *Cyprina islandica* L., *Tellina (Macoma) balthica* L., *Lucina borealis* L., *Purpura lapillus* L., ou arctiques tels que *Astarte borealis* Chem., *Mya truncata* L., *Saxicava arctica* L., *Cardium groënlandicum* Chem., pour ne citer que quelques formes les plus typiques (1).

Dans les différents bancs du Cromérien *Corbicula fluminalis* Müller est accompagnée par des mollusques boréaux et quelques rares mollusques lusitaniens, et, entr'autres Mammifères, par *Elephas meridionalis* Nesti (mutation *cromerensis* Depéret et Mayet), *E. antiquus* Falc., *E. primigenius* Blumenb (variété ancienne), *Miomys intermedius* Newton, *Trogontherium Cuvieri* Owen, *Hippopotamus major* Owen, *Rhinoceros etruscus* Falconer, *Equus Stenonis* Cocchi, *Machairodus* sp., qui sont des formes caractérisant la faune chaude du début du quaternaire. Mais on ne doit pas oublier que dans le Forest bed on a signalé aussi *Gulo borealis* L. et *Ovibos moschatus* Zimm. qui sont des formes arctiques.

Dans les terrasses fluviatiles de la Tamise (Erith), d'Hofstade en Brabant belge, de l'Oise (Cergy), de la Marne (Vitry-le-François), de la Saône, le gisement de *Corbicula fluminalis* paraît se trouver tantôt en compagnie de la faune chaude à *E. antiquus*, plus souvent en compagnie de la faune froide à *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus*. (2) Dans la vallée du Tibre, près de Rome, *Corbicula fluminalis* accompagne l'Hippopotame ; à Teutschenthal (Saxe), *Corbicula fluminalis* fait au contraire partie de la faune froide à *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus* (3).

On a récolté *Corbicula fluminalis* en Sibérie (Omsk, région de l'Obi) en même temps que *E. primigenius* (vraisemblablement race *sibiricus*), *Rh. tichorhinus* qui sont eux-mêmes associés à des éléments de toundra (4).

Je rappelle enfin que les dépôts eémiens de l'Europe septentrionale, qui sont des dépôts interglaciaires les plus chauds qu'on y connaisse, n'ont pas livré encore de *Corbicula fluminalis* (5).

Il résulte de cet aperçu que la *Corbicula fluminalis* n'est nullement un type caractéristique de la faune chaude quaternaire, c'est une espèce eurymétherme qui, à elle seule, ne peut fournir aucune indication thermique ni stratigraphique.

Corbicula fluminalis dans le Nord de la France et en Flandre belge.

Dunes internes de Ghyvelde. — M. Bouly de Lesdain a trouvé à Ghyvelde *Cyrena fluminalis* en même temps que des mollusques lusitaniens de faune chaude (dont quelques types nettement méditerranéens). Je reviendrai ultérieurement sur ce gisement que j'attribue avec doute au Tyrrhénien.

Vallée de la Somme, près d'Abbeville. — A Menhecourt et à Mautort, Prestwich puis Lyell ont trouvé *Corbicula fluminalis* dans un dépôt fluvio-marin qui n'est plus visible

(1) REID [1] Geol. of the Country around Cromer, 1882, tableau p. 62-8).

(2) DOLLFUS [2], *loc. cit.*, p. 15-19 ; — LAVILLE in RUFOT [10], *loc. cit.*, p. 8-15.

(3) VAN KOENEN in DOLLFUS [2], *loc. cit.*, p. 19.

(4) cf. V. V. MARTENS in DOLLFUS [2], *loc. cit.*, p. 21 — TSCHERSKI in JAMES GEIKIE, Great Ice age, 3^e édition p. 704.

(5) NORDMANN in MADSEN, NORDMANN, HARTZ, Eem Zonerne, p. 126, résumé, p. 282.

aujourd'hui et dont la position a été longtemps discutée. Dans un chapitre ultérieur, je m'occupe spécialement de cette formation fluvio-marine; je me bornerai donc à signaler ici qu'elle doit être classée dans le Monastirien (à faune froide), et ce qui vient d'être dit sur le manque de caractère climatique de la *Corbicula fluminalis* n'oblige nullement, comme on l'a quelquefois fait, à admettre que ce fossile se trouve à l'état remanié dans les couches de Menchecourt.

Mer du Nord. — *Corbicula fluminalis* a été draguée dans la mer du Nord, dans des conditions de gisements analogues à celles des ossements de Mammoth (1) (variété récente sibérienne).

Base du Flandrien en Flandre. — Il reste à considérer le gisement le plus récent de la *Corbicula fluminalis*, qui se trouve dans la partie inférieure du Flandrien, à Ostende, à Leffinghe, au Petit-Crocodile, ainsi qu'à Termonde (carte Géol. Belgique n° 57, Termonde-Puers, 1894 par Mourlon) dans les couches que je désigne sous le nom d'assise d'Ostende. Ici encore l'opinion maintes fois défendue, d'après laquelle *C. fluminalis* se trouverait à l'état remanié dans ces couches, n'est basée sur aucune preuve démonstrative.

Je ne puis voir une simple coïncidence dans le fait que *C. fluminalis* a presque toujours été trouvée vers la base de la série flandrienne et justement dans des couches de situation similaire à celles qui, à Coquelles et dans la mer du Nord, ont fourni *E. primigenius* (race froide évoluée), compagnon habituel de *C. fluminalis* dans le quaternaire de Sibérie. Je considère que la partie inférieure du Flandrien est le gisement propre de la *C. fluminalis* au même titre que les dépôts quaternaires plus anciens.

Conclusion : Migrations de la Corbicula fluminalis.

La *Corbicula fluminalis* est apparue dans nos régions vers la fin des temps pliocènes en même temps que les types boréaux et arctiques dont l'immigration a coïncidé avec le refroidissement général qui a marqué la période de transition entre le pliocène et le quaternaire.

Elle y a vécu pendant presque toute la durée du quaternaire, sans paraître avoir subi le contre-coup des différentes variations de climat qui ont pu s'y faire sentir. Elle s'est accommodée en particulier de la période chaude correspondant au Tyrrhénien, puis à nouveau de la période de refroidissement qui s'est manifestée au Monastirien et paraît s'être accentuée ensuite. Elle est restée établie dans nos contrées au début du Flandrien (en même temps que le Mammoth sibérien).

Elle semble avoir disparu du Nord de l'Europe à peu près en même temps que le Mammoth, et est restée cantonnée dans certains fleuves des régions tempérées chaudes où elle vit encore.

§ 5. — SUBDIVISIONS DU FLANDRIEN.

Il résulte des considérations fauniques précédentes que la masse flandrienne peut être subdivisée de la façon suivante :

(1) HARMER *loc. cit.*, p. 40.

3. — *Flandrien supérieur (assise de Dunkerque)* avec faune actuelle (*Mya arenaria*) (au voisinage du niveau marin actuel).
2. — *Flandrien moyen (assise de Calais)* à faune très voisine de la faune actuelle: *Zirphæa crispata*, *Ostrea edulis* dans les dépôts littoraux (entre les altitudes 0 et -15 environ).
1. — *Flandrien inférieur (assise d'Ostende)* à faune riche en types émigrés (*Corbicula fluminalis*) (entre les alt. -15 et -30 environ).

Limons d'Ostende et Tourbe de Coquelles. Entre l'assise d'Ostende et l'assise de Calais, à une altitude voisine de -15 ou -20, on peut observer à Ostende, Coquelles, Calais, un banc de limon ou de tourbe qui correspond à une phase d'arrêt importante de l'oscillation positive flandrienne principale, peut-être même à une légère oscillation négative accessoire. A Ostende c'est un banc limoneux assez épais, à Coquelles et Calais un banc tourbeux. Je placerais ce banc limite à la partie supérieure de l'assise d'Ostende.

Couches d'estuaire de Coquelles. A Coquelles des couches d'estuaire à *E. primigenius* sont situées sous le banc tourbeux limite dont il vient d'être question. La situation stratigraphique et topographique de ces couches, la présence d'*E. primigenius* conduisent à attribuer les couches d'estuaire de Coquelles à l'assise d'Ostende.

Subdivisions du Flandrien en Flandre

Assise de Dunkerque	Dépôts actuels.			Mya arenaria	Zirphæa crispata, Mya truncata
	Sables marins (XIII ^e siècle). Sol médiéval.				
Assise de Calais	Dépôts poldériens et marécageux (sable gris bleu, argiles de polder, tourbes néolithiques).		Cordon littoral des Pierrettes	?	?
	Sables marins (du III ^e au VIII ^e siècle) Sol gallo-romain.				
Assise d'Ostende	Sables de Leffinghe à Corbicula	Limon d'Ostende Sable d'Ostende à Corbicula	Tourbe profonde de Coquelles Argile d'estuaire de Coquelles (à <i>E. primigenius</i>)	?	Corbicula fluminalis.

Cordon littoral des Pierrettes. Le cordon littoral des Pierrettes, installé en certains points sur le banc tourbeux limite et qui a provoqué, par sa présence, le dépôt des tourbes néolithimétalliques du Calaisis postérieur (de l'assise de Calais), appartient ainsi lui-même à l'assise de Calais dont il représente le facies littoral.

Je me suis demandé plus haut si, près de son extrémité orientale et contre son bord antérieur marin, les couches les plus élevées du banc des Pierrettes n'étaient pas d'âge historique. Le fossile caractéristique de l'assise de Dunkerque *Mya arenaria* n'a pas été signalé dans ces couches ; mais cette espèce qui vit dans la vase est rare dans les dépôts littoraux. La paléontologie ne permet donc pas de résoudre cette question.

Tourbes prégallo-romaines et sol gallo-romain. Il ne m'a pas été possible de fixer exactement par rapport aux temps historiques l'époque de pullulation de *Mya arenaria* sur le rivage flamand ; il est toutefois établi qu'elle ne doit précéder que de peu les temps historiques. Les tourbes situées sous les sables à *Cardium edule* et qui ont fourni des restes archéologiques néolithiques doivent donc être laissées dans l'assise de Calais. La surface de ces tourbes qui ont constitué le sol gallo-romain établit la limite théorique, parfois difficile à tracer d'ailleurs, entre l'assise de Calais et l'assise de Dunkerque.

CHAPITRE IX

Le massif de Fort-Château et les dunes internes de Ghyvelde

Dans les chapitres précédents, après avoir étudié en détail les formations superficielles du Calaisis, j'ai été amené à rassembler, en vue de l'étude de la partie profonde des sédiments flandriens, des documents puis en des points très épars de la plaine maritime flamande.

J'ai pourtant laissé de côté à dessein deux intéressants massifs, dont l'étude offre des difficultés considérables, et sur l'âge géologique desquels on ne peut apporter encore de solution très satisfaisante.

Ce sont le massif de terres caillouteuses de Fort-Château et le massif de dunes internes de Ghyvelde, dont je donnerai un aperçu dans le présent chapitre.

§ 1. — LE MASSIF DE TERRES CAILLOUTEUSES DE FORT-CHATEAU.

Le massif de terres caillouteuses de Fort-Château est situé sur le territoire communal d'Hames-Boucren, entre la rue d'Hames et l'Ecluse Carrée du canal de Guincs.

Aucune carte topographique ne le met en évidence, pas plus que la carte géologique feuille de Boulogne 1^{re} et 2^e éditions. La carte topographique de l'Etat-Major désigne simplement sous le nom de Fort-Château une ferme et une petite butte artificielle haute d'une dizaine de mètres, entourée de fossés, constituant les ruines d'un vieux fort. Dans le pays, le nom de Fort-Château est inconnu; la ferme est dénommée « ferme de la Butte ».

M. Briquet a mentionné ce massif pour la première fois en 1905 et l'a figuré en 1906 (1). J'ai fait connaître déjà sommairement (2), les résultats de mes recherches à son sujet; je discuterai particulièrement ici son attribution stratigraphique.

Aspect géographique. — Dimensions. — Altitude. — Le massif de Fort-Château est constitué par un groupe de champs de forme généralement elliptique, dont le plus grand axe, qui mesure environ 700 mètres, est dirigé du N.-W. vers le S.-E. Sa plus petite largeur est voisine de 300 mètres. Il porte à son extrémité N.-W. la ferme de la Butte avec les ruines du vieux fort qui l'avoisine et que j'ai déjà mentionné, et à son extrémité S.-E., un groupe de quelques maisons (fig. 15).

(1) BRIQUET [2]. Extension plage soulevée Sangatte, 1905, p. 111; — [6]. Formations quat. littoral du Pas-de-Calais, 1906, p. 212.

(2) DUBOIS [16]. C. R. Collaborateurs. *B. Serv. C. G. Fr.*, t. XXVII, n° 151, 1922.

Vu du N., de l'E., ou du S.-E., il présente un relief très net au milieu de la plaine tourbeuse qui l'environne et qu'il domine de 2 à 3 mètres.

A son extrémité S.-E., des rideaux de cultures hauts de 2 mètres, délimitent assez exactement les champs dont il est couvert, des prairies mouillées de la plaine tourbeuse.

Vers le S.-W., il se distingue moins nettement du reste du paysage, car il est réuni aux pentes boulonnaises par une sorte d'isthme couvert de limon brun. Le sondage n° 113 que j'ai effectué dans cette masse de limon ne m'a pas renseigné d'une manière positive sur sa nature, car j'ai été arrêté à 1 mètre de profondeur dans du limon sableux gris très mouillé et bouillant.

Les champs du massif de Fort-Château atteignent une altitude très voisine de la cote 5 du nivellement général, d'après mes levés barométriques, sans toutefois dépasser cette altitude (1).

Constitution géologique. — Le sol du massif de Fort-Château est complètement couvert de galets bien roulés et de cailloux cassés et éclatés, tous fortement pâtinés de teintes diverses. Tous les galets et cailloux sont en silex. Je n'ai pu y reconnaître aucune autre roche.

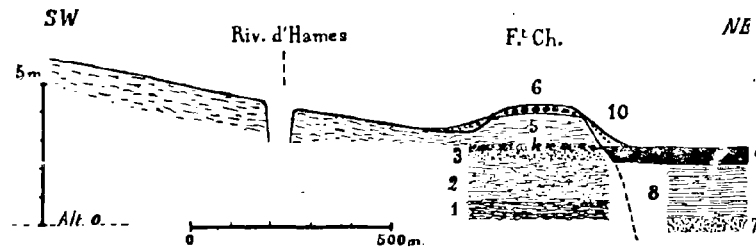


FIG. 22. — Coupe du massif de Fort-Château.

LÉGENDE. — 1 à 5, couches argileuses et sableuses (limons). (voir le texte) ; — 6, galets et cailloux ; — 7, sable gris bleu (Flandrien moyen) ; — 8 argile bleue (id) ; — 9, tourbe (Fl. moyen et sup.) ; — 10, éboulis et limons de ruissellement.

En réalité les galets n'existent qu'à la surface du sol et dans la couche de terre labourée. Ayant dégagé cette couche avec la bêche, j'ai pu sonder jusqu'à la profondeur de 4 mètres et relever la coupe suivante (fig. 22) (1) :

Sondage n° 112. — Fort-Château à Hames-Bougres. Alt. 5^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Limon brun à galets et cailloux	0 ^m 50	1 ^m 00
5. Limon sableux brun jaune panaché de roux	0 ^m 50	1 ^m 00

(1) Sur le plan directeur de la carte topographique du Service Géographique de l'Armée (au 1/20.000^e) levé en 1888-93, région de Boulogne, feuille Calais XXII - 3, n° 203, ne figure pas la courbe 5^m, conformément à mes indications barométriques.

(2) J'ai été arrêté par le coulage des sables vaseux verts qui, bien qu'insuffisamment épais pour empêcher leur traversée, coulaient dans le trou de sonde à chaque tentative d'avancée dans l'argile inférieure.

4. Limon très rubéfié avec petits silex anguleux	1 ^m 50	0 ^m 20
3. Sables verdâtres	1 ^m 70	0 ^m 30
2. Sables argileux mouillés, verts, très bouillants à la base	2 ^m 00	1 ^m 50
1. Argile verte très compacte	3 ^m 50	
Arrêt du sondage à	3 ^m 90	

Aucun document paléontologique ne m'a permis jusqu'à présent de déterminer l'âge de ces formations très différentes de celles que l'on rencontre dans les autres sondages de la plaine maritime (1).

Au microscope, le limon sableux (couches 4-5) se présente essentiellement sous forme d'un sable roux à grains quartzeux de 20 à 40 μ , avec particules argileuses de dimensions sensiblement identiques.

Les sables argileux verdâtres (couches 2-3) sont composés presque uniquement de très petits grains de quartz anguleux, d'un calibre remarquablement constant de 80 à 100 μ , et, en faible proportion, de particules argileuses. Il n'y a ni mica, ni glauconie. La teinte verdâtre est due à la pigmentation propre du quartz. De ci de là, il y a dans le sable une traînée rousse dont la constitution minéralogique ne diffère pas de celle des couches verdâtres : les grains de quartz offrent simplement alors une pigmentation limonitique.

Les échantillons d'argile verte ramenés par ma sonde ne m'ont paru différer, micrographiquement, des sables argileux verdâtres que par une plus forte proportion de particules argileuses de taille inférieure à 80 μ ; mais je n'ai fait que toucher le sommet de cette formation

Les dépôts de Fort-Château qui viennent d'être étudiés n'ont nullement l'allure des couches marines, poldériennes ou fluviatiles, mais répondent de très près aux caractéristiques de certains limons du N. de la France, lorsque ceux-ci sont installés sur sol sableux. J'assimilerai volontiers les sables verts aux limons panachés issus du remaniement des dépôts tertiaires argilo-sableux et les limons bruns plus élevés aux limons rouges ou bruns qui surmontent habituellement ces limons panachés, sans d'ailleurs pouvoir préciser l'âge de ces limons.

En résumé, les galets de Fort-Château, dont l'origine marine ne semble pas pouvoir être mise en doute en raison de leur morphologie et de leur situation topographique, reposent vers l'altitude 4 m. 50 sur des limons épais de 3 m. 50 au moins.

Cette particularité est absolument propre au massif de Fort-Château et ne se retrouve ni à Coulogne ni aux Attaques.

Les galets de Fort-Château correspondent donc à une ligne de rivage établie ulté-

(1) Je me suis demandé si les couches les plus inférieures ne représentaient pas le Landénien. En effet, à peu de distance du bord de la Plaine Maritime, la craie s'enfonce très rapidement sous le Landénien, ainsi que le montrent les sondages des environs de Calais.

D'autre part, à Coquelles, Fréthun, c'est la craie qui forme le bord de la Plaine Maritime, tandis qu'à Ardres, c'est déjà l'Yprésien.

Ces considérations théoriques permettent donc de supposer que à Fort-Château la bordure de la Plaine Maritime est vraisemblablement constituée par du Landénien. Mais l'analyse minéralogique des sables et argiles sableuses signalés ne m'a pas permis d'admettre que ces couches représentaient ce Landénien. Si elles en dérivent, c'est en tous cas à titre de limon de remaniement.

rieurement à la formation d'une nappe limoneuse, et vraisemblablement à une altitude inférieure à la ligne de rivage monastirienne de Sangatte-Coulogne. On pourrait y voir une formation monastirienne, un peu plus récente que les sables et galets de Sangatte-Coulogne, Attaques. Cette solution ne me paraît pas susceptible d'être actuellement précisée davantage.

§ 2. — LES DUNES INTERNES DE GHYVELDE.

A l'E. de Dunkerque, on observe de part et d'autre de la frontière franco-belge une chaîne de dunes basses nettement distincte de la ligne de dunes littorales et qui borde en partie la dépression des Moères (fig. 23).

Les dunes internes de Ghyvelde, déjà figurées sur de vieilles cartes du XVII^e siècle, ont été signalées par Antoine Belpaire (1). Dans son mémoire sur la Flandre, M. Blanchard les a sommairement décrites (2) ; il a depuis montré que la région basse des Moères devait son origine à l'existence de cette chaîne de dunes (3).

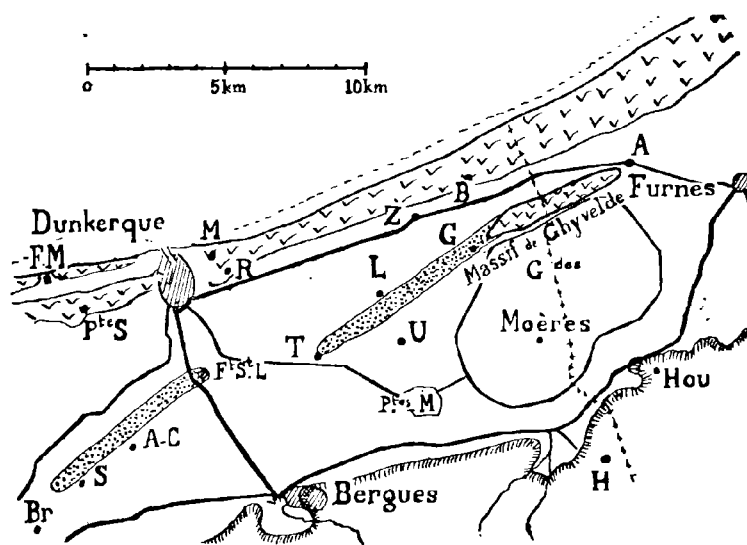


FIG. 23. — Les dunes internes de Ghyvelde et les Moères.

LÉGENDE. A, Adinkerque ; — A-C, Armbouts-Cappel ; — B, Bray-Dunes ; — Br, Brouckerque ; — F-M, Fort-Mardyck ; — F^{tes}-S^{tes}-L., Fort-Saint-Louis ; — G, Ghyvelde ; — H, Hondschoote ; — Hou, Houthem ; — L, Leffrinkhoucke ; -- M, Malo-les-Bains ; — P^{tes}-M., Petites-Moères ; — P^{tes}-S., Petite-Synthe ; — R, Rosendael ; — S, Spycker ; — T, Tétéghem ; — U, Uxem ; — Z, Zuydcoote — Limite de la plaine maritime indiquée par des hachures ; affleurements sableux de Tétéghem, Armbouts-Cappel indiqués par un pointillé.

Documents consultés : Cartes topographiques et géologiques françaises et belges, travaux de M. Delépine et documents communiqués par M. Delépine.

(1) BELPAIRE. *Plaine Maritime*, 1^{re} partie, 2^e éd., p. 25.

(2) BLANCHARD [1]. *La Flandre*, 1906, p. 148.

(3) BLANCHARD [2]. *Origine des Moères*, *Géogr.*, 1916-17, p. 337-342.

Elles ont été étudiées, depuis, par MM. Delépine (1), Bouly de Lesdain (2) et par Douxami (3).

M. Bouly de Lesdain ayant eu l'amabilité de me communiquer diverses coquilles marines qu'il a récoltées dans le massif de Ghyvelde, il m'est possible de discuter à nouveau l'âge de ces intéressantes formations. Je résumerai au préalable les données déjà acquises sur cette question.

Caractères géographiques. — C'est entre Ghyvelde et Adinkerque à la frontière franco-belge que le massif de dunes internes est le mieux caractérisé: il est séparé du cordon de dunes actuelles par une bande de polders large de 1.500 mètres environ. Le massif lui-même atteint une largeur de près de 1 kilomètre à Ghyvelde. Il porte de petites dunes qui dominant de 5 à 8 mètres près de la frontière belge, et de 2 à 3 mètres seulement à Ghyvelde même, la plaine environnante. A l'W. de Ghyvelde les dunes disparaissent rapidement mais elles se prolongent par un chapelet d'affleurements sableux entourés d'argile des polders, jusqu'à Armbouts-Cappel sur une longueur totale voisine de 20 kilomètres.

Au S. le massif de Ghyvelde est bordé par le Ringsloot ou canal de ceinture des Moères.

Structure et Faune. — M. Bouly de Lesdain a pu établir que le massif de Ghyvelde était constitué par un amas de sables jaunes recouvert de petites dunes de sables gris avec kjökkenmøddings datés par des restes archéologiques du moyen âge. C'est sous les sables gris, à la surface du sable jaune et dans le sable jaune que M. Bouly de Lesdain a trouvé une série de coquilles marines parmi lesquelles j'ai pu reconnaître les espèces suivantes: (B, boréal; L, lusitanien; M, essentiellement ou exclusivement méditerranéen).

<i>Arca lactea</i> L.	L	<i>Pecten varius</i> L.	L
<i>Pectunculus glycimeris</i> L. var. <i>violaceescens</i> Lmk.	L (M)	<i>Neritula neritea</i> L.	L (M)
<i>Tapes decussatus</i> L.	L	<i>Trochus cinerarius</i> L.	B
<i>Venus gallina</i> L. (type méditerr.)	L (M)	<i>Littorina littorea</i> L.	B
<i>Loripes lacteus</i> L.	L	<i>Littorina obtusata</i> L.	B
		<i>Patella caerulea</i> Lmk.	L (M)

Ces espèces attirent les remarques suivantes:

Arca lactea L. — Deux valves l'une longue de 5 millimètres, l'autre de 8 millimètres. Cette espèce connue depuis le miocène est aujourd'hui répandue depuis la mer du Nord jusqu'au cap de Bonne-Espérance, y compris la Méditerranée (4). Elle est connue dans les couches à *Tapes* de Danemark.

Pectunculus glycimeris L. var. *violaceescens* Lmk. — Une valve de 15 millimètres de hauteur sur 16 mm. 50 de longueur à test épais. L'espèce *P. glycimeris* est une forme lusitanienne vivant entre 25 et 100 mètres de profondeur (5); mais on en trouve fréquemment des valves rejetées sur le littoral de la mer du Nord. La petite valve récoltée par M. Bouly

(1) DELÉPINE G. [2]. Cordons litt. Flandre française. *Bull. Comité Flamand*, 1906, ext. p. 3-4.

(2) BOULY DE LESDAIN [1]. Dunes pléistocènes de Ghyvelde, *F. J. Natur.*, 192; — [2]. Exc. dunes int. Ghyvelde, *A. S. G. N.*, t. XLI, 1912, p. 16-170.

(3) DOUXAMI [4]. Age dunes de Ghyvelde, *A. S. G. N.*, t. XLI, 1912, p. 101-109.

(4) DOLLFUS [3]. Mollusques quaternaires Sénégal, p. 62.

(5) SOWERBY. *Brit. shells*, pl. VIII.

de Lesdain à Ghyvelde offre le contour caractéristique de la variété *violacescens* Lmk qui est une forme méditerranéenne.

Venus gallina L. (type méditerranéen). — M. Bouly de Lesdain m'a communiqué 5 valves de ce type, dont deux entières. Les valves sont à peine plus longues que hautes (17 mm. × 16 mm., — 12 mm. 50 × 11 mm. 50) ; l'un des fragments présente une hauteur de 19 millimètres.

Cette coquille ressemble aux formes méditerranéennes de *Venus gallina*, par l'épaisseur de son test, la hauteur relativement élevée de ses valves, la surélévation des crochets, la subdivision et l'irrégularité des bourrelets concentriques dans la région postérieure (1).

Tapes (Amygdala) decussatus L. — Représenté par un fragment de valve droite, d'assez petite taille, à test épais.

Cette espèce à large distribution lusitanienne est connue dans la Méditerranée, l'Océan et la Manche ; elle manque sur les côtes flamandes et scandinaves. A l'état fossile, elle a au contraire été très répandue dans le Nord de l'Europe, dans les formations eemiennes et l'assise à Tapes.

Lucina (Loripes) lactea L. — Une valve gauche de 10 millimètres de diamètre. C'est un type lusitanien méditerranéen et océanique, connu de l'Angleterre au Cap Vert. Il se rencontre aussi au Cap (2).

Pecten varius L. — Un fragment rappelant les formes océaniques ou septentrionales de cette espèce lusitanienne à large extension géographique.

Patella cærulea Lmk. — Deux petites coquilles surbaissées doivent être rapportées à cette espèce. Le plus grand axe mesure 25 millimètres chez l'une, 21 millimètres chez l'autre. L'une d'entr'elles a conservé encore des traces de coloration brunâtre à l'extérieur légèrement bleuâtre à l'intérieur.

Cette Patelle est une espèce méditerranéenne.

Neritula neritea L. — Qu'on range parfois dans le genre *Nassa* ou la section *Cyclonassa* de ce genre.

Cette espèce est représentée par un seul exemplaire à test déprimé, à galbe subelliptique, très légèrement convexe au-dessous, convexe au-dessus ; test solide, épais, opaque, lisse et porcelané, ayant perdu ses couleurs. Spire surbaissée, usée par le frottement, bouche subquadrangulaire, un peu allongée, labre épais avec bourrelet à l'extérieur, orné à l'intérieur de légères denticulations pliciformes, peu saillantes, au nombre de 9. Face inférieure munie d'un callum. Dimensions : diamètres : 10 $\frac{2}{3}$ × 7 $\frac{2}{3}$; hauteur : 4 $\frac{2}{3}$ 5.

Le type fossile de Ghyvelde présente des caractères intermédiaires entre ceux des deux types *N. neritea* L. (s. s. Locard = *N. nana* Chem.) et *N. Donovanii* Risso (3) ;

(1) J'ai pu comparer les coquilles fossiles de Ghyvelde avec des échantillons de *V. gallina*, récoltés au Pirée et qui m'ont été communiqués par M. Dutertre ; la ressemblance entre les deux types est absolue.

(2) LAMOTHE [2]. Faune ligne rivage 148 m., p. 157.

(3) DAUTZENBERG, BUCQUOY et DOLLFUS. Moll. Roussillon, 1883, p. 61, pl. XII, fig. 25-21 ; — LOCARD [1]. Buccinidés, 1886, p. 41-45.

mais la distinction de ces deux formes étant très discutable, j'ai rapporté cet échantillon à *N. neritea* L. pris dans son sens le plus large.

Cette espèce est exclusivement méditerranéenne ; on la connaît depuis le Pliocène ancien jusqu'à l'époque actuelle en Méditerranée (1).

Elle vit dans la zone littorale, dans les eaux salées et saumâtres.

Littorina obtusata L. et *Littorina littorea* L.— Un exemplaire de chacune de ces espèces. Je rappellerai simplement que ces espèces ne vivent pas dans la Méditerranée et n'y ont jamais été citées à l'état fossile. Elles sont connues dans l'Eemien du N. de l'Europe.

Trochus (Gibbula) cinerarius L.— Plusieurs exemplaires ayant conservé leur coloration. Cette espèce, connue sur le littoral flamand, s'étend de la Norvège au détroit de Gibraltar y compris la Baltique (2).

C'est une espèce littorale vivant dans les prairies de zostère et à de faibles profondeurs

A l'état fossile elle est connue dès le Red Crag (Waltonien), dans les différents dépôts pliocènes supérieurs et quaternaires de nos régions septentrionales (3). Elle est citée dans les dépôts eemiens.

Cette faune marine montre une prédominance marquée d'espèces lusitaniennes et parmi celles-ci de formes très caractéristiques de la Méditerranée.

Neritula neritea est tout à fait remarquable à cet égard ; elle offre en outre la particularité de vivre surtout dans les milieux saumâtres.

En compagnie de ces espèces, M. Bouly de Lesdain a trouvé un grand nombre de *Corbicula fluminalis*, espèce fluviatile émigrée sur laquelle déjà j'ai attiré l'attention, et d'assez nombreux mollusques terrestres (*Helix* et *Rumina*) dont plusieurs n'habitent plus le Nord de la France mais l'Ouest océanique ou la région méditerranéenne seulement (4), et en outre de petits cailloux mal roulés de roches exotiques diverses (granites dont plusieurs paraissent avoir une origine armoricaine).

Age des sables de Ghyvelde. — Différents points restent malheureusement obscurs.

Toutes les coquilles marines, terrestres, fluviatiles, les petites pierres d'origine exotique ont été ramassées ensemble à la surface du sable jaunâtre ou dans la partie supérieure de ce sable ; il est difficile de distinguer les éléments provenant du sable lui-même et ceux qui, à un moment donné, ont pu vivre ou être apportés sur le massif sableux déjà constitué.

On a pu même se demander si quelques-uns de ces éléments n'avaient pas été rapportés par l'homme néolithique en même temps que les cailloux granitiques par exemple.

Je n'adopterai cependant pas cette version, en raison de la petite taille et de la fragilité de certaines coquilles (*Arca lactea*, *Loripes lacteus*, et *Corbicula fluminalis* en particulier).

Si l'on admet en conséquence l'hypothèse que les fossiles marins ont été trouvés sinon *in situ*, au moins à peine déplacés dans une zone de sable superficielle, on est amené à attri-

(1) GIGNOUX. Form. marines. p. 215.

(2) DAU ZENBERG et FISCHER [2]. Campagnes Mer du Nord, *Campagnes Albert I^{er}*, t. XXXVII, 1912, p. 236.

(3) WOOD. Crag Mollusca, vol. 1, p. 131 ; vol. III, p. 81.

(4) Voir l'étude publiée par M. Bouly de Lesdain sur ces Mollusques terrestres. [BOULY DE LESDAIN [1]. Dunes pléistocènes de Ghyvelde, pl. I].

buer le banc de sable jaune de Ghyvelde à une des formations à faune chaude que l'on connaît autour de la mer du Nord ; soit :

- au Pliocène antérieur aux crags à faune froide qui marquent la fin de ce système.
- au Quaternaire interglaciaire : Tyrrhénien (ou Eemien), dont la faune est particulièrement chaude.

La présence en assez grande abondance de *Corbicula fluminalis* (fossile surtout répandu dans le quaternaire), le caractère très chaud de la faune, sont des données très favorables à l'attribution des sables à fossiles marins au Tyrrhénien équivalent de l'Eemien des pays du Nord (1). On aurait ici affaire à un dépôt lagunaire ou côtier au voisinage de l'embouchure d'un fleuve, formé à une phase encore indéterminée de la transgression tyrrhénienne.

Ultérieurement ces formations marines ont été émergées et habitées par une faune continentale chaude. Il n'en serait plus resté, après démantèlement au cours des variations ultérieures du niveau marin, qu'une île sur laquelle les espèces continentales chaudes isolées ont pu survivre longtemps.

Par la suite l'île de Ghyvelde a pu faire partie de la ligne de rivage monastirienne ou flandrienne et, au moyen âge, servir de soubassement à des dunes avec stations humaines.

La date de l'apport des pierres cristallines est difficile à préciser ; il peut être monastirien (postrissien), plus vraisemblablement flandrien (postwürmien).

La structure des dunes de Ghyvelde paraît donc pouvoir être résumée de la façon suivante :

3. — Dunes de sables gris avec Kjøkkenmødding (du Moyen-Age).
2. — Surface des sables jaunes avec nombreux *Helix* émigrés (dont plusieurs méditerranéens) et cailloux exotiques de roches granitiques (Tyrrhénien continental ; Monastirien ; Flandrien).
1. — Sables jaunes avec faune marine riche en formes méditerranéennes, avec *Neritula neritica*, espèce plus particulièrement saumâtre et *Corbicula fluminalis*, espèce fluviatile émigrée (Tyrrhénien).

Toutes ces conclusions sont malheureusement en partie hypothétiques : la question de l'âge des différentes couches des dunes internes ne pourra être solutionnée de manière positive que grâce à d'importantes fouilles ou à un sondage assez profond (20 à 30 m.) et susceptible de ramener des coquilles prises *in situ* banc par banc.

Relation du massif de dunes de Ghyvelde et des Moères. — Les Moères constituent une région particulièrement basse de la Plaine flamande, où l'altitude du sol est inférieure au zéro moyen (—0^m80). Longtemps ce ne fut qu'une région marécageuse occupée en partie par les deux lacs : la Petite et la Grande Moère.

Cette région fut desséchée au xvii^e siècle par Cobergher et transformée en une plaine cultivée.

En 1646, cette plaine fut détruite en quelques heures par l'inondation destinée à défendre Dunkerque contre l'armée française.

Au cours de la fin du xvii^e siècle et durant tout le xviii^e siècle, les Moères sont restées telles,

(1) Je reviendrai plus loin sur les raisons qui m'engagent à accepter l'identité du Tyrrhénien et de l'Eemien

malgré de nombreuses tentatives de dessèchement total. Les dessèchements partiels qui y furent opérés furent suivis de nouvelles inondations. Le dessèchement, repris méthodiquement au début du XIX^e siècle fut terminé en 1826.

Ces différentes inondations n'ont pas modifié sensiblement la topographie du sol des Moères, à en juger d'après les cartes anciennes de cette région (1).

L'origine des Moères est en relation avec l'existence du banc littoral ancien de Ghyvelde, ainsi que M. Blanchard l'a déjà montré (2) :

Les bancs de Ghyvelde, Tèteghem, Arbouts-Cappel forment avec les terres éocènes de Bergues une couronne presque continue de hauteurs qui firent obstacle au flot de marée non seulement lors de l'inondation marine du V^e siècle, mais aussi lors de la phase transgressive du Flandrien moyen ; ils ont ainsi empêché ou compromis l'envasement du territoire qui constitue aujourd'hui les Moères. De même le banc des Pierrettes, en empêchant ou en limitant l'apport des sédiments marins dans la région comprise entre Calais et Coquelles, a déterminé l'existence de régions basses (altitude + 0,61) non entièrement asséchées encore entre Coquelles, Calais et Coulogne.

(1) QUARRÉ-REYBOURBON. Dessèchement des Moères, 1892, p.167-182. 2 cartes; BLANCHARD. [2] Origine des Moères, p. 337-338,

(2) BLANCHARD [2]. *loc. cit.*, p. 341-342

CHAPITRE X

Etude de diverses formations fluvio-marines et fluviatiles quaternaires du Bassin de Wissant et du littoral Boulonnais

§ 1. — LE BASSIN QUATERNAIRE DE WISSANT.

I. — *Structure générale de la plaine maritime de Wissant.* (1)

Entre le cap Gris-Nez au S.-W. et le cap Blanc-Nez au N.-E., dans un golfe peu prononcé, se dessine une petite plaine maritime limitée, à l'intérieur, par une falaise morte, et à l'extérieur, par un cordon littoral caché par les dunes. Ce cordon littoral naît près de la Pointe de la Courte-Dune et semble venir se terminer près du bourg de Wissant où le ruisseau d'Herlen a son embouchure.

La plaine maritime est couverte de prairies et de marécages et en partie envahie par des dunes. Sur la plage, au devant de l'embouchure du Ruisseau d'Herlen, s'étale un banc tourbeux peu épais reposant sur des argiles ou des sables, et recouvert parfois par des argiles à coquilles limniques.

Au N.-E. du bourg, un important massif de dunes recouvre en partie des formations quaternaires qui reposent elles-mêmes, sur des couches crétacées.

Plusieurs ruisseaux viennent aboutir dans la plaine maritime, ruisseau du Châtelet ruisseau de Petit-Phare, ruisseau d'Herlen qui traverse le bourg de Wissant.

II. — *Monastirien fluvio-marin et limons de Petit-Phare.*

Le ruisseau de la ferme de Petit-Phare coule à travers les terrains wealdiens et aptiens dans une vallée bien dessinée et bordée de terrasses. Près de son débouché dans la plaine maritime, à l'entrée d'un vallon latéral qui passe au pied du chalet Demont-Breton et qui est lui-même entaillé à son embouchure par l'ancien rivage de la plaine maritime, une carrière actuellement exploitée entame l'une des terrasses du ruisseau de Petit-Phare. (Pl. III, fig. 12-13).

Cette carrière se trouve au N. de la route de Wissant à Tardinghen, au pied de la cote 33 Et. Maj.

Elle présente la coupe suivante dans sa partie la plus méridionale : (Pl. III, fig. 13)

(1) Cf. Carte topographique Etat-Major, et carte géologique, feuille de Boulogne ; BRIQUET, [6] Form. quat litt. P. de C., p. 218, fig. 2.

7. Sable gris légèrement humique d'origine éolienne	0 ^m 50
6. Gravier mal roulé, (silex) dans du sable roux	1 ^m 00
5. Sables glauconieux avec fossiles albiens et vraconniens remaniés, nodules de craie glauconieuse cénomaniennne, nodules phosphatés	1 ^m à 1 ^m 50
4. Argile plastique un peu glauconieuse avec zones sableuses passant insensiblement aux sables sus-jacents	1 ^m à 1 ^m 50
3. Cailloutis avec gros silex mal roulés empâtés d'argile glauconieuse, formant un banc à peu près horizontal	0 ^m 20
2. Sable grossier à glauconie rare, à grains mal roulés, avec graviers et cailloux roulés peu abondants, en bancs inclinant vers le S. de 30° environ	1 ^m à 1 ^m 25
1. Cailloutis, graviers et sables en bancs inclinés à 30°, contenant des galets de silex bien roulés, des galets cristallins	1 ^m à 1 ^m 50

Dans la partie septentrionale de la carrière, la section précédente est légèrement modifiée : Vers le sommet de la couche 5 se développe un paquet lenticulaire de sables blancs avec masses feuilletées de sables un peu argileux rappelant les sables wealdiens qui constituent la masse principale des buttes environnantes (couche 5 a).

La couche n° 1 mérite une attention spéciale : Elle est essentiellement formée de sables grossiers, de graviers de toutes dimensions, de cailloux mal roulés et de galets bien roulés. Le tout est disposé pêle-mêle en bancs inclinant régulièrement vers le S. W. d'environ 30°.

Les sables sont blancs, constitués par des grains mal roulés et atteignant un diamètre de 1 à 2 mm.

Les graviers, cailloux et galets sont généralement constitués par du silex, de la craie. On trouve aussi en assez grande abondance différents types de roches gréseuses ou calcaire-gréseuses, jurassiques ou mésocrétacées des environs de Wissant, des nodules phosphatés, de la craie glauconieuse, des fossiles albiens ou vraconniens (*Schlaenbachia varicosa*, *Douvilleiceras mamillatum*), enfin des fragments d'*Inoceramus* du Crétacé supérieur.

Il y a lieu de signaler aussi de petits galets de roche siliceuse blanche (chert ou gaize de l'infracrétacé) qui a été signalée en certains points du Boulonnais (1) et de l'oolithe silicifiée.

Enfin, éléments particulièrement importants, on y trouve des roches cristallines exotiques fortement altérées d'ailleurs. J'ai ramassé, lors d'une première excursion, (2) un galet de granite fortement kaolinisé, friable, dont les seuls éléments minéralogiques non altérés sont les paillettes de mica noir (diamètre 10 cm.).

Lors d'une visite ultérieure faite à la même carrière avec M. P. Pruvost, nous avons pu récolter un petit caillou, assez mal roulé, de granite kaolinisé.

Ces roches rappellent les types lithologiques armoricains.

L'hypothèse de l'origine en partie marine des dépôts qui viennent d'être étudiés, émise par M. Briquet dès 1906 (3), se trouve donc vérifiée, par la présence de ces galets exotiques.

(1) Des cailloux de chert ont été également signalés par M. Briquet dans le niveau supérieur d'alluvion fluviale. (BRIQUET [6]. Form. quat. litt. Pas-de-Calais, A. S. G. N., t. 35, 1903, p. 224).

(2) Juillet 1923.

(3) BRIQUET [6]. *loc. cit.*, 1906, p. 216-228.

Couche n° 2. Les sables de la couche n° 2 ont la même inclinaison générale que les sables à galets de la couche inférieure. Ce sont des sables blancs grossiers, à cailloux rares. Bien qu'ils soient intimement liés aux sables à graviers inférieurs, aucun caractère net ne m'a permis jusqu'à présent de leur attribuer une origine fluvio-marine ; ils paraissent plus franchement fluviatiles.

Le sommet de ces couches atteint l'altitude +16 environ.

Couche n° 3. La couche n° 3 est un cailloutis à peu près horizontal et formé de gros éléments mal roulés empâtés de la même argile qui constitue la couche supérieure n° 4.

Couches nos 4 et 5. La couche n° 4 est une argile plastique gris bleu ou gris brun mélangée de filets sableux un peu glauconieux. Elle passe peu à peu aux sables assez fortement glauconieux sus-jacents (couche n° 5).

La similitude de cet ensemble avec certains bancs d'argile et de sables de l'albien des environs est très frappante. On se trouve en présence d'un limon dont les éléments ont été empruntés aux soubassements géologiques voisins et principalement à l'albien.

Couche 5 a. C'est une couche lenticulaire formée de sable blanc contenant de petits blocs de sables légèrement cohérents, argileux, avec quelques cailloux de diluvium.

Ces sables rappellent beaucoup les sables wealdiens qui forment le substratum des formations quaternaires. Ils en paraissent provenir par remaniement à faible distance.

Couche n° 6. — Au-dessus de ce limon s'étale un diluvium formé de cailloux mal roulés ou non roulés, et de graviers patinés de roux, empâtés dans un sable plus ou moins argileux roux, formant poudingue par places et contenant à l'état remanié de nombreux fossiles albiens, vraconniens ou cénomaniens, (*Hoplites interruptus*, *Schlaenbachia varicosa*, *Actinoceramus sulcatus*, *Desmoceras Beudanti*, principalement).

Couche n° 7. — Au-dessus de ce diluvium se trouve un sable résultant en partie de la décalcification de la couche diluviale sous-jacente, passant peu à peu en surface à un sable éolien.

En résumé, la coupe montre deux séries de formations distinctes :

A. — A la base une nappe alluviale fluvio-marine atteignant une altitude voisine de 15 m. Elle domine le fond du débouché du vallon de Petit-Phare en plaine maritime de 12 m. environ.

Les éléments d'origine marine de la nappe alluviale ne s'élèvent guère au-dessus de l'altitude 14 mètres, au point considéré.

Ils présentent des galets exotiques, cristallins, rares et altérés.

B. — Au-dessus une série d'argiles, de sables et de cailloutis comprenant deux masses principales :

a) A la base une masse argilo-sableuse, puis sableuse, véritable limon de lavage des dépôts albiens des environs.

b) Au sommet un complexe sableux caillouteux, puis sableux, dont les éléments caillouteux sont peut être empruntés en partie au diluvium plus ancien d'altitude 35-40 mètres qui couronne les hauteurs voisines.

Ce complexe est riche en fossiles mésocrétacés remaniés.

La terrasse fluviatile de Petit-Phare peut se suivre le long du ruisseau vers l'amont :

elle présente une altitude croissante (jusqu'à 25 à 30 mètres près de la ferme d'Inghem) parallèlement à celle du ruisseau. Elle reste ainsi à une quinzaine de mètres au-dessus du ruisseau. Près de la ferme d'Inghem, le diluvium n'offre plus aucune trace marine ; c'est un diluvium fluvial pur.

Comparaison de la coupe de Petit-Phare (Wissant), avec celle de la falaise de Sangatte.
La coupe de Sangatte et celle qui vient d'être décrite présentent de nombreux points de similitude :

A Sangatte, il existe un cordon littoral au pied de la falaise morte, atteignant une altitude maximum voisine de +11 mètres. Ce cordon littoral et les sables marins associés présentent des galets exotiques de roches cristallines, rares et altérés.

La terrasse fluviale de Petit-Phare renferme également des dépôts marins qui atteignent une altitude voisine de +14 mètres et offrent des galets exotiques de roches cristallines assez rares et altérés.

La différence d'altitude de quelques mètres observée entre les dépôts marins de Sangatte et ceux de Petit-Phare est insuffisante pour séparer ces deux formations. De légères différences dans le régime des marées avec lesquelles il faut compter sur nos côtes suffisent pour expliquer cette différence.

A Sangatte comme à Petit-Phare la formation marine ou fluvio-marine est recouverte par une série limoneuse produite par des lavages successifs et remaniements, presque sur place, du soubassement géologique voisin.

A la base cette série est formée par des limons issus : à Sangatte du remaniement et de l'altération de la craie, à Wissant du remaniement et de l'altération du gault ; et au sommet, par une série de produits sableux ou argilo-sableux mélangés de paquets de diluvium, couronnés par un limon d'altération sableux avec remaniement éolien plus ou moins considérable.

Le tableau ci-dessous rend compte de la similitude des deux coupes :

	SANGATTE		WISSANT
	(<i>Cordon littoral</i>)		(<i>Nappe alluviale fluvio-marine</i>)
Flandrien et Monastirien continental	Limons dérivés de la craie	{ loess, limon roux avec silex presle, boue crayeuse, loess	Limons dérivés des sables et argiles crétacés
			{ sable argileux avec silex argile et sable
Monastirien	Sables et galets marins (alt. + 11 à + 12)		Sables et galets marins et fluviaux (alt. + 14 à + 13)
Socle	Crétacé		Crétacé

Conclusion. La formation fluvio-marine de Wissant, à galets exotiques rares et fortement kaolinisés, formant une terrasse de 15 mètres et recouverte par deux séries limoneuses superposées, doit être attribuée au Monastirien (1).

(1) M. Depéret avait déjà proposé cette attribution après lecture des travaux de Briquet ; les résultats de mes recherches confirment cette manière de voir. DEPÉRET [1]. *Coordination générale, C. R.*, 1918, t. 167, p. 418, Extr. p. 4)

Les limons qui recouvrent la terrasse monastirienne constituent un ensemble de formations continentales monastiriennes et flandriennes dont la partie supérieure au moins (couche 7) doit être rapportée au Flandrien et assimilée aux limons récents de la Picardie.

Terrasse de 30^m (Tyrrhénien). — M. Briquet a signalé l'existence de lambeaux de Diluvium ancien, couronnant les collines wealdiennes des environs de Wissant de part et d'autre du ruisseau de Petit-Phare, à des altitudes maximum voisines de 40^m. Ces lambeaux paraissent jaloner une terrasse fluviatile plus ancienne que celle qui a été décrite, et qui serait une terrasse de 30-35^m environ. (Tyrrhénien fluviatile).

Histoire du ruisseau de Petit-Phare. Le ruisseau de Petit-Phare paraît être le reste d'un cours d'eau ancien et relativement important, jalonné par deux terrasses successives, tyrrhénienne et monastirienne, coulant très obliquement par rapport au rivage actuel du Wissant, selon une direction générale perpendiculaire aux grands accidents tectoniques postcrétacés du Boulonnais.

A l'époque monastirienne la côte de Wissant était assez peu éloignée du rivage actuel puisque à Petit-Phare on observe des bancs fluviomarins. C'est vraisemblablement au cours de la transgression marine flandrienne ou ultérieurement à cette transgression que la région formant embouchure du ruisseau du Petit-Phare a été rongée par la mer ; l'une de ses terrasses est devenue une falaise.

Cette falaise est actuellement morte par suite de l'établissement d'un cordon littoral avec dune du Chatelet à Wissant.

II. — Les dépôts flandriens de Haute-Sombre (ou d'Audessombre).

Entre Saint-Pot et Wissant (au N.-E. du bourg de Wissant) la plage est bordée par une petite falaise en partie masquée par des dunes.

Elle est formée de dépôts aptiens et albiens sur lesquels reposent des dépôts quaternaires qui ont été déjà étudiés par plusieurs géologues (2). Ces formations quaternaires sont surtout visibles près du ruisseau de Haute-Sombre.

La coupe de ces dépôts, donnée par Day, complétée par M. Barrois puis par M. Henri Rigaux est la suivante :

Coupe I. : (DAY. — BARROIS. — RIGAUX).		
9. Sable à <i>Mytilus edulis</i> L., <i>Donax vittatus</i> D. C.		0 ^m 50
8. Sable avec lits tourbeux avec poteries gallo-romaines au sommet; Os de mouton et de bœuf; <i>Helix nemoralis</i>		1 ^m 00
7. Banc de sable tourbeux à poteries pré-romaines et à débris d'ossements.....		0 ^m 20
6. Sable	0 ^m 50 à	1 ^m 00
5. Banc argilo-sableux avec tourbe, sans poteries		0 ^m 20
4. Sable gris		0 ^m 60

(2) DAY. Ancient beach and sub. forest. *G. Mag.*, t. III, 1866, p. 103, pl. VII ; — BARROIS [4]. Form. quat. et actuelles côtes du Boulonnais, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e s., t. VIII, 1880, p. 535-537 ; — SAUVAGE [1]. Quat. Boulonnais, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e s., t. VIII, 1880, p. 601-602, fig. 6 ; — H. RIGAUX [4]. Modifications de la plage de Wissant, *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 84-92 ; — BRIQUET [6]. Form. quat. litt. Pas-de-Calais, *A. S. G. N.*, t. XXXV, 1.06, p. 211-236 ; GOSSELET [22]. Esquisse (quatern.), 1903, p. 406, pl. XXII, B. Voir également Excursion à Wissant, *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1899, p. 142.

3. Sable noirci avec silex.....	0 ^m 30
2. Cailloutis formé de silex noirs ou blancs, usés mais non arrondis, avec petits cailloux de craie dans du sable argileux, caillou de micaschiste, <i>Elaphus primigenius</i>	1 ^m 00
1. Argille sableuse à petits silex	0 ^m 10
a. Socle crétacé haut de 4 à 5 ^m suivant les points considérés	

Toutefois cette coupe est susceptible de modifications :

Un peu au N. du ruisseau de Haute-Sombre j'ai pu relever en 1923 les détails suivants :

Coupe II :

5. Sable de dune actuelle	1 ^m à	1 ^m 50
4. Sable avec <i>Cardium edule</i> et <i>Littorina littorea</i> et os divers fragmentés		0 ^m 7
3. Sable tourbeux		0 ^m 40
2. Sable gris verdâtre		0 ^m 60
1. Cailloutis de silex usés mais non arrondis dans du sable argileux gris verdâtre avec cailloux roulés de craie		1 ^m 00
c. Socle crétacé (environ 4 ^m)		

Et plus au S. entre le ruisseau de Haute-Sombre et Wissant.

Coupe III :

6. Dune		
5. Sable blanc avec deux bancs de sable tourbeux		0 ^m 30
4. Sable non humique, tourbeux par places		0 ^m 50
3. Sable humique		0 ^m 30
2. Tourbe		0 ^m 20
1. Cailloutis de silex dans des sables argileux gris verdâtre, usés mais non arrondis, avec cailloux roulés de craie.....		0 ^m 50
a. Socle crétacé (environ 3 ^m).		

On relève donc dans cette masse deux divisions principales :

A. — A la base une masse de « diluvium », ou amas de silex formée essentiellement d'un sable argileux gris verdâtre, empâtant des silex usés, mais mal arrondis, ainsi que de nombreux blocs ou fragments de craie, un peu roulés. Gosselet y a trouvé un morceau de micaschiste ; on y a trouvé aussi une dent de *E. primigenius*.

Cette masse, qui a très nettement une allure alluviale, est parfois surmontée d'un peu de sable argileux.

L'ensemble atteint une altitude maxima de +10 à +12.

Ainsi que M. Barrois l'a déjà mis en relief, cette masse n'a nullement l'allure d'un cordon littoral, étant donné la forme des silex et la disposition générale des sédiments. Ce n'est pas une plage suspendue (1).

B. — Au-dessus vient une masse de sable dont le sommet atteint l'altitude +15 environ, assez mal stratifiée, n'ayant en aucun point l'allure d'une formation marine : ce

(1) Le caillou de micaschiste qui y a été trouvé ne paraît s'expliquer ici que par un transport artificiel par l'homme, ainsi que l'a déjà supposé Gosselet, ou par le remaniement de dépôts un peu plus anciens contenant eux-mêmes des roches exotiques.

sont des sables blancs très semblables aux sables de dunes dans lesquels sont interstratifiés, à plusieurs niveaux, des lames de tourbes ou des sables tourbeux ou humifères. Ces niveaux ne sont pas constants ; ils varient de position suivant les points considérés de la petite falaise, ainsi qu'on peut s'en assurer par l'impossibilité manifeste de superposer exactement les 3 coupes décrites

La situation de cette masse sablo-tourbeuse est absolument identique à celle de certaines dunes anciennes à stratification d'ensemble dessinée grâce à des lits humiques très locaux établis entre deux dunes puis recouverts à leur tour par une dune en état de progression.

Un niveau à poteries gauloises, d'après M. H. Rigaux, ou peut-être néolithiques, d'après M. Hamy, (coupe I, couche 7) un niveau à *Helix nemoralis* (coupe I, base de la couche 8) surmonté d'un niveau à poteries gallo-romaines (coupe I, couche 8 sommet) montrent le temps qui a été nécessaire à l'accumulation de ces couches sableuses et des niveaux humifères ou tourbeux.

A différents niveaux aussi on voit des coquilles marines (*Cardium edule* L., *Donax vittatus* D. C., *Littorina littorea* L., *Mytilus edulis* L.), disposées sans ordre. Elles m'ont paru représenter soit des déchets de cuisine soit des coquilles portées sur la dune par le vent. En particulier les coquilles de la coupe II couche 1 sont certainement des déchets de cuisine.

En résumé la coupe montre une nappe fluviatile à *E. primigenius*, à éléments non décalcifiés, non recouverte de limon, munie simplement d'une couverture de sables éoliens épais de quelques mètres, avec niveaux humiques, tourbeux et archéologiques, qui ne paraissent pas être plus anciens que le néolithique et dont les plus récents sont gallo-romains.

Elle représente les alluvions de fond du ruisseau de Haute-Sombre et doit être attribuée au Flandrien inférieur (assise d'Ostende)

Si le diluvium se trouve aujourd'hui 3 ou 4 m. au-dessus du cours d'eau actuel c'est que celui-ci doit surcreuser constamment son lit pour rejoindre un niveau de base qui, bien que stable actuellement en altitude, se déplace latéralement vers l'amont du ruisseau au fur et à mesure de l'érosion de la falaise. C'est une des rares nappes alluviales du fond des vallées qui soit accessible à nos investigations dans le Nord de la France.(1)

Les couches de dunes qui lui sont superposées représentent un facies continental (dunal et tourbeux) de l'assise de Calais et de l'assise de Dunkerque qu'il est difficile de séparer ici. Mais c'est surtout l'assise de Dunkerque qui est développée.

La coupe schématique d'ensemble est la suivante :

	}	4 Dune actuelle :
Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque)		3 Sable de Dune avec coquilles ;
		2 Dunes et dépôts humiques ou tourbeux, avec poteries gauloises, puis gallo-romaines ;
Flandrien inférieur (assise d'Ostende)		1 Alluvion fluviatile à <i>Elephas primigenius</i> .

(1) L'âge relativement récent de ce diluvium et de la vallée de H^{te} Sombre est indiqué aussi par la direction du cours d'eau qui est sensiblement perpendiculaire à la côte actuelle.

III. — *La tourbe submergée de Wissant.*

Elle n'a aucun rapport de continuité avec les couches de sable dunal humifère précédentes.

Elle est identique aux tourbes submergées de Sangatte, d'Ambleteuse, de Wimereux, de la côte Picarde. Elle a fourni à M. Leriche une faunule malacologique identique à la faune actuelle de nos cours d'eau, et à Day un os d'Aurochs⁽¹⁾. Elle appartient à l'assise de Calais. Je n'y insisterai pas davantage.

§ 2. — LA TRANSGRESSION FLANDRIENNE SUR LA CÔTE BOULONNAISE DE LA MANCHE

Les rives boulonnaises de la Manche présentent du Gris-Nez à Equihen une falaise de dépôts jurassiques, sapée par la mer ; aucune plaine maritime n'a pu s'installer à ses pieds, l'érosion étant plus intense que la sédimentation. On ne peut observer le long de ce littoral aucune formation marine ou fluviomarine préflandrienne certaine⁽²⁾.

On peut cependant, aux embouchures des trois petits fleuves boulonnais, reconnaître des traces évidentes de l'oscillation marine positive flandrienne qui a provoqué la submersion de certaines parties du littoral.

La Slack. Tourbe de la Pointe-aux-Oies. L'embouchure de la Slack située à Ambleteuse et une partie du cours de la rivière ont été creusées artificiellement dans le massif de dunes et dans la roche jurassique⁽³⁾. L'ancien estuaire naturel, oblitéré par les dunes, paraît être situé plus au S. Près de la Pointe-aux-Oies, on voit à marée basse sur la plage une tourbière avec forêt *in situ*, maintes fois décrite déjà et dans laquelle on a trouvé des instruments et des poteries néolithiques⁽⁴⁾.

M. Briquet a pu observer, en 1906, à la suite d'une tempête, le limon jaune brun qui recouvre les pentes de la falaise passer sous la tourbe⁽⁵⁾.

Vers l'amont, dans le ruisseau de Wacquinghem, le sondage de Pas-de-Gay a traversé 20 m. d'alluvions⁽⁶⁾.

Le Wimereux. De la tourbe affleure à marée basse sous le sable de la plage à Wimereux ; Edmond Rigaux en a publié la coupe suivante⁽⁷⁾ :

2. Tourbe avec arbres debout	0 ^m 10
1. Argile blanche	0 ^m 10
2. Argile verdâtre portlandienne dans laquelle pénètrent des racines des arbustes de la tourbe.	

(1) LERICHE [1]. Faune tourbe Wissant, *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1899, p. 283-284 ; — DAY, *loc. cit.*

(2) Le banc de galets qui encombre l'embouchure du Wimereux vers l'alt. + 10 et dont la richesse en galets exotiques a attiré l'attention de M. Briquet. (BRIQUET [18]. *Form. litt. pléistocène Wimereux*, 1922, p. 167), paraît en raison même de cette richesse en galets exotiques devoir être attribué au Flandrien moyen ou à une formation plus récente encore.

(3) BRIQUET [6]. *Form. quat. litt. du Pas-de-Calais*, *A. S. G. N.*, t. XXXV, 1905, p. 230.

(4) MUNIER-CHALMAS et PELLAT. *Livret-Guide*, VIII^e Congrès, p. 26.

(5) BRIQUET [6]. *loc. cit.*, p. 232

(6) OLRV. *Trav. d'expl. et de rech. bass. houiller Boul.*, *Bull. S. Carte Géol. Fr.*, 1904, p. 112 ; M. P. Pruvost a bien voulu me signaler que l'orifice du sondage ne devait pas se trouver à une altitude supérieure à + 18. Ainsi le socle jurassique du lit de la rivière serait très peu inférieur à zéro.

(7) E. RIGAUX [4]. *Note sur la plage de Wimereux*, p. 114-115.

— —

En face du Grand Hôtel, plus au large, il a pu observer un autre banc de tourbe inférieure au précédent de 3 m environ; ce lit est épais de 0^m,20 et recouvert d'argile verdâtre avec débris de végétaux et *Corylus avellana*. L'altitude de ces couches est voisine de 0.

La Liane. A Boulogne, lors d'un forage effectué dans la vallée de la Liane (usine à ciment) près de la berge W. de la rivière on a reconnu le fond rocheux de la rivière à 27 m. de profondeur (1) .

Un crâne néanderthaloïde d'un Néolithique a été trouvé dans les sédiments argilo-tourbeux de la rivière (2).

Conclusions. L'ensemble des faits que je viens de rappeler montre que la transgression flandrienne s'est manifestée sur les côtes boulonnaises de la Manche dans des conditions identiques à celles qui se sont réalisées sur le littoral de la mer du Nord.

(1) E. RIGAUX [2]. Notes p servir Géol. Boul , *Mém. Soc. Ac. Boulogne-s/Mer*, t. V, 1872, p. 71.

(2) GOSSELET [6]. Ossem. alluvions Liane à Boulogne trouvés par M. Hamy, 1889.

CHAPITRE XI

Le Monastirien de la Plaine maritime Picarde

§ 1 GÉNÉRALITÉS SUR LA PLAINE MARITIME PICARDE. — Le plateau crayeux d'Artois et de Picardie est bordé le long de la Manche, d'Equihen à Ault, par une plaine, souvent désignée sous le nom de Marquenterre (1); elle constitue les Bas-Champs de Picardie.

On y observe un rivage ancien avec falaise morte, différentes lignes de rivage avec cordons littoraux; elle est formée d'une accumulation de sédiments en grande partie marins; elle se trouve sous la menace de l'inondation marine dont elle est protégée par un système de digues, combiné à un réseau de fossés et de canaux d'évacuations appelés *courses* ou *nocs* (2) équivalents des watergands de la Flandre.

C'est donc une plaine maritime tout à fait typique (fig. 1; fig. 24.)

Son intérêt géologique considérable consiste principalement en ce fait qu'elle se développe à l'embouchure de la Somme où les terrasses fluviales ont été particulièrement bien étudiées par Commont et plus récemment par M. de Lamothe (3).

Mes recherches personnelles dans la plaine picarde ont eu surtout pour objet l'étude des coupes des carrières et la recherche des fossiles dans les différents cordons littoraux.

Limites et dimensions. La plaine maritime picarde commence au S. à Ault. Là on voit très nettement le rivage actuel quitter l'ancienne falaise crayeuse qui se dirige vers Saint-Valéry-sur-Somme, c'est-à-dire au N.-E., le rivage actuel se dirigeant au contraire presqu'au N. (fig. 24).

(1) Par extension abusive d'un vieux nom de pays; voir à ce sujet: DEMANGEON Plaine Picarde, p. 189; — BRIQUET [13]. Bas champs de Picardie, *C. R. Ac. Sc.*, 1921, t. 172, p. 927.

(2) DEMANGEON. *Loc. cit.*, p. 191-192.

(3) Au cours de ce chapitre, j'aurai à utiliser principalement:

1° Les levés géologiques de Gosselet, effectués en vue de la confection de la carte géologique détaillée au 1/80.000^e, feuille de Montreuil, 2^e édition (1901-1904), et les notes d'excursions qu'il a laissées en justification de ses tracés.

2° Le travail d'ensemble de M. Demangeon sur la Plaine Picarde (1905) où se trouvent rassemblés, sur la plaine maritime qui nous occupe ici, une quantité considérable de documents qui ne se trouvaient auparavant qu'épars dans de nombreux travaux, géographiques, archéologiques ou historiques, ainsi que dans les dépôts d'archives.

3° Les synthèses géographiques toutes récentes de M. Briquet, publiées principalement dans les Comptes-Rendus des Séances de l'Académie des Sciences (1919-1921).

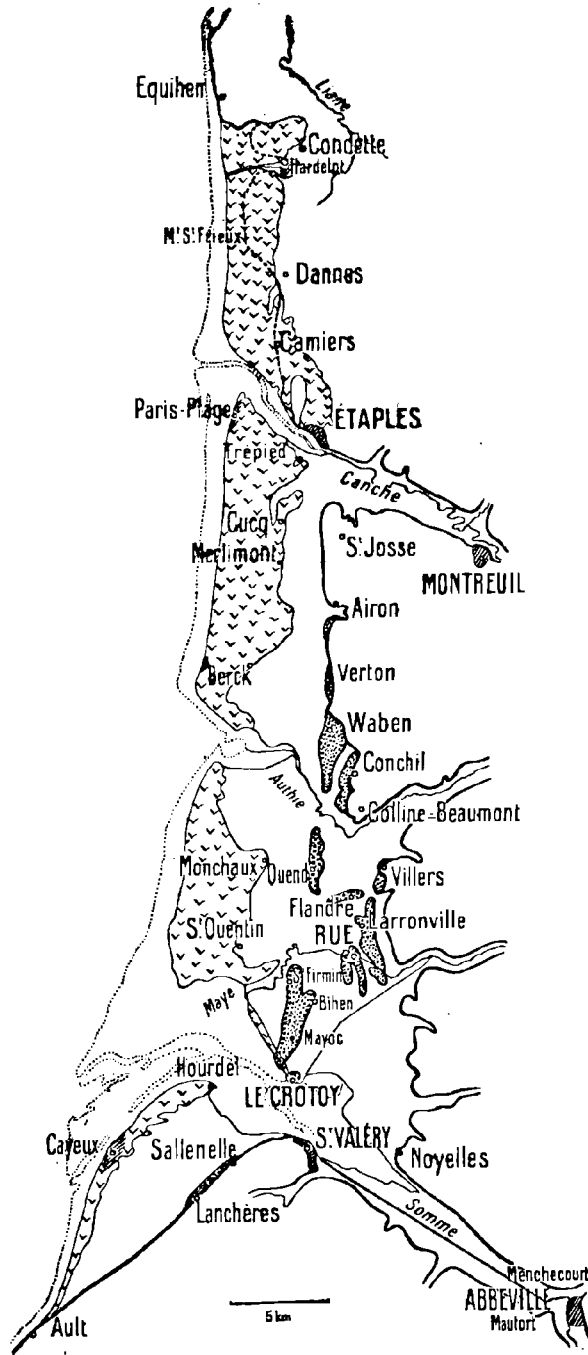


FIG. 24. — La Plaine Maritime Picarde

Falaise morte, cordons littoraux monastiriens et dunes littorales.

La falaise morte est indiquée en trait fort, continu, au S. d'Etaples, et par un trait fort, pointillé, entre Etaples et Equihen, où elle est en partie masquée par les dunes.

Cordons littoraux monastiriens (pruques) en gros pointillé.

Les cordons littoraux flandriens n'ont pas été figurés.

Le trait finement pointillé figure la laisse de basse mer.

L'extrémité N. de la plaine maritime picarde à Equihen est en partie cachée par les dunes qui escaladent au N. de la Canche la falaise morte.

Ainsi comprise la plaine maritime picarde est longue d'environ 60 kilomètres.

La plaine maritime s'étend dans les basses vallées de la Somme, de l'Authie et de la Canche jusqu'aux points où les dernières invasions marines ont abandonné leurs sédiments; en particulier, dans la vallée de la Somme elle se développe jusqu'aux environs d'Abbeville à 23 km. environ du rivage actuel à vol d'oiseau, et dans la vallée de la Canche, jusqu'aux portes de Montreuil, soit à environ 14 km. du rivage actuel. Près de Rue, entre la Maye et l'Authie, la largeur de la plaine maritime n'est plus que de 11 km.; vers Rang-du-Fliers, entre l'Authie et la Canche, elle n'est plus que de 5 à 6 km.; au N. de la Canche vers Dannes ou Camiers, elle n'est plus que de 2 à 3 km. et elle est presque toute entière couverte de dunes.

En résumé la Plaine maritime picarde est une longue et étroite bande de bas pays, formés de terrains récents, principalement en relation géographique avec l'embouchure de la Somme et accessoirement avec de petits fleuves côtiers moins importants : la Maye, l'Authie, la Canche.

Altitude. — Les Bas-Champs se trouvent à l'altitude moyenne + 4 à + 6. Certaines parties marécageuses ne s'élèvent guère au-dessus de + 2. La plus grande partie de la plaine serait donc envahie par les eaux marines à marée haute (1).

Les massifs de galets anciens qui occupent différents points de la plaine s'élèvent à des altitudes qui dépassent + 10.

Le long de la côte, des dunes s'élèvent à des altitudes variables (+ 50 aux environs de Merlimont)

Divisions stratigraphiques générales. — Il y a lieu de considérer séparément :

1° les cordons littoraux anciens, attribuables au Monastirien.

2° les formations littorales ou poldériennes plus récentes que je rapporte au Flandrien.

Le présent chapitre a pour objet l'étude des cordons littoraux anciens monastiriens. Les dépôts flandriens seront étudiés dans le chapitre suivant.

§ 2. LES CORDONS LITTORAUX MONASTIRIENS DE LA PLAINE MARITIME PICARDE.

La plaine maritime de Picardie offre un grand nombre de cordons de galets ayant tous un même aspect, une altitude nettement supérieure à celle de la plaine, adossés à l'ancienne falaise crayeuse ou isolés au milieu de la plaine elle-même. Ils constituent des éminences allongées, à sol sec et relativement peu fertile, bien que cultivé cependant en champs de céréales.

Ces éminences sont appelées *prucqs* ou *pruques* (2). Elles sont éventrées par de nombreuses petites carrières dont le nom local est *pruquières*, et dans lesquelles on exploitait autrefois du sable et des galets en vue de l'entretien des chemins.

(1) Au moins lors des marées de vive eau qui atteignent une altitude voisine de + 5.

(2) DEMANGEON. Plaine Picarde, p. 170.

Ces prumières ont été pour la plupart abandonnées. Depuis quelques années de nouvelles carrières exploitées d'une manière plus moderne ont été ouvertes le long de la voie ferrée d'Abbeville à Boulogne ; on y a exploité les galets pour ballast de chemin de fer, puis comme silex à concasser pour béton. En outre, quelques tranchées nouvelles ont été creusées à travers ces cordons de galets lors de l'établissement d'une voie de campagne destinée à doubler la voie principale pendant la guerre. Des coupes peuvent donc être à nouveau observées.

On connaît de semblables amas de galets au N. et au S. de la Somme, toutefois, au S. de la Somme ils sont peu développés (*Lanchères, Sallenelle*).

J'étudierai les massifs de galets qui révèlent bien leur structure ou qui offrent quelque particularité remarquable, au N. de la baie de Somme.

Répartition des cordons littoraux anciens dans la Plaine Picarde au Nord de la Somme.

— Entre la Somme et la Canche, on peut observer un grand nombre de prumières ; les plus élevées et les plus caractéristiques sont situées au S. de la plaine, près de la Somme.

Vers le N., leur altitude tend à s'abaisser, en même temps que leur teneur en galets.

Les prumières sont réparties selon deux séries principales, orientées toutes deux sensiblement N.-S. (fig. 24) ;

1° *La série orientale* ou *interne* est composée de bancs assez nombreux et assez mal alignés ; ce sont :

a) Les trois bancs de *Rue*, disposés dans le sens N.-S., à peu près parallèlement entre eux.

b) Le banc de *Villers-sur-Authie* appuyé contre la falaise morte.

c) Le banc de *Colline-Beaumont-Conchil-le-Temple*, également appuyé contre la falaise morte.

d) Le banc de *Flandre*, qui s'intercale entre les bancs de *Rue* et de *Villers-sur-Authie* et dont le grand axe est dirigé dans le sens E.-W., presque perpendiculairement à la direction générale des autres bancs.

2° *La série occidentale* ou *externe* est formée d'une rangée très régulière de longs massifs orientés N.-S.

a) Les bancs de *Mayocq-le-Crotoy*.

b) Le banc de *Quend*.

c) Le banc de *Waben* dont l'extrémité septentrionale s'appuie contre la falaise morte.

d) Les petits massifs de *Verton* et *Airon*, également appuyés contre la falaise morte.

Je passerai en revue les différents bancs dans l'ordre indiqué.

§ 3. — LES PRUMIÈRES INTERNES.

Les bancs de galets de Rue.

Il y a autour de *Rue* un faisceau de levées de galets orienté d'une manière générale dans le sens N.-S., c'est-à-dire parallèlement à la falaise morte (fig. 24). L'un d'entr'eux porte la ville de *Rue*. Les autres ont eu leurs relations naturelles modifiées par des travaux de main d'homme dont on n'a pas toujours une connaissance très précise.

Ainsi, il est de toute évidence que la Maye (1) entaille artificiellement le banc de galets de Lannoy-Larronville et plus loin une apophyse du banc de Rue (2).

Gosselet a décrit à Rue trois bancs de galets distincts : 1° le banc de Lannoy-Larronville ; 2° le banc de la ville de Rue ; 3° le banc du cimetière de Rue.

1° *Le banc de Lannoy-Larronville* est le plus important. Il atteint l'altitude 11 mètres (Et.-Maj.) et a été ouvert de part et d'autre de la route de Rue à Arry par de nombreuses carrières dont beaucoup sont abandonnées, et les autres exploitées avec peu d'activité quant à présent. Il peut se suivre au N. jusqu'en face de Vercourt; il est long de 4 km. et large d'environ 1 km. près de Rue et à Larronville.

Dans les carrières de Rue on peut observer une masse de sable et de galets de 7 mètres d'épaisseur environ. D'une façon générale les coupes montrent des bancs inférieurs plus riches en sables et en gravier que les bancs supérieurs ; les galets peuvent atteindre une taille assez considérable ; beaucoup sont du type ellipsoïde avec plus grand diamètre voisin de 0 m. 15, et poids de 1.000 grammes (3).

Les couches superficielles sont fortement rubéfiées à la surface ; elles sont creusées de nombreuses poches de 1 mètre à 1 m. 50 de hauteur remplies par du sable roux, tranchant ainsi nettement sur le sable des couches voisines qui est gris ou jaunâtre.

Les galets sont toujours rares dans ces poches, même lorsqu'elles sont creusées dans un banc très riche en galets ou formé uniquement de galets ; on y voit en revanche, surtout vers la base, des silex éclatés.

Dans une carrière ouverte entre les routes d'Arry et de Forest-Montiers, j'ai observé la coupe suivante, sur le flanc occidental du banc de galets de Lannoy-Larronville (fig. 25) :

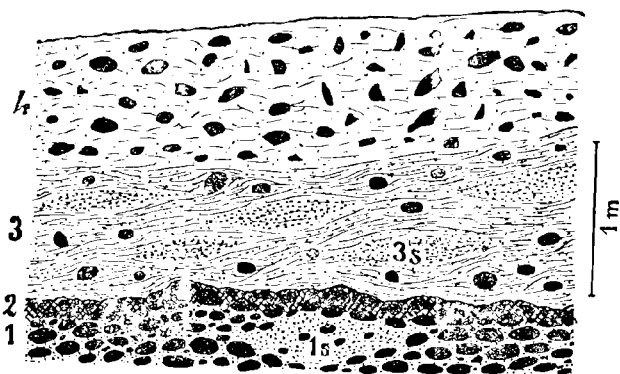


FIG 25. — Coupe levée dans une carrière à Rue (bancs de galets de Lannoy-Larronville).

(1) Il semble que le trajet de la Maye depuis son débouché en Plaine Maritime jusqu'aux abords de St-Quentin-en-Tourmont soit en grande partie artificiel.

(2) GOSSELET [25]. Notes d'exc. f. Montreuil, A. S. G. N., t XXXV, 1906, p. 98-99.

(3) J'ai récolté un galet pesant 1370 gr.

4. Sable un peu argileux avec galets et silex éclatés	0 ^m 75
3. Sable roux un peu argileux avec galets et silex éclatés rares et lentilles sableuses, sans argile (3 s)	1 ^m 00
2. Zone fortement rubéfiée des sables et galets sous-jacents	0 ^m 05 à 0 ^m 10
1. Galets de toute taille avec sables rares et par places une lame sableuse pauvre en galets (1 s); visibles sur	1 ^m 50

Les couches supérieures 3 et 4, pauvres en galets dans l'ensemble, montrent surtout des sables rubéfiés un peu argileux avec des silex éclatés plus ou moins anguleux. Elles ravinent fortement les couches 1 et 2, la couche 2 n'étant que la zone superficielle rubéfiée de la couche 1. Les couches supérieures 3 ou 4 apparaissent nettement comme des couches de remaniement d'allure diluviale, véritables limons de ruissellement provenant de la partie supérieure du banc de galets et déposés sur les flancs de celui-ci.

Je ne connais ni l'épaisseur totale du banc de galets de Lannoy-Laronville ni la nature de son soubassement géologique. Ce cordon littoral n'a fourni jusqu'à présent que des galets de silex. Je n'y ai trouvé ni galets exotiques, ni fossiles.

L'état d'altération de ces bancs supérieurs et des couches de ruissellement qui recouvrent ses flancs, couches manifestement enlevées à la partie axiale du cordon prouvent à la fois que son altitude primitive était plus considérable que son altitude actuelle, et qu'il est de formation ancienne.

2° *Le banc de la ville de Rue* qui porte le bourg s'étend au S. jusqu'au delà du château du Broutel. Le petit îlot de galets qui se trouve vis-à-vis de l'église sur la rive droite de la Maye devait s'y relier, selon toute vraisemblance. Le banc de galets de la ville de Rue mesure environ 2000 m. de long sur 500 m. de large ; il atteint une altitude de 10 à 11 m. aux abords de l'église (à l'entrée de la rue du Four). Il repose sur de la craie à 7 ou 8 m. de profondeur (1). Il en résulte que la craie doit être sous Rue à une altitude voisine de 0 m. (environ + 2).

3° *Le banc du cimetière de Rue et de la route du Crotoy* est plus occidental.

Il a environ 1000 m. de longueur et 300 m. de largeur.

Bancs de galets de Villers-sur-Authie. (fig. 24).

Je signale pour mémoire les deux lambeaux de galets que Gosselet a figurés sur la feuille de Montreuil, l'un au S. de Bretagne, hameau de Villers, l'autre à Villers même.

J'attirerai l'attention sur le fait que l'altitude du village variant de 5 à 10 m., les puits qui ont 10 m. de profondeur pénètrent dans la craie (2). On peut déduire de cette indication que le cordon littoral est installé sur la craie à une altitude très voisine de 0.

Banc de galets de Colline-Beaumont et Conchil-le-Temple (fig. 24).

L'Authie débouche dans la plaine maritime picarde entre Colline-Beaumont et Villers-sur-Authie. Le massif sparnacien de Colline-Beaumont domine cette embouchure au N. à l'altitude 43 (3) (fig. 27).

(1) GOSSELET [25]. Notes d'exc. f. Montreuil, p. 99.

(2) GOSSELET [25]. *loc. cit.*, p. 101.

(3) GOSSELET [25]. *loc. cit.*, p. 21, p. 65 ; — BRIQUET [4]. Capture de l'Authie, *A. S. G. N.*, t. XXXIV, 1905, note p. 292.

Un cailloutis alluvial couronne les buttes de Colline-Beaumont. Les couches tertiaires reposent sur un plateau crayeux dont l'altitude moyenne est de 30 m. (cote 33 Et-M.). Ce plateau crayeux est recouvert de limons peu épais qui font défaut sur les pentes du plateau en certains points. Il s'étend, vers le N., à l'E. de Conchil, du Temple, et de Waben, à une altitude toujours assez voisine de 30 m., sauf si l'on s'écarte très à l'E. de la plaine maritime où le plateau atteint une altitude avoisinant 50m.

Le pied de ce plateau crayeux est bordé par un cordon littoral qui commence à peu de distance au N. de l'Authie et qui s'étend jusqu'au Temple, présentant toutefois deux interruptions, l'une juste au S. de Conchil, l'autre entre Conchil et Le Temple ; elles sont en relation avec deux petits vallons secs qui descendent du plateau crayeux et dont les eaux torrentielles ont enlevé en tout ou en partie le cordon littoral à leurs débouchés dans la plaine ; ces vallons secs sont occupés par des limons de lavage.

En certains points la surface du cordon littoral, presque horizontale, est bien distincte du coteau crayeux dont la pente est plus fortement accusée ; c'est ce qui se présente près de Colline-Beaumont par exemple. Ailleurs, à Conchil ou au Temple, on passe insensiblement de la surface du cordon littoral à la côte crayeuse couverte de limons par une pente régulière et continue.

Il y a lieu de considérer séparément les trois lambeaux de : 1° Colline-Beaumont ; 2° Conchil ; 3° Le Temple.

1° *Lambeau de Colline-Beaumont.*

Le chemin qui descend de Colline-Beaumont directement à la plaine maritime après avoir passé entre les deux buttes sparnaciennes vient aboutir à l'Authie sans avoir traversé la masse de galets du cordon littoral de Colline-Beaumont. En effet, en longeant ce chemin on peut suivre divers affleurements crayeux jusqu'à la voie ferrée aujourd'hui désaffectée qui doublait la voie normale de Boulogne à Abbeville pendant la guerre.

Dans les petites tranchées de cette voie latérale on voit la craie à une altitude voisine de 6 m. et en d'autres points les sables argileux à *Cardium edule*. Je n'ai pu observer la superposition directe de ces sables sur la craie, par suite de l'état des tranchées. Mais comme aucune formation n'est visible en ce point, la superposition des sables argileux à *Cardium* à la craie ne peut être mise en doute.

A quelques centaines de mètres au N. commence le cordon littoral de Colline-Beaumont exploité dans une grande carrière actuellement en activité (ballastière E. F. Robbezin frères.)

Carrière Robbezin. — Le sommet de la masse de sables et galets exploités avoisine l'altitude 12 m. ; le sol d'exploitation est selon les points à l'altitude 4, 5, ou 6 m. Le front d'exploitation est dirigé parallèlement à l'ancienne côte crayeuse. Aucune dépression ne se dessine entre le coteau et le cordon littoral.

La coupe du front de carrière est assez variable dans ses détails selon les points observés.

Dans la partie S. de la carrière on a exploité le banc de galets le plus près possible de sa limite orientale et par conséquent très près de son contact avec la craie. On peut y observer

particulièrement bien les bancs supérieurs riches en galets. On suit sur presque tout le front d'exploitation une séparation de la masse de galets en deux parties (fig. 26) :

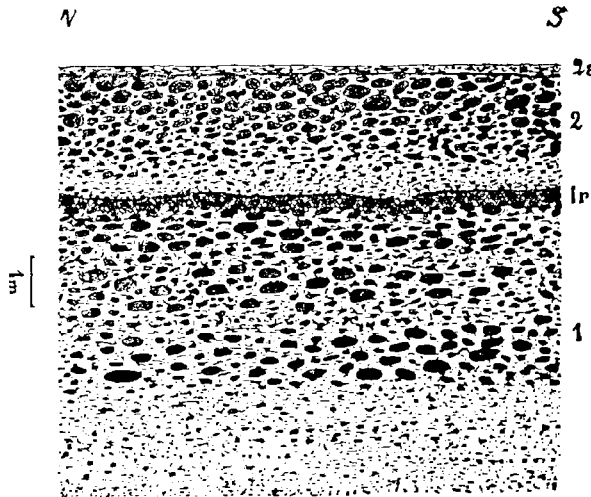


FIG. 26. — Coupe levée dans la partie S de la carrière Robbezin à Colline-Beaumont.

1° A la base, dominant des sables et des graviers en bancs alternants, parfois lenticulaires (fig. 26 - 1) ; les couches les plus élevées sont les plus riches en gros galets susceptibles d'atteindre 5 à 10 cm. de diamètre, parfois davantage. Sables, graviers et galets sont gris jaune. Cette masse inférieure possède 4 m. à 4 m. 50 d'épaisseur, et les 25 cm. supérieurs en sont rubéfiés (fig. 26 - 1r).

2° Au-dessus de cette couche rubéfiée repose une seconde masse de galets qui atteint en moyenne 2 m. 50 d'épaisseur et qui débute par de petits éléments bien calibrés, de diamètre égal à 2 ou 3 cm. Progressivement le calibre des galets augmente, et dans la partie supérieure de cette seconde masse on revoit de gros galets de 5 à 10 cm (fig. 26 - 2). La zone superficielle du banc de galets est altérée très irrégulièrement sur 0 m. 30 d'épaisseur moyenne et sous forme d'une couche de sable un peu argileux contenant des galets et des silex éclatés (fig. 26 - 2a).

Plus au N. l'exploitation n'entame que la région centrale du cordon littoral, un peu moins élevée, car la surface du cordon littoral s'abaisse doucement vers la plaine maritime.

La masse du cordon littoral est plus riche en couches sableuses et la zone superficielle d'altération est plus épaisse ; la couche remaniée de limons sableux argileux riches en silex cassés peut atteindre 1 m. ; en outre la masse de galets est creusée de poches de 1 m. à 1 m. 50 de profondeur contenant du sable à silex cassés. (Pl. IV, fig. 17)

Ainsi le cordon littoral ne présente dans sa partie la plus élevée qu'une mince couche d'altération, tandis que sur les flancs il offre un revêtement relativement épais de couches provenant du remaniement du cordon de galets lui-même, formées de sables argileux, de galets entiers ou éclatés, les unes logées dans des cavités creusées à la surface du cordon de galets, les autres déposées simplement à sa surface. Ces couches de remaniement indiquent que l'altitude actuelle atteinte par le cordon littoral est plus basse que celle qui a pu être atteinte par le cordon littoral avant toute érosion.

Près des bâtiments et machineries de la carrière, un puits a été creusé dans la masse des sables qui constituent la partie inférieure de la prucque. MM. Robbezin m'ont très aimablement fourni des détails sur ce puits. Il atteint 3 m. 60 environ de profondeur et a été creusé jusqu'à la craie. Il y avait en été 1922 environ 2 m. 80 de sable sec et 0 m. 80 d'épaisseur d'eau sur la craie. Les 80 cm. mouillés correspondraient à :

- | | |
|---|-------------------|
| 3. Sable glauconieux (base des 2 ^m 80 de sable signalés) | 0 ^m 20 |
| 2. Silex mal roulés plus ou moins cornus | 0 ^m 60 |
| 1. Craie | |

Je n'ai pas pu voir ces silex mal roulés plus ou moins cornus, et n'ai donc pas pu me rendre compte de leur signification stratigraphique exacte. J'ai évalué l'altitude de la craie à environ 2 m., d'après ces données et l'altitude de l'orifice du puits levée au baromètre.

Un peu au N. des bureaux de la carrière des tranchées montrent bien les sables de la partie inférieure du cordon littoral :

Ce sont des sables fins, doux au toucher, constitués essentiellement par des grains de quartz d'une dimension moyenne de 100 à 300 μ ; la glauconie se présente en grains de 50 à 100 μ fréquemment altérés ; ils contiennent de petits éclats de silex à arêtes légèrement roulées, dont le diamètre est de l'ordre du 1/2 cm. ou du cm., et, fait particulièrement important, des fossiles d'ailleurs très rares, et pulvérulents au toucher ; je n'ai pu en observer que quelques fragments en les silicatant sur place.

La faunule des sables de Colline-Beaumont-Conchil se réduit à deux espèces :

Tellina balthica L.

? *Modiola adriatica* Lmk.

Observations sur ces deux formes :

Tellina (Macoma) balthica Linné est ici une forme de très petite taille et à test particulièrement délicat ; son diamètre antéro-postérieur est relativement élevé (10 à 12 mm. pour une hauteur voisine de 9 mm.). Elle est donc assez différente de l'espèce typique de la mer du Nord et des côtes scandinaves, qui est généralement de plus grande taille et moins allongée.

La forme fossile considérée rappelle celle qui a été figurée par Brøgger et qui provient des bancs coquilliers à faune boréo-arctique du Senglacial de Bjørum (fjord de Christiania) (1).

Tellina balthica est une forme essentiellement boréale ; mais elle est extrêmement commune dans la Manche ; elle l'est relativement moins que sur nos côtes océaniques.

Elle apparaît dans nos contrées dans le crag de Weybourne et se rencontre ensuite dans la plupart des formations marines quaternaires.

Modiola (Volsella) adriatica Lamark. — Je rapporte avec doute à cette espèce des fragments de coquilles nacrées à test mince et de coloration légèrement rosée. La coquille devait être de petite taille et offrait quelques fines stries radiales. La détermination spécifique et même générique ne peut être faite de façon certaine. Toutefois par la comparaison de ces fragments avec un grand nombre de coquilles diverses actuelles ou fossiles à test

(1) BRØGGER [1] Senglaciale og Postglaciale Nivafor, 1900-1904, pl. VI, fig. 17 a, 17 b.

nacré, principalement de *Modiola* et de *Mytilus*, j'ai été amené à les rapprocher de *Modiola adriatica* Lamark. Cette espèce se présente parfois avec de fines stries radiales (c'est la forme qui a été appelée *Modiola striata* par Hanley); cependant la séparation de ces formes striées avec *Modiola adriatica* typique ne paraît pas justifiée (même à titre de variété) (1).

C'est à cette forme que paraît plus spécialement se rapporter la coquille considérée ici.

Modiola adriatica Lamark est un type lusitanien dont l'aire de répartition s'étend au N. depuis les côtes anglaises de la Manche (2) jusque Gibraltar (3) ainsi que dans la Méditerranée où elle est connue depuis le Plaisancien.

Elle est également assez connue sur les côtes septentrionales de Bretagne où elle vit dans le sable ou l'argile des polders. (4)

Elle devient plus rare sur les côtes de la Manche au N. du Cotentin.

Caractère de la faune. — Autant qu'on peut en juger par les quelques échantillons récoltés, la faunule de Colline-Beaumont paraît boréolusitanienne et assez voisine au point de vue climatique de la faune actuelle de la Manche.

Coupe récapitulative du cordon littoral. — La coupe suivante donne une idée d'ensemble de la structure du cordon littoral :

6. Couches d'altération ou de remaniement (épaisseur variable)	
5. Masse de galets supérieure	2 ^m 50
4. Masse de graviers et galets inférieure	4 ^m 50
3. Sable glauconieux fin à <i>Tellina</i> et <i>Modiola</i>	3 ^m 50
2. Banc de silex	0 ^m 60
1. Craie.	

Allure du socle crayeux. — J'ai signalé la craie sous les sables vers l'altitude + 2 m.; M. Briquet a indiqué le socle crayeux à une altitude voisine de + 6 à + 7 m. Au N. de la ballastière, près du petit vallon qui sépare le lambeau de galets de Colline-Beaumont de celui de Conchil, j'ai pu observer, non pas la craie en place, mais, à la partie inférieure des sables un peu argileux qui constituent la base du cordon de galets en ce point, des particules de craie annonçant le socle crayeux à peu de profondeur vers l'altitude + 5.

Ces différentes observations concordent pour prouver que le socle crayeux du cordon littoral qui se trouve, à l'emplacement de la ballastière, à une altitude à peine plus élevée que 0 m., s'élève doucement vers l'E. (fig. 27).

Mais à la lisière orientale de la carrière on voit encore les galets exploités sur 7 m. d'épaisseur et à une cinquantaine de mètres à l'E. on commence à voir dans les champs

(1) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Moll. baie de St-Malo, p. 51.

(2) Grâce à l'obligeance de M. Robson, j'ai pu en examiner une très belle série, au British Museum, provenant de Jersey où cette espèce est très fréquente.

(3) LAMOTHE [2]. Faune contemp. en Algérie de la l. de riv. de 148 m., B. S. G. Fr., 4^e s., t. XXII, 1922, p. 156.

(4) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. *loc. cit.*, p. 51.

vers l'altitude 20 m. environ, un sol crayeux. Le socle crayeux du cordon littoral subit donc près du bord oriental du cordon, une dénivellation assez rapide amenant la craie de l'altitude voisine de 5 + à une altitude voisine de + 20.

Dès lors on peut interpréter cette pente comme une falaise morte à peu près verticale contre laquelle vient buter le cordon littoral (1).

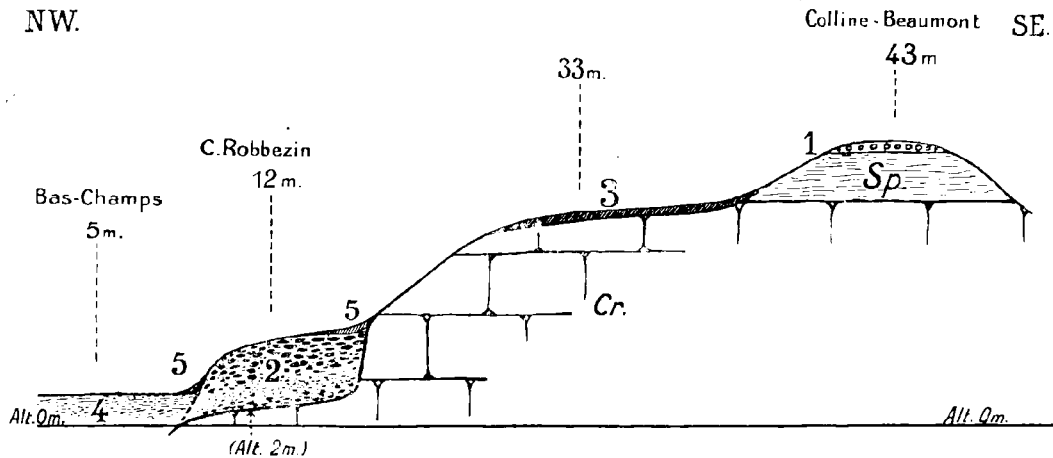


FIG 27. — Coupe du bord de la Plaine maritime picarde à Colline-Beaumont.

LÉGENDE. — Cr craie ; — Sp, Sparnacien ; — 1, diluvium ancien de Colline-Beaumont ; — 2, Monastirien marin ; — 3, limon ; — 4, Flandrien ; — 5, éboulis et limons de ruissellement.

Cordon littoral de Colline-Beaumont au N. de la carrière Robbezin. — On suit le cordon littoral au N. de la gravière le long du chemin qui va de Pas-d'Authie à Conchil.

Les galets se raréfient ; les fossés montrent surtout du sable, parfois de l'argile sableuse analogue à celle que l'on peut observer à la base du cordon littoral du Crotoy. En certains points on voit des morceaux de craie indiquant le socle crayeux altéré.

2° Lambeau de Conchil.

Il commence au S. à peu de distance de la gare de Conchil, et atteint, vers sa partie la plus élevée, l'altitude 11 m. à la sucrerie ; il possède environ 1 km. de long, et se termine au N. près du Temple.

Plusieurs petites sablières ont été ouvertes dans la partie S. du lambeau de Conchil entre le village et la voie ferrée, là où le cordon littoral n'atteint guère qu'une altitude de 7 à 8 m. ; elles sont abandonnées et ne présentent plus de coupes fraîches.

Dans l'ensemble on peut observer des couches riches en galets à la partie supérieure,

(1) Cette interprétation est d'ailleurs conforme à celle qui a été donnée par M. Briquet. — BRIQUET [16]. Origine du Pas-de-Calais, A. S. G. N., t. XLVI, 1921, p. 144

(2) GOSSELET [25]. Notes exc. F. Montreuil, A. S. G. N., t. XXXV, 1932, p. 66

atteignant 0 m. 50 à 2 m. et superposées à des sables jaunes glauconieux, épais de 2 m. 50 à 3 m. (Pl. IV, fig. 18).

Dans le sable jaune se remarquent d'assez nombreux lits de teinte brune, d'épaisseur très variable, assez régulièrement stratifiés, constitués par des sables grossiers et quelques cailloux mal roulés, entremêlés de petits lits de sable argileux. De distance en distance, il y a un lit de petits galets roulés ou de cailloux anguleux, à patine blanche.

Je n'ai trouvé dans ces sables aucun fossile ni aucun galet exotique. (1)

Entre les carrières décrites et le village, la voie ferrée a coupé le cordon littoral en tranchées, là où la surface du cordon est vers l'altitude 10 m. On voit surtout des galets à la partie supérieure, des sables vers la base.

Gosselet signale que les fondations de la cheminée de la sucrerie sont, à l'altitude 4 m. 71, dans les sables inférieurs aux galets. (2) La couche de galets n'y atteint donc pas plus de 7 m. d'épaisseur.

Près de la gare de Conchil la voie ferrée montre simplement une zone remaniée sur les pentes du cordon littoral et formée de sables, argiles, galets et silex éclatés (alt. 6 m.).

3^o Lambeau du Temple.

Il n'a que quelques centaines de mètres de longueur. Gosselet a vu dans l'agglomération du Temple des carrières où l'on exploite le sable inférieur aux galets (3) Elles sont aujourd'hui fermées.

Banc de galets de Flandre (fig. 24 et Pl. III, fig. 14)

Le banc de galets de Flandre constitue un massif étroit et allongé, orienté transversalement par rapport aux autres cordons de galets d'entre Somme et Authie. Il se trouve au S. de l'Authie.

Si l'on prolonge l'axe de la vallée de l'Authie à son débouché dans le Marquenterre, on peut observer que cet axe vient passer entre le cordon de galets de Flandre et celui de Quend, et que le cordon de Flandre tend à s'orienter vers son extrémité occidentale parallèlement à son axe paraissant ainsi border le bord S. de la vallée de l'Authie, noyée déjà par la mer monastirienne.

Les quelques maisons constituant le hameau de Flandre (commune de Rue) sont situées sur son flanc méridional. Il est entamé par plusieurs carrières dont deux actuellement en pleine activité sont situées de part et d'autre de la voie ferrée du littoral.

La partie la plus élevée du banc de galets est à l'altitude 10 (Et.-Maj.)

(1) A la surface du cordon littoral et dans la partie remaniée et altérée de la masse, on trouve d'assez nombreux débris de *Cardium edule* à test non décalcifié et épais, simplement un peu bruni tantôt par de la limonite, tantôt par des produits organiques. Ces débris de coquilles n'appartiennent pas au cordon littoral et sont plus jeunes que lui. Quoique la faible altitude à laquelle on les trouve (7 à 8 m.) n'exclue pas a priori la possibilité d'un dépôt naturel de ces coquilles par la mer qui a battu récemment l'ancien cordon littoral de Conchil, l'aspect et le gisement de ces *Cardium* doivent plutôt les faire considérer comme des débris de cuisine. Il y a lieu de rappeler à ce propos que des sépultures gallo-romaines ont été découvertes à la surface du cordon de galets de Conchil. (GOSSELET [25]. Notes d'exc. F. de Montreuil, p. 18).

(2) GOSSELET [25]. *loc. cit.*, p. 65.

(3) GOSSELET [25]. *loc. cit.*, p. 66.

Le banc s'étend depuis les abords de la route de Rue à Villers-sur-Authie jusqu'au près de la ferme d'Herre. Il décrit ainsi un arc de cercle de faible courbure, à concavité tournée vers le S. et de telle manière que son axe orienté dans le sens E.-W. à Flandre, est orienté près d'Herre dans le sens N.E.- S. W. Ainsi délimité il a environ 3 km. de longueur et 500 m de largeur (1).

La carrière ouverte à l'E. de la voie ferrée montre une masse de sables et des galets de silex de toutes tailles sur une épaisseur de 6 m. à 6 m. 50, avec une zone rubéfiée et altérée à la surface. (Pl. III, fig. 14)

La gravière ouverte à l'W. de la voie ferrée offre un intérêt spécial : les exploitants y ont pratiqué un sondage pour rechercher la base de leur masse de galets près de la lisière N. de la levée en un point où la masse exploitée a 2 m. 50 d'épaisseur. Ils ont rencontré le niveau d'eau à 2 m. 50 de profondeur du sol d'exploitation et la craie à 5 ou 6 m. En ce point, il y a donc environ 8 m. d'épaisseur de sables et de galets, et la plate forme littorale crayeuse se trouve vers l'altitude —2.

L'épaisseur totale de la masse de sables et de galets est d'environ 12 m. Ici encore elle est constituée par des sables fortement décalcifiés ; je n'y ai trouvé ni fossiles ni galets exotiques. En général la base est plus sableuse que la partie supérieure.

L'altitude atteinte par le banc de galets a été autrefois plus élevée qu'aujourd'hui, car sa région superficielle montre de nombreuses poches d'altération et ses flancs un revêtement épais de galets cassés et rubéfiés.

A sa pointe occidentale, le banc de Flandre s'abaisse : contre lui s'appuie un banc de sables à *Cardium* d'âge plus récent (banc d'Herre) (2). Ces sables sont comparables à ceux qui entourent le banc de Saint-Firmin et appartiennent au Flandrien.

§ 4.— LES PRUQUES EXTERNES.

Bancs de galets du Crotoy et de Mayocq.

Les deux bancs de galets du Crotoy et de Mayocq ne peuvent guère être étudiés séparément : ils semblent avoir été primitivement réunis, on peut les observer tous deux aux environs immédiats du Crotoy ou au Crotoy même, enfin c'est dans la petite falaise du Crotoy (où affleure en réalité le banc de Mayocq) que Gosselet a pris le type de l'assise qu'il a appelée « assise des galets du Crotoy ».

A) *Banc du Crotoy.* — Le bourg du Crotoy est installé sur un petit massif de galets en partie recouvert de dune et dont l'altitude atteint environ +8 (fig. 24).

On peut en voir les galets constitutifs dans la partie la plus élevée de la ville près de la vieille tour qui domine la plage et le port.

Le banc de galets du Crotoy a été décrit ou signalé par Lefils, Ravin et plus récemment

(1) La carte topographique de l'Etat-Major le signale par une butte à Flandre ne s'étendant pas à l'W. jusqu'à la voie ferrée. En réalité sur l'axe du banc de galets le sol ne s'abaisse que d'environ 3 m., depuis le point coté 10 jusqu'à la carrière ouverte à l'W. de la voie ferrée. L'abaissement du sol ne devient plus sensible qu'à l'W. de cette dernière.

(2) GOSSELET [25]. *loc. cit.*, p. 99

par M. Demangeon qui a donné un croquis schématique indiquant les relations primitives de ce banc avec celui de Mayocq (1).

D'après ces auteurs le petit massif du Crotoy ne serait qu'une ancienne digitation du massif de Mayocq et le bourg primitif du Crotoy aurait été établi dans la concavité de cette digitation à l'abri des vents de la baie. L'érosion marine aurait ultérieurement détruit la partie commune de ces massifs qui sont aujourd'hui éloignés d'environ 800 m.

B) Banc de Mayocq (ou Mayoc) (fig. 24). — Ce banc s'étend depuis la falaise du Crotoy au S. jusqu'à Saint-Firmin au N. Il supporte quelques villas du Crotoy, les fermes du hameau de Mayocq, reste d'une importante agglomération du Moyen-Age (2).

Au N. de Mayocq le massif tend à se digiter : la masse principale va mourir à Saint-Firmin, tandis qu'une ramification va se terminer au hameau de Bihen. Cette ramification nous donne une idée de ce que pouvait être le massif du Crotoy avant qu'il n'ait été isolé par l'érosion marine.

La longueur totale du banc de Mayocq atteint 5 km. et sa plus grande largeur (un peu au N. des fermes de Mayocq) 1200 m. Son altitude voisine de 5 m. à la falaise du Crotoy, s'élève à 7 m. près de Mayocq, à 10 m. à Saint-Firmin, à 12 m. à Bihen.

On peut le suivre facilement grâce à son altitude plus élevée que celle des Bas-Champs environnants, grâce surtout à son sol brun parsemé de galets ou de silex, tandis que le sol des Bas-Champs est grisâtre ou noir.

Près du Crotoy la rive nord de l'estuaire de la Somme sectionne obliquement le banc de galets ; j'ai fait connaître déjà, après Gosselet, la structure de la petite falaise visible sous la villa des Grèbes (3).

Je rappelle la coupe d'ensemble de la falaise en ce point : (Pl. IV, fig. 15-16)

5. Sable de dune avec bandes callouteuses et bancs de débris de cuisine, coquilles, poteries, sol charbonneux; en moyenne	1 ^m 50
4 a). Falun de <i>Cardium</i> à coquilles presque toutes entières et bivalves	0 ^m 10
4. Falun de <i>Cardium</i> formé de couches de coquilles plus ou moins fragmentées et de lits de petits galets	0 ^m 40
3 a). Sable brunâtre, gris sale, humique par places avec débris de cuisine, poterie, <i>Cardium</i> entiers et fragmentés	0 ^m 05
3. Sable de dune avec bancs humiques, lits de petits cailloux ronds ou anguleux vers la partie supérieure, surtout, et, dans la masse, des débris de <i>Cardium</i> et poteries	1 ^m 00
2. Gros galets dans un sable argileux brun environ	0 ^m 50
1. Argile rousse sableuse avec gros galets rares, petits galets fréquents, au maximum visible sur	1 ^m 00

(1) DEMANGEON. Picardie, p. 172, fig. 16. On trouvera dans la liste bibliographique donnée par M. Demangeon les diverses publications de LEFILS et de RAVIN relatives au Crotoy et ses environs; — Voir également BRIQUET [12]. C. R. A. Sc., t. 172, 1921, p. 697.

(2) Résidence romaine d'abord, puis siège d'une abbaye et résidence des comtes du Ponthieu L'importance topographique du massif entre l'estuaire de la Maye et celui de la Somme explique l'existence de ces établissements anciens. (DEMANGEON. Picardie, p. 172.)

(3) GOSSELET [25]. Lég. feuille de Montreuil suivie de notes d'exc., 1906, p. 9; — DUBOIS [45] Fal Crotoy. A. S. G. N., t. XLVII, 1922, p. 114-117.

Dans le présent chapitre je ne m'occuperai que des couches inférieures 1 et 2 qui sont à classer dans le *Monastirien*, les couches plus élevées devant être étudiées à propos des formations flandriennes.

La couche d'argile sableuse n° 1 est irrégulière et varie en épaisseur suivant les différents points observés ; tantôt sa surface dépasse à peine le cordon littoral actuel, tantôt elle s'élève à 1 mètre au-dessus de ce cordon littoral.

Elle est recouverte par une couche de galets pauvre en sable et gravier (couche 2) qui épouse les irrégularités de la couche précédente ; ces galets sont le plus souvent disposés de telle manière que leur grand axe soit vertical, disposition résultant de la décalcification et de l'altération des couches, les galets tendant à descendre dans les poches d'altération. Ces poches contiennent des sables rubéfiés, quelques galets entiers, et un grand nombre de galets éclatés de silex anguleux, le tout fortement patiné de teintes rouges ou brunes.

L'épaisseur visible des couches 1 et 2 atteint 2 mètres au maximum et l'altitude du sommet de ces formations est voisine de + 6. On n'en connaît pas l'épaisseur totale, le soubassement crayeux des couches quaternaires n'étant pas visible.

A 50 mètres au N. W. de l'affleurement qui vient d'être étudié, on ne voit pas l'argile sableuse inférieure mais seulement une masse de galets, presque toujours verticalement disposés.

Un peu plus au N. W. encore, toute la falaise est entamée par une vaste poche d'altération, et dans cette poche s'enfoncent également les formations plus récentes (notamment le *kjökkenmödding*), le tout très bouleversé.

A 150 mètres environ au N. W. du premier affleurement, on peut encore lever une coupe nette :

5. Poches de sables rubéfiés avec galets et silex cassés.
4. Banc de gros galets (presque tous à grand axe vertical).
3. Petits galets de 2 à 5 cm. de diamètre moyen, formant une couche d'épaisseur assez régulière (0^m20 environ) inclinée de 30° vers l'W.
2. Banc de gros galets de 5 à 15 cm. de diamètre, en couche très irrégulière. Les galets ont leur axe horizontal ou légèrement oblique.
1. Sable, graviers et très petits galets de 1 à 1 cm. de diamètre.

Sauf la couche 3, tous les bancs sont très irréguliers et lenticulaires.

A 250 mètres de la villa des Grèbes, la petite falaise atteint à peine 2 mètres de hauteur totale. Sous la couche de terre végétale et sous 0 m. 50 de sable éolien on voit des sables et graviers avec quelques galets. L'ensemble ne permet pas d'observer de détails.

Entre la côte et *Mayocq* on voit, dans une carrière abandonnée vers l'altitude + 7, des sables et galets fortement rubéfiés, creusés de poches occupées par des sables avec silex cassés.

A *Saint-Firmin* un peu au N. de l'église, dans les fondations d'une maison, j'ai pu observer en 1922, 1 mètre de cailloux roux reposant sur du sable roux avec galets visible sur 0 m. 50. *Saint-Firmin* est donc installé sur une praque et non pas sur les sables flandriens qui entourent la praque et comblent le petit vallon situé entre le banc de *Saint-Firmin* et celui de *Bihen*.

Un sondage récent effectué à Saint-Firmin a rencontré la craie à une faible profondeur (environ — 3).

A *Bihen*, à l'altitude 12 mètres, une carrière en exploitation m'a permis de lever une bonne coupe dans l'assise des galets du Crotoy :

4. Sable argileux, galets et silex éclatés, disposés sans ordre	0 ^m 50
3. Sable roux avec gros galets à grand axe fréquemment vertical	1 ^m 00
2. Banc de sables et graviers et petits galets, de 1 à 5 cm. de diamètre alternant avec des bancs de gros galets de 3 à 7 cm.	2 ^m 50
1. Sable avec gros galets de 2 à 7 cm., visible sur	2 ^m 00

Les couches supérieures sont creusées de poches d'altération irrégulières contenant du sable roux et des silex éclatés. Toute la masse visible est d'ailleurs complètement décalcifiée.

Les graviers et galets sont de toutes tailles ; ils peuvent atteindre de grandes dimensions (j'en ai observé pesant 420 grammes). Tous les galets ont une patine jaune ou rousse ; quelques-uns sont légèrement impressionnés, quelquefois sillonnés ou craquelés. Je n'ai pu observer que des galets de silex, et malgré de longues recherches je n'ai récolté aucun galet exotique ; il en est d'ailleurs de même au Crotoy, à Mayocq et à Saint-Firmin.

Le *sable* est jaune foncé ou brun, il est formé de quartz bien roulé dont les grains atteignent de fortes dimensions : 400 μ à 1 mm. ; ils sont généralement encroûtés de limonite. La glauconie est extrêmement rare et fortement altérée.

Le sable des poches diffère extrêmement peu du sable de la masse *in situ* ; les grains de quartz sont cependant moins gros en général : 100 à 300 μ ; on y trouve d'ailleurs également quelques grains de glauconie. Il semble qu'on puisse considérer les sables des poches d'altération comme des produits en partie éoliens, en partie dus au ruissellement et enlevés au cordon littoral lui-même.

Résumé des observations relatives aux cordons littoraux de Mayocq et du Crotoy. — Le cordon littoral de Mayocq peut atteindre une altitude 12 mètres, inférieure d'ailleurs à celle qu'a pu atteindre le cordon littoral avant sa dégradation par les agents atmosphériques. On ne connaît pas l'altitude exacte de son soubassement crayeux ; cette altitude paraît toutefois être voisine de — 3 d'après un sondage effectué à Saint-Firmin.

Les sables sont totalement décalcifiés et n'ont fourni aucun fossile jusqu'à présent de même ils n'ont livré aucun galet exotique.

Banc de galets de Quend (fig. 24).

Une praque allongée du S. au N. s'étend par le travers du débouché de l'Authie dans la plaine maritime et porte les agglomérations de Bas-Hérre, Quend-le-Jeune, Vieux-Quend et le Muret. Elle est longue de 3 k. large de 1 k. Elle a une altitude voisine de 10 mètres près de Vieux-Quend.

Les fosses du cimetière de Quend montrent du sable roux à galets. Près de la ferme la Prucquière, la gravière de la Motte montre un front d'exploitation haut de 3 mètres dont

la partie inférieure est riche en sables, et la partie moyenne formée principalement de galets. La partie supérieure est formée de couches de sables argileux et caillouteux remaniés avec dépotoir, immondices divers et produits humiques (1). (fig. 28)

Je n'ai rencontré aucun fossile ni aucun galet exotique dans les divers affleurements ou points d'exploitation de ce cordon littoral.

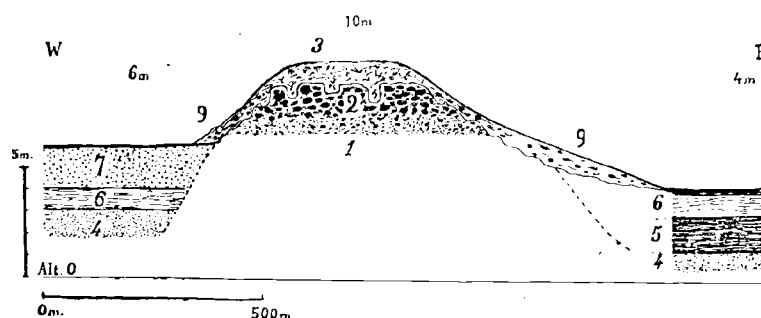


FIG. 28. — Coupe de la praque de Quend et de ses abords.

LÉGENDE. — 1 et 2, sables et galets de la praque (Monastirien); — 3, couches altérées et artificiellement remaniées (station romaine); — 4, sables gris (Flandrien moyen); — 5, argile tourbeuse (id.); — 6, argile de polder (Fl. moyen et sup.); — 7, sables du Marquenterre à *Cardium* (Fland. sup.); — 8, (le chiffre n'a pas été porté sur la coupe au-dessus de la couche 6 à l'E de la praque) tourbe actuelle; — 9, éboulis et limons de ruissellement.

Banc de galets de Waben (fig. 24).

Le bourg de Waben est situé sur une levée de sables et de galets qui s'étend au Sud jusqu'aux abords du Pas-d'Authie sur le territoire de Conchil-le-Temple, soit sur une longueur de près de 4 kilomètres. Sa plus grande largeur dépasse 1 kilomètre en face du Temple

Depuis son extrémité méridionale jusqu'au Temple, il est séparé du banc de Colline-Beaumont-Conchil-le-Temple, par une dépression occupée par des limons sableux qui paraissent provenir du remaniement des sables des deux bancs de Waben et de Conchil.

Au N. du Temple le cordon de Waben semble s'accoler à l'ancienne côte crayeuse. Mais on n'en voit que la partie supérieure formée de couches de limons sableux avec galets rares et silex cassés. Ce limon passe progressivement au limon de coteau qui recouvre la craie. La craie affleure elle-même sur le flanc de ce coteau.

L'altitude du cordon littoral est de 10 mètres environ dans sa partie moyenne. Les sables et galets ont été exploités entre l'église et la voie ferrée; les petites carrières sont toutes abandonnées. Il y a aussi des carrières abandonnées entre Waben et la ferme de la Frénésie à Conchil(2)

(1) On y a trouvé, en outre des poteries, des monnaies et des objets de bronze. C'est une station romaine qui paraît avoir été importante. — GOSSELET [25]. Notes d'exc. f. Montreuil, p. 97.

(2) Le tumulus situé au S. du bourg est, d'après Gosselet, une station romaine. — GOSSELET [25]. Notes d'exc. f. Montreuil, p. 81.

Quand on circule dans les champs à la surface de ce cordon littoral, on constate que le sol est surtout sableux et montre relativement peu de galets.

Les sables et les galets de Waben reposent sur la craie (1).

Cordons littoraux au Nord de Waben (fig. 24).

Au N de Waben la voie ferrée de campagne a mis en évidence en différents points des amas sableux avec galets rares, comme par exemple près de la station de Verton et près d'Airon.

Ces amas sableux paraissent être la continuation du cordon littoral de Waben, découpé en lambeaux à la suite des ravinements produits par les eaux de ruissellement descendues de la côte crayeuse.

Ils montrent que le cordon littoral s'appauvrit de plus en plus en galets à mesure que l'on s'éloigne de la côte picarde où la falaise, formée de craies riches en silix, produit une grande quantité de galets.

§ 5. — RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS RELATIVES AUX PRUQUES DE LA PLAINE MARITIME PICARDE.

1° Les cordons littoraux nommés pruques, en Plaine maritime picarde, sont constitués par des sables assez grossiers, en général, des graviers et des galets de silix.

Leur origine marine est démontrée par la forme des galets, la présence de glauconie dans le sable, la présence de coquilles marines à Colline-Beaumont.

2° Ces couches sont presque partout dépourvues de fossiles, sauf à Colline-Beaumont où j'ai pu récolter de très rares exemplaires de *Tellina balthica* L., et de (?) *Modiola adriatica* Lamark, qui indiquent, au point de vue climatique, une faune peu différente de la faune actuelle des côtes picardes.

3° La surface des bancs atteint l'altitude 12 mètres.

Mais cette altitude est inférieure à celle qu'a pu atteindre cette surface avant sa dégradation par l'érosion atmosphérique. En raison de l'importance de la décalcification et de la dégradation superficielle des bancs, il me paraît vraisemblable que les cordons littoraux ont pu atteindre au moins l'altitude + 15

4° Je n'ai encore trouvé dans ces bancs aucun galet exotique.

5° Toutes les couches sont fortement altérées et décalcifiées.

La surface des bancs est recouverte d'une formation éluvienne, provenant du remaniement des couches, presque sur place, et occupant souvent des poches creusées dans la masse.

6° Les couches de base reposent sur un socle crayeux, dont l'altitude (en tous les points où celle-ci est connue) est assez voisine de zéro.

Comparaison avec les bancs de galets anciens du Calaisis. — Les pruques de Picardie

(1) GONSELET [25]. Notes d'exc. f. Montreuil, p. 81.

rappellent de très près les cordons littoraux anciens du Calaisis (Coulogne et les Attaques) rapportés plus haut au Monastirien.

L'altitude atteinte par le sommet de la formation littorale est plus élevée en Picardie qu'en Flandre (+ 12 au lieu de + 8). Mais les dépôts marins de Sangatte qui sont de même âge que ceux de Coulogne atteignent une altitude très voisine (+ 11). Si l'on tient compte de l'altitude maxima que les cordons littoraux ont pu présenter avant leur altération et leur dégradation, on obtient en définitive environ 15 mètres pour les pruaques picardes et environ 12 mètres pour les bancs de la plaine flamande (1)

Il est donc tout indiqué de rapporter au même étage *Monastirien* des dépôts aussi identiques et atteignant des altitudes aussi voisines.

L'examen des coupes de Menchecourt et de Mautort permettra de renforcer encore cette assimilation.

§ 6. — LES COUPES DE MENCHECOURT ET DE MAUTORT.

La coupe de Menchecourt. Historique. — Menchecourt est un faubourg d'Abbeville, situé au N.-W. de la ville, au confluent du Scardon avec la Somme, et dans l'angle formé par les rives droites des deux cours d'eau (fig. 24).

Les sablières déjà étudiées par Ravin, Baillon et Boucher-de-Perthes sont aujourd'hui fermées.

L'étude en a été faite pour la première fois, de manière détaillée, par Prestwich (2)

Coupe de la carrière de Menchecourt, d'après Prestwich (3)

8. Surface du sol et sol remanié.
7. Argile brune sableuse et fragments de silex anguleux.
6. Masse de silex et de craie : (2^m environ).
5. Löss très fin et homogène de couleur jaune avec strates de petits cailloutis de silex et de craie, et concrétions calcaires (poupées du löss). Coquilles terrestres, ossements et silex taillés (2 à 5^m d'épaisseur).
4. Sable blanc siliceux (sable aigre), fragments de craie et silex anguleux avec strates de glaise marneuse. Coquilles d'eau douce, *coquilles marines*, ossements, silex taillés : (0^m68 à 2^m10).
3. Gravier de silex blancs et ocreux, subangulaires, galets tertiaires et galets de craie dans un sable blanc. *Coquilles marines* et ossements: (0^m24 à 0^m33).
2. Marne sableuse légèrement colorée (sable gras) parfois très dure ; coquilles terrestres : (1^m à 1^m33).
1. Graviers inférieurs (non exploités).

Prestwich a trouvé des molaires de Cheval, des os de Ruminants et d'Eléphants dans la couche 5, des coquilles marines et *Cyrena fluminalis* dans la couche 3.

(1) Il n'y a pas lieu de surélever de 3 m. la surface des couches marines de Sangatte puisque cette surface a été fossilisée sous l'éboulis crayeux et protégée ainsi contre les dégradations ultérieures.

(2) PRESTWICH [2] On the occurrence of flint implements. *Phil. trans. R. S.*, t. 150, 1860, p. 283-286, fig. 1 et 2, carte pl. X, fig. 1.

(3) PRESTWICH [2], *loc. cit.*, p. 284 ; coupe reproduite in COMMONT [20], Gisements paléolith. d'Abbeville, p. 276.

C'est également dans le lit n° 3 qu'il a récolté deux fragments assez mal roulés de roches cristallines.

Après Prestwich, Lyell a trouvé de nouveaux exemplaires de coquilles marines et signalé la présence de *Corbicula fluminalis* dans deux ou trois sablières de Menchecourt (1); il a enfin tenté de distinguer les faunes mammalogiques des différents bancs de la coupe.

D'Ault du Mesnil a mis en évidence la superposition, à Menchecourt, de deux faunes mammalogiques différentes : les couches de base contiennent une faune chaude avec *E. antiquus*, *Rh. Mercki.*, *Machairodus*, *Trogontherium Cuvieri*; les couches marines et les limons supérieurs contiennent une faune froide avec *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus* (2)

C'est dans les années voisines de 1880 que l'exploitation des sablières a cessé. Aussi lorsque Ladrière visita le gisement vers 1890, il ne put lever dans un talus et quelques petites excavations que la coupe assez confuse suivante (3) :

Assise moyenne	}	Limons de lavage avec silex	1 ^m 20
		Limons rougeâtre et éclats de silex, surtout à la base...	0 ^m 10 à 0 ^m 30
		Amas de galets de craie et de silex (Presle).....	0 ^m 20 à 0 ^m 50
Assise inférieure	}	Limons marneux ou glaise gris-jaunâtre, contenant quelques lits de granules de craie, des débris de silex et quelques coquilles (épais. non indiquée)	
		Sable pur, grisâtre. C'est vers le milieu de cette couche que serait intercalé un lit de sable grossier con- tenant des coquilles marines. M. Prestwich cite <i>Cyrena fluminalis</i>	id.
		Diluvium inférieur avec silex chelléens, <i>Elephas pri- migenius</i> , <i>Equus</i> , <i>Bos</i>	id.

D'après cette coupe où les couches à *E. antiquus* sont ignorées, les limons supérieurs n'existeraient pas, ayant été enlevés et remplacés par du limon de lavage avec silex. Mais il faut se défier de cette manière d'interpréter la partie supérieure des limons : Ladrière dénommait souvent « limon de lavage » les bancs supérieurs des masses limoneuses qui n'offraient pas la division typique en ergeron et terre à briques. Il y a surtout lieu de retenir de ces observations que Ladrière a reconnu l'existence de l'un de ses « limons moyens » (limon rouge) au-dessus des sables marins.

Mais M. Rutot qui avait pu encore observer en 1881 les couches à *E. antiquus*, en compagnie de d'Ault du Mesnil et de M. Van den Broek, publia en 1900 une coupe transversale du gisement dans laquelle on peut voir, nettement figurés, les rapports des couches à faune chaude et des couches à *E. primigenius*, ainsi que la situation des bancs marins : les couches marines et les dépôts de limons à *E. primigenius* ravinent les couches à *E. antiquus* (4).

(1) LYELL. Antiquity of Man. (Trad. Chaper), 1854, p. 127.
 (2) D'AULT DU MESNIL in RUTOT [10], *Corbicula fluminalis*, p. 17.
 (3) LADRIÈRE [15] Etude strat. terr. quat., 1890, p. 249.
 (4) RUTOT [10], *Corbicula fluminalis*, 1900, p. 15-19, coupe fig. 5.

La coupe donnée par Gosselet en 1903 reproduit celle de Prestwich avec quelques modifications empruntées à celle de Ladrière (1).

Il en est de même de celle de Commont qui, n'ayant pu faire aucune observation personnelle à Menchecourt, a cru pouvoir admettre que les sables marins devaient appartenir à la même série que les couches continentales à faune chaude (*E. antiquus* et *Hippopotamus*), en se basant principalement sur le fait hypothétique que *C. fluminis* étant une forme chaude avait dû vivre en même temps que les mammifères de la faune chaude, et nullement en compagnie des mammifères de la faune froide (2).

Plus récemment, M. de Lamothe après avoir soulevé différentes objections aux conclusions de Commont (3) (objections sur lesquelles je ne reviendrai pas ici), a admis qu'à Menchecourt, les alluvions à *Elephas primigenius* avec à la base les sables marins sont emboîtées d'une dizaine de mètres dans les alluvions renfermant la faune de la nappe de St-Acheul.

M. Depéret enfin, a rapporté à son étage Monastirien les couches fluviomarines de Menchecourt, les couches inférieures à *Elephas antiquus* représentant le pied d'une nappe fluviatile plus ancienne (nappe tyrrhénienne) (4).

Caractères généraux des sables fluvio-marins de Menchecourt. — Les caractères des sables à coquilles marines de Menchecourt sont, en résumé les suivants :

1^o *Caractères stratigraphiques.* — Les sables de Menchecourt reposent sur des graviers fluviatiles à faune chaude (*E. antiquus*, *Rh. Mercki*, *Trogontherium Cuvieri*, *Hippopotamus major*) et les ont ravinés.

Ils sont recouverts par des limons parmi lesquels un limon rouge est particulièrement bien développé.

2^o *Caractères altimétriques.* — Ils ne sont pas exactement connus. On peut attribuer semble-t-il l'altitude + 11 au sommet des couches fluviomarines.

3^o *Caractères lithologiques.* — Ils sont décrits par Prestwich dans sa coupe.

Ce sont, au sommet, des sables blancs dits « sables aigres » par les ouvriers, c'est-à-dire dépourvus d'argile. Toutefois ils contiennent des bancs marneux, des fragments de craie et de silex anguleux, des galets des mêmes roches, et enfin des galets exotiques de roches cristallines (2 échantillons) assez mal roulés, très analogues à ceux qu'on observe dans les sables marins de Sangatte.

4^o *Caractères fauniques.* — Les sables contiennent une faune d'espèces marines, fluviatiles et terrestres.

a) Les espèces *marines* indiscutablement reconnues par Prestwich et d'Ault du Mesnil sont (5) :

(1) GOSSELET [22] Esquisse, fasc. IV, p. 366.

(2) COMMONT [20] Gisements paléolithiques d'Abbeville, p. 277-280.

(3) LAMOTHE [1] Nappes alluv. Somme, 1918, p. 30-34-36.

(4) DEPÉRET [1] Coord. générale, C. R., t. 107, 1918 sept., p. 418.

(5) PRESTWICH [2] On the occurrence of flint implements, p. 286; — LYELL Antiquity of man, Trad. Chapter p. 128; — COMMONT [20] Gis. pal. Abbeville, p. 279.

<i>Cardium edule</i> L.	L	<i>Nassa reticulata</i> L.	L
<i>Tellina balthica</i> L. (<i>T. solidula</i>)	B	<i>Purpura lapillus</i> L.	B
<i>Ostrea edulis</i> L.	L	<i>Littorina littorea</i> L.	B
<i>Buccinum undatum</i> L.	B		

Il y aurait également un *Trochus* et un fragment de *Fusus*.

Ces espèces vivent toutes sur le littoral de la Manche à l'époque actuelle. Trois d'entre-elles ont un caractère lusitanien ; les quatre autres sont plutôt d'affinités boréales, toutes à large extension géographique. Gwyn Jeffreys qui a examiné les coquilles marines rapportées par Prestwich a remarqué l'allure boréale de la faune et signalé notamment que les *T. balthica* lui rappelaient les ormes septentrionales de cette espèce (2). C'est donc une faune tempérée froide possédant de grandes affinités avec celle du Monastirien de Sangatte.

b) Parmi les espèces fluviatiles et terrestres, *Corbicula fluminalis* attire particulièrement l'attention. Elle a été signalée plusieurs fois dans le gisement, même à l'état bivalve (3). Mais je rappelle que cette espèce ne permet de tirer de sa présence aucune considération climatique. Il en est de même d'*Helix arbustorum*, d'après M. de Lamothe qui a discuté de très près la signification climatique des différentes races de cette espèce (3).

Quant aux limons qui recouvrent les sables fluviomarins et leur sont intimement liés, ils contiennent la faune froide et sont en cela analogues aux limons de Sangatte.

Conclusion: comparaison avec la coupe de Sangatte. Ainsi les couches fluviomarines ou saumâtres de Menchecourt sont donc en tous points comparables aux couches marines littorales de Sangatte. On doit les rapporter au Monastirien et cela en dehors de toute considération relative aux terrasses de la Somme.

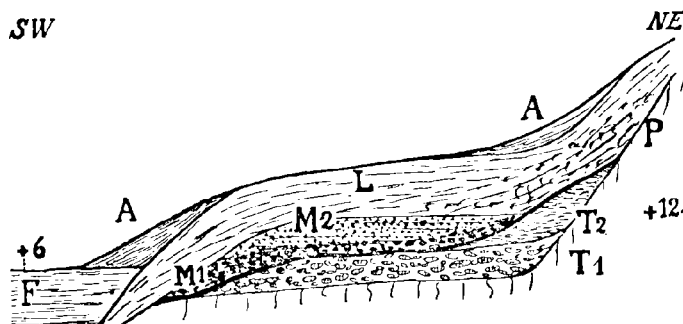


FIG. 29. — Coupe théorique du gisement de Menchecourt.

LÉGENDE. — T, Tyrrhénien (T1 graviers fluviatiles et T2, sables fluviatiles à *E. antiquus*) ; — M, Monastirien (M1, galets fluviomarins et M2, sables fluviomarins à *C. fluminalis* et *E. primigenius*, avec coquilles marines) ; — F, Flandrien (alluvions fluviatiles, tourbes, sables marins à *C. edule*) ; — P, presle et L, limons (Monastirien-Flandrien) ; — A, limons de ruissellement et éboulis (Flandrien Actuel).

(1) Il est seulement indiqué des fragments d'*Ostrea*.

(2) in PRESTWICH [3], *Phil Trans.*, 1864, p. 282.

(3) LAMOTHE [1] Nappes alluviales. p. 30, 34-36

Seulement, tandis que les couches littorales de Sangatte reposent sur une plate-forme littorale crayeuse, les couches estuariennes de Menchecourt reposent sur des dépôts fluviatiles plus anciens qu'elles ont ravinés et qui contiennent une faune chaude qui est la faune mammalogique tyrrhénienne ou prétyrrhénienne (fig. 29). MM. Depéret et de Lamothe ont admis qu'il s'agissait d'un lambeau de terrasse tyrrhénienne (ou nappe alluviale de St-Acheul). On peut admettre cette version en raison du fait que des instruments paléolithiques y ont été signalés. La basse altitude de ces dépôts fluviatiles à faune chaude ne permet pas de préciser s'il s'agit d'alluvions déposées au début de l'oscillation positive tyrrhénienne ou vers la fin de l'oscillation négative de la fin des temps tyrrhéniens (1).

Je résumerai dans le tableau suivant la comparaison de la coupe de Menchecourt avec celle de Sangatte :

	SANGATTE	MENCHECOURT
Limons (Flandrien et Monastirien continental) {	Limons, loess, boues calcaires et presle à <i>Elephas primigenius</i>	Limon supérieur (ou limon de lavage par remaniement). Limon rouge à <i>Elephas primigenius</i> .
Monastirien marin ou fluvio-marin {	Galets et sables marins à faune tempérée froide marine	Sables fluvio-marins à <i>C. fluminalis</i> et faune tempérée froide marine.
Socle des dépôts monastiriens {	Craie	Tyrrhénien à <i>E. antiquus</i> .

La coupe de Mautort. — Mautort est un hameau situé en face de Menchecourt sur la rive gauche de la Somme (fig. 24). Des carrières y ont été ouvertes dans un système de formations fluviatiles, fluviomarines et limoneuses comme à Menchecourt (2).

Malheureusement, ici encore, ces couches marines ont cessé d'être visibles. Commont, qui a étudié les carrières de Mautort avec le plus grand soin, n'a pu y observer qu'une section frontale, dirigée dans le sens E.-W., *parallèlement à l'axe de la vallée*, et ne montrant qu'une partie seulement des dépôts de terrasses qui y étaient autrefois exploités (dépôts tyrrhéniens avec couverture de limons). J'ai pu voir cette section en 1910 au cours d'une excursion dirigée par Commont et dont le compte rendu a été publié ; on trouvera dans ce compte rendu tous les détails alors observables (3) ; je n'y reviendrai pas (4).

M. de Lamothe a très clairement mis en relief les points essentiels de la structure des terrasses à Mautort (5).

(1) C'est l'oscillation pré-monastirienne ou post-tyrrhénienne, ou tyrrhéo-monastirienne de la coordination générale de M. Depéret. Dans le dernier chapitre du présent mémoire j'indiquerai les raisons qui me conduisent à ranger l'oscillation négative tyrrhéo-monastirienne dans le Tyrrhénien plutôt que dans le Monastirien.

(2) PRESTWICH [3] *Phil. Trans.*, 1861, pl. V ; — LYELL, *Antiqu. of man*, Trad. Chaper, 1864, p. 129.

(3) COMMONT [20], *Gisem. paléol.* Abbeville, p. 281-286, fig. 10

(4) LADRIÈRE a aussi visité Mautort. Il n'a vu que quelques tranchées avec du limon et très rarement du diluvium. (LADRIÈRE [43], *Etude stratigr. terr. quatern. N. de la Fr.*, p. 246-248).

(5) DE LAMOTHE [1], *Nappes alluviales de la Somme*, p. 31.

Au point de vue de la connaissance du quaternaire marin, on en retiendra que la coupe de Mautort est identique à celle de Menchecourt ; les sables marins monastiriens se trouvent, dans les deux localités, à une altitude sensiblement identique (1), et ils reposent sur des dépôts fluviatiles à faune chaude qu'ils ravinent.

Nappes fluviatiles préflandriennes de la vallée de la Somme. Rapports des dépôts de Menchecourt et de la nappe alluviale de Montières. — J'insisterai peu sur la question des terrasses de la vallée de la Somme qui a fait l'objet de nombreux travaux de la part de Commont, MM. Rutot, de Lamothe, Depéret, Briquet. (2)

Il résulte de ces différents travaux que les dépôts fluviatiles de différents âges de la vallée de la Somme s'étagent sur le flanc de la vallée sous forme d'un grand nombre de lambeaux, restes de différentes nappes alluviales aujourd'hui démantelées. Il paraît hors de doute que si l'établissement de ces nappes alluviales s'est *principalement* effectué au cours des grandes oscillations positives du niveau marin au cours des temps quaternaires, certaines d'entre elles ont pu se déposer au cours des grandes oscillations négatives de ce niveau marin :

a) Soit au cours d'oscillations positives accessoires qui ont interrompu les grandes oscillations négatives (de même que des oscillations négatives accessoires ont interrompu les grandes oscillations positives).

b) Localement, après régularisation de pentes ayant suivi la rupture d'un méandre ;

c) Lors des phases négatives, chaque fois que le littoral (niveau de base) s'éloignait proportionnellement plus vite qu'il ne s'abaissait, ce qui pouvait provoquer au moins dans certains secteurs de la vallée, une diminution de la pente et un alluvionnement ; cet épisode a dû se produire fréquemment dans la Manche et la mer du Nord, qui font partie de la plate-forme continentale du N. W. de l'Europe et dont les pentes vers l'océan sont très peu accentuées.

On conçoit ainsi que la disposition des diverses terrasses des fleuves coulant vers la Mer du Nord et vers la Manche puisse être plus compliquée que dans les vallées des côtes à plate-forme continentale peu étendue. En fait, la coordination de multiples lambeaux alluviaux qui s'étagent à différents niveaux dans la vallée de la Somme en systèmes généraux de terrasses reste très souvent illusoire, en l'absence de fossiles, par la seule méthode altimétrique. Les coordinations de ces lambeaux en quatre systèmes de nappes alluviales, proposées par Commont et par M. de Lamothe sont concordantes dans leurs grandes lignes, malgré maintes divergences de détail dont la discussion ne peut être sérieusement envisagée vu la rareté des documents paléontologiques.

D'une façon générale on peut distinguer assez nettement des alluvions à faune froide

(1) D'après une communication verbale de Commont à M. de Lamothe, un ouvrier aurait trouvé des coquilles marines à Saigneville vers l'alt. 10 ou 12. (DE LAMOTHE [1] *loc. cit.*, p. 31) Je rappelle simplement cette indication qui n'a pu être confirmée.

(2) COMMONT [18]. Terrasses fluviat. de la Somme ; — [20]. Gisements paléol. Abbeville ; — A. RUTOT [10]. *Corbicula fluminalis* ; — LAMOTHE [1]. Nappes alluviales ; — DEPÉRET [1]. Coordination générale. *C. R.* t. 167. 1918, p. 418 ; — BRIQUET [14-15]. Dépôts quaternaires de la France, *C. R. Somm. S. G. F.*, 1921, p. 161 et 172.

monastiriennes (Nappe de Montières) et des alluvions à faune chaude tyrrhéniennes (Nappe de St-Acheul), toutes recouvertes d'un épais manteau de limons.

Les alluvions plus anciennes sont recouvertes par des limons moins épais : on n'y peut guère identifier que des alluvions milazziennes (Nappe de la ferme de Grâce) qui ont fourni quelques restes de faune chaude (1) sans industries humaines.

On ne peut constater nettement dans la vallée de la Somme d'épaisses nappes d'alluvions fortement emboîtées (2) dans les nappes plus anciennes, les manteaux de limons cachant la plupart du temps les relations des nappes entre elles, et l'érosion ayant aisément découpé en petits massifs les masses alluviales formées souvent de sables fins, de marnes ou d'argiles.

Toutefois, on peut observer en différents points des restes de ces dispositifs d'emboîtement.

Ainsi à Abbeville (Menhecourt), comme l'a figuré M. Rutot, les couches fluviomarines monastiriennes ont raviné des couches fluviatiles tyrrhéniennes auxquelles elles sont superposées et contre lesquelles elles sont appuyées (fig. 29).

A Amiens (Montières), Commont signale lui-même la complexité de sa « basse terrasse » ou « première terrasse » par ces termes (3) : « les graviers inférieurs de Montières jusqu'à l'altitude 20 mètres, renferment *E. antiquus* et *Hippopotame* ; mais plus près du fleuve actuel, ces mêmes graviers n'ont donné qu'*E. primigenius*, *Rh. tichorhinus* et le *Renne* ». D'ailleurs « les graviers à industrie moustérienne ravinent la couche inférieure et s'y confondent ; toute stratigraphie est alors impossible ».

Donc ici encore des graviers fluviatiles monastiriens ravinent des dépôts fluviatiles tyrrhéniens.

A Abbeville (Moulin Quignon-Carrière Carpentier) des dépôts tyrrhéniens à faune chaude riche et industrie humaine ravinent des dépôts plus anciens à faune chaude plus pauvre et sans industrie qui semblent pouvoir être attribués au Milazzien. On pourrait multiplier ces exemples.

En ce qui concerne les dépôts fluviomarins de Menhecourt, ils sont en relation avec les dépôts fluviatiles de la « nappe de Montières » à faune froide (*E. primigenius*, *Rh. tichorhinus* et parfois *R. tarandus*) qui constituent soit seuls, soit avec des lambeaux d'alluvions tyrrhéniennes à faune chaude préalablement démantelés, (Menhecourt, Mautort, Montières) la basse terrasse de la Somme ou terrasse de 15 — 20 m.

Remarques sur les industries des alluvions préflandriennes de la Somme, et des limons de différents âges qui leur sont superposés.

(1) Voir COMMONT [20]. Gisements paléol. Abbeville, A. S. G. N., 1910 ; Coupe de la carrière Carpentier, p. 258-274, fig. 4, couches m, m 1, 1 1.

(2) Je rappelle qu'un dépôt fluviatile ou marin B est dit emboîté dans un dépôt analogue plus ancien A lorsque la formation A présente sa base à une altitude moins élevée que tout ou partie du dépôt B, et sa partie supérieure à une altitude plus haute que le sommet du dépôt B. Il en résulte alors que le dépôt B ayant généralement raviné le dépôt A, repose en certains points sur des bancs de A, s'appuie latéralement sur des dépôts de A ; il se trouve enfin dominé par une corniche constituée par la partie supérieure du dépôt A ; cf. par exemple les coupes données par M. Gignoux. (GIGNOUX. Formations marines, fig. 2 ; fig. 3).

(3) COMMONT [17]. Niveaux industriels et fauniques dans les couches quaternaires, 6^e Congrès préhist. France, Tours, 1910, p. 6.

Dans le but de coordonner les lambeaux d'alluvions anciennes de la Somme en terrasses continues, Commont a largement fait appel à l'archéologie préhistorique, et plusieurs de ses conclusions ont été généralisées à des vallées parfois assez lointaines du Nord de la France.

La vallée de la Somme est en effet le berceau de l'archéologie préhistorique et ses dépôts sont particulièrement riches en pierres taillées. On peut d'ailleurs y signaler des exemples fort nets de l'insécurité des données archéologiques au point de vue stratigraphique.

1^o *Chelléen*. — *Moustérien à faune chaude*. — L'industrie chelléenne primitive et évoluée a été signalée par Commont depuis l'« extrémité » de sa « troisième terrasse » (1) jusque dans la basse terrasse de Montières.

Il a signalé un outillage lithique particulier, à lames, qui a une morphologie moustérienne et qui se trouve en compagnie de la faune chaude dans la partie de la « basse terrasse » la plus éloignée du fleuve (alluvions tyrrhéniennes), tandis que l'industrie moustérienne vraie se trouve avec la faune froide dans la partie de la même terrasse la plus proche du fleuve (c'est-à-dire dans les dépôts monastériens qui ont raviné les alluvions tyrrhéniennes). Il a appelé cette industrie « moustérienne à faune chaude ». (2)

M. Briquet a fait très justement remarquer (3) que cette industrie devait être assimilée au Chelléen (stratigraphiquement parlant).

Si on laisse aux termes Chelléen et Moustérien leur juste signification archéologique, il y a lieu de retenir que les alluvions tyrrhéniennes de la Somme contiennent généralement de l'industrie de type chelléen, et à Montières de l'industrie de type moustérien.

Je rappelle d'ailleurs que M. Vayson a fait connaître de curieuses variétés morphologiques du type chelléen à St-Acheul (4). Ce type industriel n'est nullement aussi primitif que pouvaient le laisser croire les découvertes antérieures : l'industrie chelléenne de St-Acheul à nombreuses pièces unifaces ne peut quelquefois pas être distinguée de l'industrie moustérienne ancienne à coups de poing, en dehors de la pâte (5).

2^o *Acheuléen*. — Commont a distingué à Amiens un Acheuléen I ou inférieur, et un Acheuléen II ou supérieur. Ce sont en réalité deux industries bien différentes :

L'Acheuléen vrai ou *Acheuléen I* se trouve dans un sable grossier, sous les limons anciens, ou dans l'extrême base des limons anciens ; c'est notamment le gisement de « l'Atelier de St-Acheul » découvert par Commont ; on y trouve les pièces typiques en « limande » au tranchant finement travaillé (6).

(1) Commont comptait les terrasses de la Somme de bas en haut.

(2) COMMONT [26] Moustérien à faune chaude, 1912.

(3) BRIQUET. [15] Dépôts quat. N. Fr. Industrie et faune *C. R. Somm. S. G. F.*, p. 172.

(4) VAYSON [1]. Plus ancienne industrie de St-Acheul. *Anthrop.*, t. XXX, 1920, pl. IX-XVI.

(5) M. Vayson met également en doute l'existence d'une industrie pré-chelléenne distincte de l'industrie chelléenne.

(6) Cf. presque toutes les notes de Commont qui mentionnent l'existence de ces deux industries et leurs positions stratigraphiques respectives.

Ce sable contient la faune à *E. antiquus*, comme les graviers de la terrasse tyrrhénienne sur laquelle il est installé. Peut-être fait-il partie de la terrasse elle-même. Il est tyrrhénien.

L'Acheuléen II ou Acheuléen supérieur a pour gisement le limon roux monastirien qui surmonte et ravine les autres limons anciens et qui contient d'ailleurs une faune froide à *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus*. Cette industrie bien que parfois très fine et très élégante offre pourtant peu d'instruments caractéristiques, sauf peut-être des coups-de-poing un peu plus lancés que les coups-de-poing chelléens ; les pièces en limande typiques y sont très exceptionnelles. On l'a quelquefois désignée comme moustérienne ; Comont lui-même signale qu'il ne la sépare parfois que très difficilement de l'industrie moustérienne typique des graviers inférieurs du loess récent. Beaucoup d'instruments y pourraient être déterminés comme industrie « chelléenne évoluée » s'ils n'avaient la pâtime blanche habituelle des silex trouyés dans les limons. On peut donner à cette industrie un nom quelconque « pseudo Acheuléen » par exemple.

Il n'y a donc pas lieu de réunir les couches contenant l'Acheuléen I et l'Acheuléen II sous une même assise « quaternaire moyenne » ou assise des limons anciens. Je montrerai d'ailleurs plus loin que cette assise des limons anciens est très hétérogène et ne peut être conservée à titre de division stratigraphique.

3^o Moustérien. — Cette industrie très rudimentaire dans le Nord de la France se trouve en général dans la nappe de Montières (Monastirien). On la trouve ensuite dans les graviers intercalés entre les limons rouges et les ergerons ainsi que dans une partie des dits ergerons que je classerai plus loin dans le Flandrien inférieur. Je ne reviendrai plus sur l'industrie moustérienne signalée dans le Tyrrhénien.

Conclusions. — Dans le Nord de la France on trouve dans le Tyrrhénien, le Monastirien et le Flandrien inférieur une industrie paléolithique ancienne chelléo-moustérienne. Dans le Tyrrhénien on observe surtout le type chelléen ; dans le Monastirien et le Flandrien inférieur, surtout le type moustérien. L'Acheuléen bien caractérisé a son type à St-Acheul à la base des limons anciens dont la formation a commencé avec le début de la phase régressive du Tyrrhénien.

Je rappelle que dans d'autres régions françaises, l'industrie moustérienne ne se montre que dans la partie inférieure de la basse terrasse (Monastirien) et que, à la fin du Monastirien, on voit de l'industrie aurignacienne (à la partie supérieure de la terrasse de 20 mètres) (1).

Comparaison des couches fluvio-marines de Menchecourt et de Mautort avec les cordons littoraux anciens de la Plaine maritime Picarde. — Les couches fluvio-marines de Menchecourt-Mautort représentent le facies d'estuaire du Monastirien tandis que les galets du Crotoy en représentent le facies littoral.

L'altitude atteinte par les bancs de galets qui constituent les pragues est sensible-

(1) Ainsi que l'ont montré nettement MM. MAYET et PISSOT. (La Colombière, p. 185).

ment celle du sommet de la nappe fluvio-marine de Menchecourt ; elle correspond à la hauteur de la terrasse de Montières (1) .

La faune de Colline-Beaumont, bien que très pauvre, offre des caractères climatiques généraux qui cadrent avec ceux de la faune marine de Menchecourt.

Les cordons littoraux étudiés offrent une couverture de produits d'altération et de remaniement sur place, véritables limons des pragues ; de même les couches fluvio-marines de Menchecourt sont recouvertes par des limons plus ou moins épais.

A Menchecourt et Mautort, les formations marines franches ou à caractère marin accentué, sont situées vers la base de la nappe fluvio-marine. Il en est de même à Petit-Phare (Wissant).

Ces formations atteignent une altitude légèrement inférieure de quelques mètres à celle que peuvent atteindre les couches de galets les plus élevées des pragues.

C'est là un fait normal : au fond d'un estuaire, des sables déposés doucement se trouvent abandonnés à une altitude plus basse que les galets projetés par la vague sur le littoral même.

Les sables marins monastiriens se sont déposés dans l'estuaire de la Somme jusqu'aux portes d'Abbeville. On verra plus loin qu'il en est exactement de même pour les sables marins du Flandrien moyen et du Flandrien supérieur.

Amplitude du remblaiement monastirien. — On connaît mal l'amplitude de l'oscillation positive monastirienne, car on n'a aucune donnée précise sur l'altitude atteinte par la ligne de rivage au cours de son abaissement maximum tyrrhéo-monastirien.

Au hameau de Flandre et à Colline-Beaumont on peut évaluer l'importance du remblaiement à près de 20 mètres (en tenant compte de l'abaissement de la surface des pragues par l'érosion).

A Colline-Beaumont on peut observer, sous forme d'un banc rubéfié et raviné puis recouvert par une nouvelle série de galets, la trace d'une phase d'arrêt de l'oscillation positive monastirienne (peut-être même d'une phase négative accessoire).

(1) A l'embouchure, altitude absolue et hauteur de la terrasse s'expriment par le même chiffre.

CHAPITRE XII

La transgression flamandienne dans la Plaine Maritime Picarde

§ 1. — LES SONDAGES PROFONDS DE LA PLAINE MARITIME PICARDE.

Les dépôts monastiriens qui viennent d'être étudiés dans la Plaine maritime Picarde ne couvrent que des surfaces restreintes. Sans doute ont-ils formé autrefois des nappes importantes ; mais au cours de la régression post-monastirienne et du début de la transgression flamandienne, des phénomènes érosifs très intenses ont vraisemblablement enlevé la plus grande partie des couches quaternaires antérieures, en particulier les couches monastiriennes précédemment formées.

Aussi toute la Plaine maritime Picarde est occupée, à part les quelques lambeaux monastiriens signalés, par une masse alluviale très jeune dont la plus grande épaisseur atteint une trentaine de mètres et qui nous est connue dans sa partie supérieure, grâce à quelques sondages superficiels et divers affleurements, et dans sa masse profonde par d'importants sondages.

Ce sont :

1° au N. de la plaine, (territoire de Cucq) :

le sondage de Paris-Plage effectué sur le front de mer lui-même ;

les deux sondages du Trépied, effectués au débouché de la Canche en Plaine maritime.

2° le sondage de Merlimont effectué un peu en arrière du front de mer.

3° dans la partie S. de la plaine :

le sondage du Hourdel, effectué sur le front de mer ;

les sondages de Port-le-Grand et de Saigneville, effectués dans la région de l'estuaire de la Somme, encore en grande partie occupée par des dépôts marins et qui dépend par conséquent de la Plaine maritime.

Sondage de Paris-Plage (Sémaphore). — Il a été effectué près du sémaphore de la station balnéaire (fig. 30, S¹) ; la coupe d'ensemble en a été publiée par Gosselet (1) d'après les indications de M. Hermary, je la donne à nouveau :

Sondage de Paris-Plage (Sémaphore), exécuté en 1903 pour recherche d'eau par la Société des Recherches de la Canche. Alt. du lieu + 3^m00 environ.

(1) GOSSELET [24] Sond. Paris-Plage, *A. S. G. N.*, t. 32, 1903, p. 252-254

	Prof.	Epaiss.
+ 3 ^m 00 11. Sable coquillier		6 ^m 50
— 3 ^m 50 10. Sable un peu argileux avec silex	6 ^m 50	0 ^m 25
9. Sable coquillier avec galets roulés	6 ^m 75	3 ^m 25
8. Sable sans coquilles	10 ^m 00	1 ^m 00
7. Sable coquillier	11 ^m 00	1 ^m 00
6. Sable fin verdâtre à débris de coquilles	12 ^m 00	2 ^m 00
5. Sable coquillier	14 ^m 00	2 ^m 00
4. Sable gris verdâtre	16 ^m 00	9 ^m 50
-- 22 ^m 50 3. Glaise avec tourbe	25 ^m 50	2 ^m 50
2. Sable argileux avec silex	28 ^m 00	1 ^m 00
1. Banc de silex noirs mélangés de sable	29 ^m 00	5 ^m 00
— 31 ^m 00 f. Craie marneuse grise avec sable (Altération ou remanie- ment du socle crayeux	34 ^m 00	5 ^m 00
— 36 ^m 00 e. Craie blanche (Sénonien)	39 ^m 00	53 ^m 00
--- 89 ^m 00 d. Craie turonienne	92 ^m 00	68 ^m 00
—157 ^m 00 c. Cénomaniens	160 ^m 00	40 ^m 00
—197 ^m 00 b. Albien	200 ^m 00	24 ^m 00 •
—221 ^m 00 a. Schistes rouges bigarrés	224 ^m 00	

J'ai pu revoir quelques échantillons du sondage, déposés par M. Hermary au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lille et y remarquer les particularités suivantes :

Couche 1 a) de 30^m50 à 34^m (Alt.— 27,50 à — 31). — *Banc inférieur de sable et galets* : sable avec graviers de silex, formé de quartz mal roulé, de 200 μ de diamètre moyen, avec quelques plus gros grains rares de 400 μ . Glauconie en petits grains de 50 à 80 μ .

Couche 1 b) à 30^m (Alt. — 27). — *Banc moyen de sable et galets* : sable et silex cassés par la sonde. Sable formé de quartz anguleux de taille variable (60 à 200 μ). Glauconie rare de 80 μ .

Couche 1 c) à 29^m (Alt. — 26). — *Banc supérieur de galets*. Galets de 2 à 5 cm. de diamètre souvent cassés par la sonde.

Couche 2, à 28^m (Alt. — 25). — *Sable un peu argileux avec graviers*; formé de grains de quartz mal roulés, de dimensions très variables (de 20 à 200 μ de diamètre). Glauconie rare un peu altérée de 100 μ de diamètre.

Faune : *Donax vittatus* D. C. r, *Tellina balthica* L. r.

Couche 3, de 25^m50 à 28 (Alt. — 22,50 à — 25). — *Argile d'estuaire ou de polder*, grise fortement sableuse, légèrement micacée avec petits filets tourbeux, ayant 3 à 5^{mm} d'épaisseur. Filets sableux roux avec grains de sable très fins, de 10 à 15 μ de diamètre, roulés, à crou-telle limonitique.

Je n'ai pas observé de glauconie.

Couche 4, de 16 à 25^m50 (Alt. — 13 à — 22,50). — *Sable jaune fin*, légèrement micacé et assez faiblement glauconieux. Grains de quartz bien roulés, de 120 à 150 μ de diamètre, à coloration jaune; glauconie rare, légèrement altérée parfois.

Faune ; *Cardium edule* L., r ; *Hydrobia ulvae* Pennant, rr.

Couche 5, de 14 à 16^m (Alt. — 11 à — 13). — *Sable très riche en coquilles*, assez fin, gris, glauconieux, avec quelques petits graviers et petits galets bien roulés. Quartz bien roulé, de 150 à 300 μ de diamètre. Glauconie non altérée de 100 μ de diamètre. *Nummulites planulata*, silicifiées et roulées, assez abondantes.

Faune : *Donax vittatus* D. C. c.; *Cardium edule* L., ar; *Tellina balthica* L., r.

Fragment de Radiole d'Echinide (? *Strongylocentrotus*).

Couche 6, de 12 à 14^m (Alt. — 9 à — 11). — *Sable blanc glauconieux* avec débris de coquilles pilées (*Donax* principalement), formé de grains de quartz assez mal roulés de 200 μ en moyenne; quelques grains plus gros atteignent un diamètre de 300 μ . Glauconie non altérée en grains de 150 μ de diamètre moyen.

Faune pauvre : *Donax vittatus* Da Costa; *Cardium edule* L.; en fins débris Radioles de Spatangides (*Echinocardium*).

Couche 7, de 11 à 12^m (Alt. — 8 à — 9). — *Sable très riche en débris de coquilles*, et contenant de petits galets mal roulés de 1 à 2 cm. de diamètre. Le quartz se présente en gros grains assez bien roulés de 250 à 600 μ de diamètre. *Nummulites planulata* silicifiées et roulées.

Faune : *Cardium edule* L., cc; *Donax vittatus* Da Costa cc; *Pecten varius* L., r; *Tellina balthica* L., r; *Mactra* sp. r.

Radioles de Spatangide (*Echinocardium*).

Couche 8, de 10 à 11^m (Alt. — 7 à — 8). — *Sable fin, blanc grisâtre*, glauconieux, légèrement micacé, constitué par du quartz blanc ou incolore en grains assez bien roulés de 200 μ de diamètre en moyenne. Glauconie en gros grains réniformes de diamètre moyen de 120 μ . Dans ce sable, se trouvent de petites masses de tourbe de quelques millimètres de diamètre et de petites masses argileuses de 5 à 10^{mm} de diamètre, de couleur chamois. Quelques lamelles de mica.

Pas de coquilles. Quelques radioles d'*Echinocardium*.

Couche 9, de 6^m75 à 10^m (Alt. — 3^m75 à — 7^m). — *Sable gris verdâtre*, fortement glauconieux avec nombreux galets de silex, ramenés en débris par la sonde, et coquilles nombreuses. Le quartz blanc ou jaunâtre est en grains bien roulés, atteignant un diamètre moyen de 300 μ . Glauconie fréquente en grains de 80 μ non altérés. Nombreux petits débris de coquilles et quelques petits graviers de silex. Quelques rares *Nummulites planulata*, silicifiées, fortement roulées.

Faune : *Cardium edule* L., cc; *Donax vittatus* Da Costa, cc; *Scrobicularia piperata* Gm., r. Radioles d'*Echinocardium*.

Couche 10, vers 6^m75 (Alt. — 3,75). — *Sable un peu argileux*, gris verdâtre, avec quelques silex roulés et graviers, fragmentés par la sonde. Il est formé de quartz roulé en grains très fins; 40 à 50 μ de diamètre moyen, avec particules argileuses. La glauconie est présente, mais rare et non altérée. L'échantillon examiné n'a pas fourni de mollusques, mais j'ai pu y observer un échantillon de Foraminifère, d'ailleurs mal conservé, et que je n'ai pu déterminer que comme *Polystomella* sp.

Cette couche n'a que 0^m25 d'épaisseur et passe insensiblement à la couche inférieure.

Couche 11, de 1 à 6^m50 (Alt. + 2 à — 3,50). — *Sable coquillier de plage*, assez fin, de coloration blanche, sans galets ni gros graviers. Il est constitué par du quartz en gros grains bien roulés, de diamètre moyen variant entre 300 et 400 μ . Les grains de quartz sont incolores ou blancs dans la proportion de 4/5. Ils sont teintés de limonite dans la proportion de 1/5 environ. La glauconie est présente, mais rare, en grains réguliers, non altérés, de 80 μ . Il y a de rares petits fragments roulés de silex et quelques *Nummulites planulata* silicifiées et roulées. En outre, d'assez nombreux débris de coquilles et de nacre de *Donax*.

Faune: *Donax vittatus* Da Costa, c.; *Cardium edule* L., c.; *Tellina balthica* L., ac.

SoCLE. — Ces couches reposent à l'alt. — 31 sur un socle crayeux dont la partie inférieure est altérée, fragmentée avec fissures remplies de sable. Il n'est pas possible avec les échantillons conservés de distinguer si c'est une plate-forme littorale, ou encore une masse d'éboulis. Dans cette dernière hypothèse, le socle crayeux véritable des couches quaternaires serait seulement à l'alt. — 36.

Les premières couches nettement quaternaires 1a, 1 b, 1 c, sont formées de galets et de sable glauconieux dont l'ensemble constitue un dépôt marin littoral. Puis, à l'alt. — 26, dès que les gros galets deviennent moins abondants, on trouve des sables à gravier avec coquilles offrant tous les caractères d'un « crag » formé sur une plage.

La faune est caractérisée principalement par trois espèces : *Donax vittatus* Da Costa, *Cardium edule* L. et *Tellina balthica* L., parmi lesquelles les deux premières *Cardium edule* et *Donax vittatus* se montrent avec une constance remarquable dans toutes les couches nettement marines du forage, jusqu'à sa partie supérieure. *Tellina balthica* paraît moins constante, mais se trouve à différents niveaux, de la base au sommet.

Les autres fossiles marins sont plus rares : (*Pecten varius* L., *Maetra* sp., *Scrobicularia piperata* Gm.), Radioles d'Oursins, (*Strongylocentrotus* sp., *Echinocardium* sp.), Foraminifère (*Polystomella* sp.).

A l'alt. — 25 commence une masse argileuse grise avec filets sableux à éléments très petits et filets tourbeux, que l'on doit considérer comme une argile d'estuaire ou de polder. Progressivement, vers l'alt. — 22,50, le régime argileux fait place à un régime sableux. Les couches sont formées de sable fin, légèrement glauconieux avec *Hydrobia ulvae* Penn. et *Cardium*. Il n'y a pas de *Donax*.

A l'alt. — 13 recommence un régime de sédimentation franchement marine, avec un dépôt de plage présentant les trois fossiles caractéristiques des couches marines de base *Donax*, *Cardium*, *Tellina*; de temps à autre, il y a un lit de graviers. C'est encore un crag.

Le petit niveau argileux situé vers l'alt. — 3,75 paraît indiquer un retour momentané au régime poldérien, mais peu caractérisé. Le régime marin littoral sableux à *Donax* et *Cardium* se rétablit à — 3,50 et persiste jusqu'au sommet.

La considération de la faune ne permet aucune subdivision stratigraphique autre que celles qui correspondent à des différences de faciès dans les 34^m de sédiments quaternaires. L'abondance des *Donax vittatus* est une caractéristique locale de toute la série de couches ayant des caractères marins francs.

La faune actuelle de la plage de Paris-Plage est beaucoup plus riche que celle de la

masse de sables du forage, et, sans chercher à faire une liste faunique complète de cette plage, on peut citer un certain nombre d'espèces qui y sont toujours extrêmement abondantes soit à l'état vivant, soit à l'état subfossile. Ce sont : *Tellina balthica* L., *Cardium edule* L., *Donax vittatus* Da Costa, *Macra stultorum* L., *Tellina tenuis* Da Costa, *Solen ensis* L., *Mytilus edulis* L. Il y a lieu de mettre en relief que les *Donax* constituent par leur abondance un élément très important dans cette faunule actuelle.

A noter aussi comme particularité locale la présence dans les différents niveaux de crags de *Nummulites planulata* silicifiées, enlevées à des dépôts plus anciens, vraisemblablement des terrasses fluviatiles quaternaires où elles étaient déjà remaniées après avoir été arrachées à l'Yprésien autrefois très développé dans la région.

On peut toutefois préciser que les sables marins de plage de la couche 11 sont très récents puisqu'en l'année 1805 l'emplacement du sondage était encore couvert par la mer à marée haute (fig. 30).

Sondages du Trépied. Les résultats des deux forages suivants effectués au Trépied sont très comparables à ceux du forage de Paris-Plage. L'un de ces forages a été pratiqué à l'usine de Tramways, au Trépied (rive gauche de la Canche) (fig. 30, S²). Il a été publié déjà. (1)

Sondage de Cucq (le Trépied), exécuté en 1911 pour recherche d'eau à l'usine des Tramways d'Etaples à Paris-Plage, par MM. Pagniez et Brégi. Alt. + 6^m00. (2).

		Prof.	Epaiss.
	6. Argile grise très sableuse		5 ^m 00
	5. Sable pissard gris	5 ^m 00	14 ^m 75
	4. Sable argileux	19 ^m 75	4 ^m 75
— 18 ^m 50	3. Tourbe	24 ^m 50	0 ^m 40
	2. Gravier de silex éclatés	24 ^m 90	0 ^m 70
	1. Silex roulés de gros diamètre	25 ^m 60	4 ^m 15
— 23 ^m 75	a. Craie	29 ^m 75	
	Fin du forage	64 ^m 50	

Un autre forage a été effectué en 1910, par MM. Pagniez et Brégi à peu de distance du précédent, à la Blanchisserie des Mouettes sise également au Trépied (Commune de Cucq). Ses résultats m'ont été communiqués par M. Cointement. (fig. 30, S³).

Sondage de Cucq (le Trépied), exécuté en 1910, pour recherche d'eau, à la Blanchisserie des Mouettes par MM. Pagniez et Brégi. Alt. 6^m.

		Prof.	Epaiss.
	4. Sable mouvant grisâtre avec veines noirâtres dans l'épaisseur, niveau fossilifère à partir de 6 ^m 00		27 ^m 00
— 21 ^m 00	3. Tourbe	27 ^m 00	0 ^m 50
— 21 ^m 50	2. Sable gris à gros grains	27 ^m 50	0 ^m 30
	1. Silex roulés volumineux	27 ^m 80	4 ^m 00
— 25 ^m 80	a. Craie blanche	31 ^m 80	
	Fin du forage	70 ^m 00	

(1) PAGNIEZ et BRÉGI [3] A. S. G. N., t. XL, 1911, p. 333.

(2) J'ai évalué pour chacun des deux sondages, l'alt. du sol à + 6 par nivellement barométrique.

Sondage de Merlimont. — Un quatrième sondage a été effectué à Merlimont au S. de la série des sondages précédents. Ses résultats communiqués par M. Holst à Gosselet ont été publiés déjà par ce dernier. (1)

Sondage de Merlimont (P. de-C.). Alt. 7^m. (?)

		Prof.	Epaiss.
	6. Sable de mer blanc, fin		6 ^m 80
+ 0 ^m 20	5. Argile sableuse grise (verte à l'état humide)	6 ^m 80	0 ^m 85
— 0 ^m 65	4. Sable gris blanc cohérent	7 ^m 65	12 ^m 65
	3. Sable gris bleuâtre un peu argileux	20 ^m 30	7 ^m 55
— 20 ^m 85	2. Argile grise noirâtre, tourbeuse	27 ^m 85	1 ^m 50
	1. Sable gris et petits cailloux de silex	29 ^m 35	2 ^m 27
— 24 ^m 62	c. Crétacé	31 ^m 62	203 ^m 70
— 228 ^m 32	b. Grès bigarrés (Trias ?)	235 ^m 32	7 ^m 00
— 235 ^m 32	a. Primaire	242 ^m 32	
	Fin du forage	305 ^m 00	

Sondage du Hourdel. — Plus au S., les résultats du forage du Hourdel, à l'embouchure de la Somme (rive gauche) déjà publiés par M. Commont (2) sont extrêmement voisins de ceux des sondages précédents.

Forage du Hourdel, en vue de recherche d'eau potable en 1896. Alt. + 7^m70.

		Prof.	Epaiss.
	5. Galets		10 ^m 00
— 2 ^m 30	4. Sable	10 ^m 00	13 ^m 00
	3. Sable fin bleu	23 ^m 00	7 ^m 00
— 22 ^m 30	2. Tourbe	30 ^m 00	1 ^m 50
— 23 ^m 80	1. Graviers fins mêlés de sable avec fines coquilles	31 ^m 50	4 ^m 50
— 28 ^m 30	b. Marne crayeuse et sablonneuse	36 ^m 00	6 ^m 00
— 34 ^m 30	a. Craie	42 ^m 00	
	Arrêt du sondage à	53 ^m 00	

Dans l'estuaire même de la Somme, deux sondages effectués à Port-le-Grand paraissent avoir touché le fond crayeux de la vallée aux points sensiblement les plus bas atteints par la rivière lors du creusement maximum. Ils ont été publiés par Commont (3)

1^{er} Sondage de Port-le-Grand (Rive droite de la Somme). Alt. du lieu + 4^m.

		Prof.	Epaiss.
	7. Sable		4 ^m 00
0 ^m	6. Tourbe	4 ^m 00	0 ^m 10
	4. Glaise	4 ^m 10	17 ^m 20
	5. Sable coulant	21 ^m 30	0 ^m 60
— 17 ^m 90	3. Tourbe	21 ^m 90	2 ^m 00
	2. Glaise ou sable gris	23 ^m 90	0 ^m 50
— 20 ^m 40	1. Cailloux	24 ^m 40	0 ^m 50
— 20 ^m 90	a. Craie	24 ^m 90	

(1) GOSSELET [20] Sond. à Merlimont, A. S. G. N., t. XXXI, 1903, p. 138.

(2) COMMONT [18] Terrasses fluviales. p. 203.

(3) COMMONT [18], *loc. cit.*, p. 201

2° Sondage de Port-le-Grand (Rive droite de la Somme). Alt. du lieu + 4^m.

		Prof.	Epaiss.
	7. Sable		2 ^m 80
+ 1 ^m 20	6. Tourbe et terre ligniteuse	2 ^m 80	1 ^m 30
	4-5. Sable coulant	4 ^m 10	14 ^m 10
— 14 ^m 20	3. Tourbe	18 ^m 20	0 ^m 90
	2. Glaise ou sable gris	19 ^m 10	0 ^m 60
— 15 ^m 70	1. Cailloux	19 ^m 70	3 ^m 3.
— 19 ^m 00	a. Craie	23 ^m 00	

Le forage de Saigneville. — Le sondage de Saigneville a été exécuté sur la rive gauche de la Somme à peu près en face de ceux de Port-le-Grand. En raison de sa situation sur le bord de la vallée, il n'a pas touché le fond du thalweg préflandrien du fleuve ; il en résulte que le socle crayeux des alluvions se trouve à une altitude plus élevée qu'à Port-le-Grand. Les cailloux roulés de base y constituent une couche épaisse de 6^m55, d'âge absolument indéterminable en l'absence de fossiles. Ce peut être le pied d'une nappe fluviale ancienne démantelée ou plus vraisemblablement un dépôt de rive constituée au cours de la phase transgressive flandrienne. En voici les résultats d'après Gosselet, l'altitude du lieu étant de 4^m50, d'après M. Briquet. ().

Forage de Saigneville. Alt. 4^m50.

		Prof.	Epaiss.
	7. Remblai		0 ^m 75
	6. Terre noire tourbeuse	0 ^m 75	1 ^m 20
	5. Sable vert boulant	1 ^m 95	0 ^m 70
+ 1 ^m 85	4. Tourbe	2 ^m 65	3 ^m 25
	3. Argile sableuse	5 ^m 90	4 ^m 70
	2. Sable jaune micacé avec parties de sable grossier	10 ^m 60	1 ^m 30
— 7 ^m 40	1. Cailloux roulés	11 ^m 90	6 ^m 55
— 13 ^m 95	a. Craie	18 ^m 45	

§ 2. — RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE L'ÉTUDE DES SONDAGES DE LA PLAINE MARITIME PICARDE.

La comparaison de ces différents sondages avec celui de Paris-Plage permet de dresser une coupe synthétique de la Plaine maritime picarde, qui varie très peu, dans ses détails, suivant les points considérés.

L'extrême base des couches quaternaires repose sur un socle crayeux offrant généralement à la surface une masse de craie altérée et mélangée de sable; on peut y voir un fond de rivière ou une plate-forme littorale. Ce socle se trouve aux altitudes suivantes.

Au front de mer :

Paris-Plage	— 31
Le Hourdel	— 28,30
Merlimont	— 24,60

Dans la Plaine maritime : En baie de Canche :

(1) GOSSELET [24]. Sond. littoral Artois et Picardie, 1905, p. 75 ; — BRIQUET [6]. Form. quat. littoral Pas-de-Calais, 1906, p. 235, note 2

(2) D'après M. DEMANGEON — (Picardie, p. 172) il y a également 30 mètres de sédiments flandriens à Rue et à St-Quentin, ce qui indique une altitude de — 25 environ au socle crayeux préflandrien.

Cucq (Trépied-Tramways)	— 23,75
Cucq (Trépied-Blanchisserie)	— 25,80
Dans la Baie de Somme :	
Port-le-Grand (1er sondage)	— 20,90
Port-le-Grand (2e sondage)	— 19

Sur ce socle, reposent des galets, graviers et sables (couches 1 et 2 de Paris-Plage, du Trépied, — couche 1 de Merlimont, du Hourdel, — couches 1 et 2 de Port-le-Grand). J'ai donné plus haut des preuves nettes démontrant que, à Paris-Plage, ces couches inférieures sont marines au moins en partie.

Il paraît en être de même au Hourdel (couche 1 constituée de graviers fins mêlés de sable avec fines coquilles).

Après la formation de ces couches, on voit que le niveau de base marin est encore sensiblement au niveau zéro. Il s'établit en effet un régime de sédimentation fine, argilo-tourbeuse, de polder ou d'estuaire : à Paris-Plage, c'est une vase légèrement tourbeuse ; plus en amont, au Trépied, c'est de la tourbe ; à Merlimont ce n'est qu'une argile tourbeuse ; au Hourdel c'est encore de la tourbe ; à Port-le-Grand des vases d'estuaire sableuses puis de la tourbe. Ce sont tous dépôts d'eau tranquille.

La formation de ces couches qui atteignent 1^m50 d'épaisseur au Hourdel, 2^m50 à Paris-Plage, 2^m60 à Port-le-Grand, ne peut-être consécutive à un important mouvement négatif du niveau marin, dont la conséquence eût été l'établissement d'un régime torrentiel, aux points considérés. De tels dépôts indiquent seulement une émergence légère provoquée par un déplacement du littoral ou l'installation d'un cordon littoral protecteur et cela au cours d'une période d'oscillation verticale du niveau relatif de la terre et de la mer nulle ou peu intense ; en cette dernière hypothèse, l'oscillation a pu être très faiblement positive ou plus vraisemblablement très faiblement négative.

Ultérieurement, le mouvement marin positif reprend ou s'accroît et le régime d'estuaire ou de polder fait progressivement place au régime marin franc, avec dépôt, à Paris-Plage, de sables argileux à *Hydrobia*, puis de sables de plage à *Donax*, aux autres points, par des sables gris assez analogues, à en juger d'après les carnets des sondeurs, aux sables gris bleu pissards de la Flandre.

A Merlimont à — 0,65, et, semble-t-il, à Paris-Plage, vers l'altitude — 3,75, on peut observer des sédiments poldériens indiquant un nouveau ralentissement ou un nouvel arrêt du mouvement positif. A Port-le-Grand il se forme en ce moment 1^m à 1^m30 de dépôts tourbeux.

Puis il y a de nouvelle formation de couches à caractère marin plus accentué : sables littoraux à *Donax* à Paris-Plage, sables gris d'estuaire à Port-le-Grand.

Au Hourdel, un cordon littoral, épais de 10^m, s'établit dès l'altitude — 2,30 jusqu'à l'altitude + 7,70, un peu plus haut que le niveau des hautes mers actuelles.

La coupe d'ensemble schématique est, en résumé, la suivante :

5. Sables marins littoraux ou sables à <i>Cardium</i>	2 ^m à	6 ^m 00
4. Argile de polder ou d'estuaire ou tourbes	0 ^m 10 à	1 ^m 50
3. Sables marins littoraux ou sables gris fins de plaine maritime	15 ^m 00 à	18 ^m 00

2. Argile de polder ou d'estuaire et tourbes	0 ^m 50 à	2 ^m 50
1. Galets, sables et graviers	5 ^m 00 à	6 ^m 00
Socle crayeux à — 30 (ou — 20 dans l'estuaire).		

Cette série sédimentaire, déposée au cours d'une vaste oscillation positive du niveau marin et qui, à Paris-Plage, a livré une faune marine très voisine de la faune actuelle de cette localité, est assimilable aux dépôts que j'ai appelés *flandriens* dans la Plaine maritime flamande.

L'*assise d'Ostende* qui forme la base du Flandrien en Flandre paraît être représentée, autant qu'on peut l'assurer en l'absence de documents paléontologiques, par les galets, sables et graviers situés à la base de la série, et couronnée par un banc poldérien ou tourbeux assimilable à la tourbe profonde de Coquelles et qui correspond comme cette dernière à un épisode de ralentissement ou d'arrêt de l'oscillation positive ou à une faible phase négative accessoire.

L'*assise de Calais* est représentée sous son facies poldérien (le plus ordinaire) par des sables argileux gris bleu avec des lits argileux (parfois tourbeux) intercalés. Un banc tourbeux couronne généralement cette assise: c'est à ce banc qu'il y a lieu de rapporter les tourbes submergées de St-Gabriel (Pointe de Lornel) (fig. 30, T), Groffliers, St-Quentin-en-Tourmont, situées à une altitude voisine du zéro moyen. Cette tourbe est assimilable aux tourbes de la Flandre qui gisent sous les sables à *Cardium edule*. Sous son facies marin franc, l'assise est représentée par des sables coquilliers à Paris-Plage par exemple, où on doit lui attribuer au moins la base des sables à *Cardium* et à *Donax* qui existent au-dessus de l'altitude — 22^m50.

L'*assise de Dunkerque* est représentée sous son facies typique par les sables à *Cardium* connus depuis les travaux de Gosselet sous le nom de Sables du Marquenterre.

Près des embouchures des rivières, ces sables font place à des argiles sableuses ou à des argiles pures. Près du Crotoy, à Becquerelle, l'argile de polder de l'assise de Dunkerque a été exploitée en guise de terre à briques. L'argile poldérienne a continué à se former jusqu'à nos jours dans les estuaires, et les documents d'archive ont conservé les dates des gains successifs du domaine terrestre sur le domaine marin par des digues artificielles (renclotures).

L'âge historique des sables du Marquenterre est mal connu: dans la vallée de la Canche ils recouvrent la tourbe gallo-romaine jusqu'aux portes de Montreuil.

Dans les vallons et au pied des coteaux crayeux (principalement à l'E. de la ligne littorale ancienne de St-Quentin en Tourmont, Routhiauville, Merlimont, Cucq), l'assise de Dunkerque est représentée par des dépôts tourbeux, en tout ou en partie. Aux abords de Rang du Fliers, on peut observer (de même qu'aux environs de Guines, par exemple), le passage latéral des sables du Marquenterre aux tourbes du Marais d'Airon, avec alternance de sables marins et de tourbes dans la zone de passage.

Ainsi, dans les Bas-Champs de Picardie comme dans la Flandre maritime, le dépôt des sables marins de l'assise de Dunkerque s'est opéré lentement dans une partie seulement d'un polder, laissant les tourbes se développer librement en d'autres parties du polder.

La tourbe a continué à se former jusqu'à nos jours. En certains points, dans les marais de Berck, Groffliers, Quend, Rue, Ponthoile, elle recouvre les sables du Marquenterre (figure 28).

Inversement, à Paris-Plage, on observe le facies marin pur (dépôt de plage) de l'assise de Dunkerque; il est vraisemblable que cette assise y possède une épaisseur assez élevée (au moins 6^m50: couche 11, peut-être plus); mais la distinction des assises de Calais et de Dunkerque y est très malaisée.

En résumé, on est amené à subdiviser la masse Flandrienne de la Plaine Picarde et à comparer ces subdivisions avec celles de la Flandre, de la façon suivante :

	PLAINE PICARDE :	PLAINE FLAMANDE :
Assise de Dunkerque	Sables du Marquenterre à <i>Cardium</i> .	Sables à <i>Cardium</i> .
Assise de Calais	Argile de polder et tourbe. Sables gris.	Argile de polder et tourbe. Sables gris bleu.
Assise d'Ostende	Argile de polder et tourbe du Hourdel. Galets, sables, graviers.	Limon et tourbe de Coquelles. Sables d'Ostende, couches d'estuaire de Coquelles.

Quelques formations flandriennes de la Plaine maritime picarde offrent un intérêt spécial: elles seront étudiées dans les paragraphes qui suivent.

§ 3. — CORDON LITTORAL DE BEL-AIR A ETAPLES.

Le petit cordon littoral de Bel-Air, près d'Etaples constitue une formation littorale flandrienne.

Il a été étudié à diverses reprises, soit au point de vue géographique, soit au point de vue géologique, par Gosselet, par M. Briquet, et par moi-même. (1)

Gosselet attribuait au « pleistocène » le banc de galets de Bel-Air l'assimilant ainsi aux pruques monastiriennes. M. Briquet et moi-même avons indiqué, par des considérations d'ordres différents, qu'il était plus récent. J'essaierai ici de préciser son âge géologique.

La baie de Canche. — Le banc de galets de Bel-Air est situé près d'Etaples sur la rive droite (ou N. E.) de l'estuaire de la Canche (fig. 30).

L'estuaire actuel de la Canche commence à se dessiner près du pont de chemin de fer de Paris. C'est à partir de ce point que la Canche quitte la direction générale W.-N.-W., qu'elle suivait depuis Montreuil, pour adopter la direction N. W. qui est celle de l'axe de l'estuaire. En même temps, les berges de la rivière s'écartent de telle façon que l'ouverture

(1) GOSSELET [19]. Galets glaciaires d'Etaples, *A. S. G. N.*, t. 31, 1902, p. 297-307; — [25]. Légende feuille Montreuil et notes d'exc, *ibid.*, t. 35, 1906, p. 17-18, p. 41-42; — BRIQUET [10]. Age cordons littoraux Bas-Champs de Picardie, *C. R.*, t. 169, 1919, 10 nov., p. 860; — DUBOIS [7]. Notes géogr. et géol. estuaire Canche, *A. S. G. N.*, t. 46, 1921, 16 févr., p. 9-16; — BRIQUET [13]. Bas-Champs Picardie N. de la Somme: ligne de rivage ancienne, *C. R.*, t. 172, 1921, 11 avril, p. 927; — DUBOIS [8]. Deux observations: Sangatte et Etaples, *A. S. G. N.*, t. 46, 1921, 22 juin, p. 41-43; — BRIQUET [16]. Origine Pas-de-Calais, *ibid.*, 14 déc., p. 150, note 1; — DUBOIS [14]. *C. R.*, exc. 17 juin 1922 à Etaples, St-Josse, *ibid.*, t. 47, 1922, p. 83

de l'estuaire qui atteint 500^m à Etaples, approche de 3.000^m entre la pointe du Touquet au S. et celle de Lornel au N.

La modification dans la direction générale de la rivière s'accroît de plus en plus, la

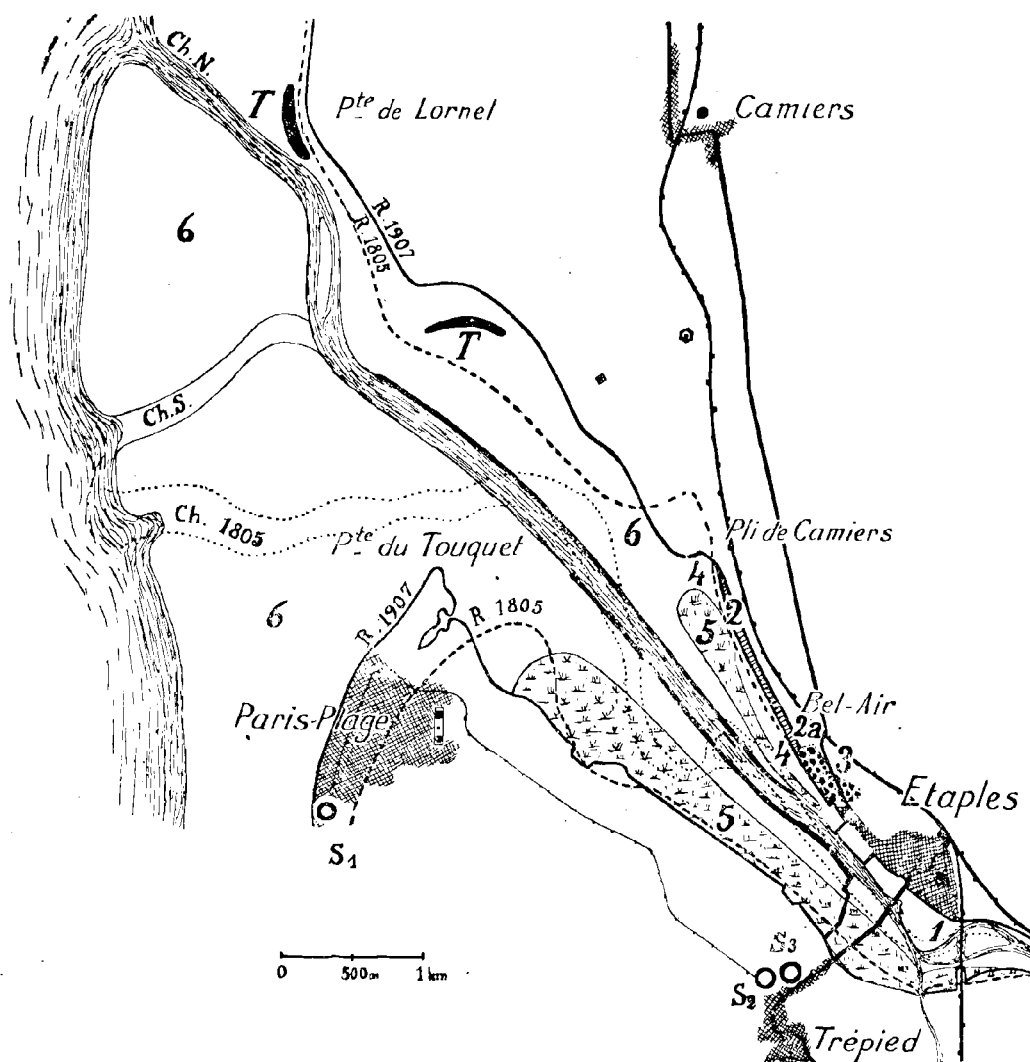


FIG. 30. — Croquis géologique de la Baie de Canche.

LÉGENDE 1, craie affleurant dans le chenal à marée basse; — 2, falaise de craie; — 2 a, plate-forme littorale de 12-13 m; — 3, cordon littoral de Bel-Air (Flandrien moyen); — 4, cordon littoral actuel; — 5, schorre; — 6, slikke et plage sableuse; — T, tourbe submergée (Flandrien moyen); — S₁, S₂, S₃, sondages de Paris-Plage et du Trepied; — R. 1907, rivage actuel (en 1907); — Ch. N., chenal occupé par la Canche à marée basse; — Ch. S., chenal temporairement occupé par la Canche à marée basse; — R. 1805, rivage en 1805; — Ch. 1805, chenal de la Canche à marée basse en 1805.

pointe du Touquet gagnant vers le N., la pointe de Lornel reculant sans cesse par érosion.(1)

La rivière a creusé son lit dans la craie à Etaples. Entre Bel-Air et le pli de Camiers, la rive droite de l'estuaire est constituée par une petite falaise de craie qui forme le bord d'une plate-forme crayeuse assez horizontale, dont l'altitude atteint 12 à 15^m. Les dunes qui constituent le rivage depuis le pli de Camiers jusqu'à la pointe de Lornel ont envahi en grande partie cette plate-forme crayeuse et s'étendent jusqu'à Etaples même.

Les dépôts de l'estuaire sont essentiellement des argiles à *Hydrobia* et *Scrobicularia* disposées en deux zones : l'une inondée à chaque marée forme une *slikke*, tandis que l'autre inondée seulement lors des plus fortes marées, constitue un *pré salé* ou *schorre*. En avançant vers le large, l'argile de polder est remplacée par du sable de plage. De petites dunes s'avancent en certains points, sur le *schorre*, dans l'estuaire même. En d'autres points, des banes de tourbe apparaissent dégagés de leur couverture de dépôts d'estuaire.

Il y a lieu de rappeler enfin que la falaise morte crayeuse qui limite la Plaine maritime picarde passe au N. d'Etaples et se dirige vers Dannes, en partie masquée par des dunes, en dominant l'estuaire à des altitudes voisines de + 100 à + 150^m.

Régime des marées (2). — L'unité de hauteur du port d'Etaples est de 3^m96. On y a signalé une marée de 8^m26 (alt. du niv. gén., 23 janvier 1890) ; les hautes mers d'équinoxe peuvent atteindre l'altitude 7^m (2) (niv. gén.) ; les hautes mers de vive eau moyenne atteignent 6^m (niv. gén.). (3)

Dans la région moyenne de l'estuaire, le flot est très amorti par le *schorre*, par les petites dunes élevées dans l'estuaire même ou sur le littoral, par les digues submersibles du chenal surtout ; de sorte que certains points qui, par leur altitude, sembleraient devoir être visités par la marée assez fréquemment évitent l'inondation même lors des fortes marées.

Altitude et contours du cordon littoral de Bel-Air. — Au pied de la plate-forme crayeuse de 12-15^m, à Bel-Air, à environ 1 km. du centre d'Etaples, se montre un petit cordon littoral dont l'axe, à peu près parallèle à la côte, est orienté vers le S. E.

Sa surface ne paraît guère dépasser l'altitude 5 ou 5^m50. Mais le sol atteint presque partout une altitude un peu supérieure, voisine de 6^m, par suite de l'existence de petites nappes de dunes développées à sa surface.

On le suit depuis la petite falaise crayeuse de Bel-Air au N.-W. jusqu'aux abords du port d'Etaples au S. E., entre la rive de l'estuaire et le chemin de grande communication n° 119 (route de Boulogne).

De l'autre côté du chemin, dans les champs qui sont au pied de la voie ferrée, on voit

(1) VOISIN et DELMOTTE. Notes complémentaires sur le port d'Etaples. *Ports maritimes de la France*. (Minist. Trav. Publ.), 19 8, p. 6.

(2) D'après VOISIN et DELMOTTE, *loc. cit.*, p. 14. Altitudes comptées au-dessus du zéro hydrographique et ramenées ici au zéro Bourdaloue par soustraction de 2^m.42.

(3) A mer basse l'eau du chenal de la Canche est à peu près de 5 m. plus haut que le niveau marin d'après la *Carte Marine*, feuille de Berck à Boulogne).

de la dune, et, par places, des sables riches en *Cardium edule*. Il est difficile en certains points, de faire le départ entre ce qui représente le cordon littoral et la dune proprement dite, celle-ci étant d'ailleurs installée sur le cordon littoral.

Un peu au S. et à l'E. de Bel-Air, on se trouve dans l'agglomération d'Etaples ou sur les pentes du massif crayeux dans lequel ont été ouvertes les carrières de craie d'Etaples, de part et d'autre de la voie ferrée; cette pente crayeuse aussi bien que les jardinets des premières maisons d'Etaples sont envahis par de la dune dont le sable contient parfois des coquilles.

Enfin on peut constater que sur les hauteurs qui dominent Etaples, entre Bel-Air et la gare, dans la plupart des champs et jardins on amende le sol, formé de sable de dune décalcifié, par des jets de coquilles qui le plus souvent sont des valves de *Cardium edule*.

En résumé, il est très difficile de limiter sur le terrain l'aire d'affleurement du cordon littoral. Heureusement, il est exploité, de façon irrégulière d'ailleurs, pour ses graviers et galets, dans de petits trous d'exploitation.

Coupe géologique. — En 1921, j'ai pu lever une excellente coupe du cordon littoral de Bel-Air, dans l'une de ces exploitations, nouvellement ouverte.

On observait la succession suivante :

6. Sable de dune	0 ^m 20
5. Sable et galets de silex à coquilles marines peu abondantes	0 ^m 20
4. Galets de silex avec petits bancs sableux riches en coquilles cassées	1 ^m 00
3. Sable de couleur claire, sans coquilles, contenant des galets de silex et de gros galets de craie	0 ^m 25
2. Amas de cailloux de silex anguleux ou peu roulés avec sable roux jaunâtre, sans coquilles	1 ^m 25
1. Sable avec galets de silex et coquilles triturées en très petits fragments, visible sur	0 ^m 25

Toutes ces couches inclinent de quelques degrés vers le S. S. W., c'est-à-dire vers l'axe de la baie de Canche.

Antérieurement, j'avais eu l'occasion d'observer immédiatement au pied du petit cordon de Bel-Air, des cavités creusées en vue de la désaffectation de la ligne téléphonique d'Etaples au camp militaire de Bel-Air. Elles montraient les bancs de graviers, de galets et de sables jusqu'à une profondeur de 2^m se prolongeant dans l'estuaire lui-même, sous un cordon littoral actuel qui paraît en grande partie constitué par le remaniement sur place des sables et galets du cordon de Bel-Air.⁽²⁾

Caractères lithologiques. — 1° *Sables.* — Le sable des différents bancs est d'une façon générale un sable à grains de quartz roulés, dont le diamètre varie de 100 à 200 μ , ne dépassant que très rarement cette dimension; ce sable contient de la glauconie non altérée dont les dimensions sont voisines de celles des grains de quartz.

(1) DUBOIS [8]. Deux observations à Sangatte et Etaples, *A. S. G. N.*, t. XLVI, 1921, p. 41-43.

(2) DUBOIS [7]. Estuaire de la Canche, *A. S. G. N.*, t. XLVI, 1921, p. 15.

2° *Galets*. — Les galets du cordon de Bel-Air sont essentiellement en silex. Ils pèsent fréquemment de 60 à 100 gr.

La couche n° 3 est uniquement constituée par places par des galets de silex contenus dans du sable blanc.

Galets de craie. — Vers l'angle S. E. de la carrière les galets de silex de cette couche n° 3 sont remplacés par des galets de craie à contour général elliptique et munis de deux faces peu bombées; ces galets de craie ont donc la forme typique des galets marins.

Ils sont généralement de grande taille; par exemple : longueur 0^m20; largeur 0^m10 ; épaisseur 0^m08, et pèsent fréquemment de 300 à 500 gr. Ils peuvent atteindre des dimensions et un poids plus considérables.

Ils sont couchés horizontalement sur une de leurs faces ou chevauchent légèrement les uns sur les autres. La surface de ces galets est un peu corrodée par les actions chimiques et ne présente pas de perforations de lithophages. Ils sont constitués par de la craie blanche sénonienne, qui est celle des environs immédiats d'Etaples. On y trouve de nombreux débris d'*Inoceramus* (*I. involutus* et *I. Mantelli*). Le sable de couleur jaune clair qui accompagne ces galets contient d'ailleurs des fragments d'Inocérames isolés.

Galets exotiques. — Le cordon de Bel-Air contient d'assez nombreux galets exotiques que j'ai fréquemment observés en place dans toute l'épaisseur visible de la masse de sables et de galets, principalement dans les couches 1 et 4.

M. Barrois a bien voulu déterminer la nature lithologique et l'origine *probable* des divers galets exotiques que j'ai récoltés.

Ce sont :

Granite rose, (type des îles anglo-normandes).

Granite rose à mica blanc, (type des îles anglo-normandes).

Orthose rose, (type des îles anglo-normandes).

Diorite (1), (type armoricain).

Schiste cambrien, (type de Jersey).

Grès cambrien, (type de Jersey).

Arkose, (type des arkoses de l'assise des grès feldspathiques du paléozoïque armoricain).

Grès ferrugineux.

Deux galets de grès ferrugineux brun noirâtre, à éléments brillants, ont été ramassés, l'un par moi-même en mai 1921, au cours d'une excursion faite en compagnie de MM. Van Baren et Oostingh; l'autre par M. Bardou, lors de l'excursion de la Faculté des Sciences de Lille à Etaples, en juin 1922. (2)

Toutes ces variétés de galets ont été trouvées soit en place, soit dans le fond de carrière même, parmi les galets récemment extraits. Mais on trouve également des galets exotiques en grande quantité soit à la surface du cordon actuel dans les basses dunes d'estuaire, soit sur la petite falaise de craie. Ces galets sont lithologiquement identiques à ceux que l'on peut récolter en place dans le cordon littoral de Bel-Air. Mais, au pied des basses dunes

(1) Un bel échantillon qui m'a été communiqué par M. P. Pruvost.

(2) DUBOIS [8] Deux observations Sangatte, Etaples, p. 43 ; — [14]. C. R. exc Etaples p 83.

d'estuaire, surtout, ils sont beaucoup plus fréquents que dans le cordon littoral lui-même. On peut en de courts instants y ramasser un grand nombre d'échantillons bien conservés, bien réguliers et souvent de grandes dimensions (5 à 10 cm. de diamètre par exemple). Certains d'entre eux pèsent environ 250 gr. Ils se trouvent mélangés d'ailleurs à des éclats de silex et à des débris d'une poterie grossière qui a attiré l'attention de Gosselet et que ce dernier a nommée « Poterie d'Étaples ».

M. Briquet a émis l'hypothèse que, en ces points, ils ont été amenés autrefois par l'homme qui, selon toute probabilité, les a ramassés, soit dans des exploitations du cordon littoral de Bel-Air, soit, simplement, sur un cordon littoral plus récent formé au pied du cordon littoral de Bel-Air et dans lequel les roches cristallines exotiques auraient été remaniées. (1)

La plupart des variétés de galets exotiques citées déjà par Gosselet ont été récoltées par lui dans ce gisement secondaire. Moi-même j'ai récolté dans les petites dunes de nombreuses variétés de roches cristallines entre Bel-Air et Camiers. En voici la liste avec l'origine probable des roches constituant les galets, d'après les récoltes de Gosselet et les miennes (2) et les déterminations de M. Ch. Barrois.

Gneiss, (type de Guernesey).
Micaschiste.
Leptynite.
Granite gneissique, (type des Minquiers).
Granite rose, (type des îles anglo-normandes, Bréha, Flamanville).
Microgranulite basique, (type de Jersey, Paimpol).
Microgranulite basique, variété aplitique, (type de Paimpol).
Microgranulite basique, variété sphérolitique, (type de Paimpol).
Epidiorite, (type de Morlaix, Jersey).
Diorite modifiée par du Granite.
Granite, variété aplitique, (type de Jersey).
Brèche porphyrique, (type de Jersey).
Schiste pseudo-maclifère, (type de Normandie).
Schiste cambrien, (type de Jersey).
Quartzite cambrien, (type armoricain).
Grès rose de l'assise des grès feldspathiques du Cotentin.
Arkose de l'assise des grès feldspathiques du Cotentin.
Calcaire blanc grossièrement oolithique et crinoïdique rappelant certaines roches jurassiques de la Normandie.

- Ces différents échantillons ne doivent être pris en considération que si des roches identiques à celles qui les constituent ont été rencontrées dans le cordon littoral de Bel-Air lui-même.

Il est pourtant de toute évidence que les galets exotiques paléozoïques ou cristallins de ce gisement secondaire proviennent du cordon littoral de Bel-Air, et que la liste qui vient

(1) BRIQUET [13] Bas-Champs de Picardie N. Somme ; ligne de rivage ancienne *C. R.* t. 172, 1921, p. 927.

(2) GOSSELET [19]. Galets glaciaires, p. 299 ; — DEBOTS [7]. Canche, p. 10

d'être donnée fournit au moins un aperçu des variétés de roches susceptibles d'être trouvées *in situ* dans le cordon littoral lui-même.

Remarques relatives à la structure et à la composition lithologique du cordon de Bel-Air. — Le cordon littoral de Bel-Air est constitué par des sables, quelques cailloux peu roulés comme il s'en dépose sur certaines grèves sableuses ou au sein des hauts-fonds sableux marins, et surtout par des galets bien roulés disposés en couches successives inclinant vers l'axe de la baie de Canche actuelle.

Le cordon littoral de Bel-Air a donc la constitution typique d'un bourrelet littoral dont les éléments ont été empruntés en général aux falaises crayeuses picardes : galets de silex et galets de craie blanche sénonienne non altérée.

L'absence, ou au moins l'extrême rareté des perforations de lithophages dans les galets de craie est un fait à noter ; on doit en conclure que ces galets n'ont pas stationné longtemps dans la mer.

La taille élevée des galets de craie, relativement à celle des galets de silex, ainsi que le faible degré d'altération de la roche, indiquent que ces galets proviennent d'une falaise crayeuse très proche, vraisemblablement de la petite falaise crayeuse de Bel-Air qui est en craie blanche et à laquelle est appuyé le cordon de Bel-Air. L'existence de fragments d'Inocérames assez bien conservés dans les sables du cordon littoral est un fait connexe.

On ne peut tirer aucune conclusion du galet de calcaire rappelant certains calcaires jurassiques de Normandie ; car cet unique échantillon n'a été trouvé que dans le gisement secondaire (basses dunes d'estuaire) dans lequel des apports actuels peuvent encore être faits.

J'ai signalé des échantillons d'un gris ferrugineux brun noir à grains brillants. Il rappelle beaucoup les grès diestiens de la Flandre et de l'Artois. Mais il ne m'est pas possible d'affirmer cette origine. On peut en effet comparer également ce grès ferrugineux à certains grès wealdiens du Boulonnais, ou à certains grès éocènes du massif de St-Josse, pour ne parler que des points de comparaison les plus voisins.

Les galets franchement exotiques dont la nature est cristalline, schisto-cristalline, métamorphique ou paléozoïque ont tous un caractère général ; c'est d'appartenir à un type connu dans le massif armoricain ou les îles Anglo-Normandes. Certes, des roches assez voisines originaires des Vosges ou de certaines régions de l'Europe centrale peuvent avoir été amenées jusqu'ici par l'intermédiaire des flouves se jetant dans la Mer du Nord. L'hypothèse d'une origine armoricaine est toutefois la plus vraisemblable, étant donné d'une part la proximité des gisements d'origine, d'autre part l'assemblage si homogène des types lithologiques tous représentés en Armorique.

Quoi qu'il en soit de cette origine, et du mode de transport, un fait se dégage de l'étude de ces galets exotiques, c'est que dans le banc de galets de Bel-Air, 1° ils sont très fréquents ; 2° ils sont constitués par des roches fraîches non altérées, ou tout au moins non cariées ni kaolinisées.

Faune du Cordon littoral de Bel-Air. — Les sables et les faluns de Bel-Air m'ont fourni une faune de coquilles marines souvent fragmentées, mais dont les parties conservées

du test ont gardé à peu près leur aspect primitif, c'est-à-dire leur épaisseur et leur texture, sans trace de corrosion importante, ni de dissolution chimique; parfois elles ont encore des traces de coloration.

Les coquilles les mieux conservées se trouvent dans la couche 4. La liste de coquilles recueillies jusqu'à présent est la suivante, par ordre de fréquence (avec l'indication de leur caractère climatique).

<i>Cardium edule</i> L., (cc)	L	<i>Mytilus edulis</i> L., (r)	B
<i>Tellina balthica</i> L., (c)	B	<i>Littorina littorea</i> L., (r)	B
<i>Scrobicularia piperata</i> Gmel., (c)	L	<i>Nassa reticulata</i> L., (r)	L
<i>Hydrobia ulvae</i> Pennant, (ac)	B	<i>Bittium reticulatum</i> Da Costa (rr)	L
<i>Donax vittatus</i> var. <i>semistriatus</i> Poli, (r)	L	<i>Buccinum undatum</i> L., (rr)	B
<i>Macra solida</i> L., (r)	L	<i>Dentalium vulgare</i> Da Costa (rr)	L

Quelques éléments de cette faune méritent une attention particulière :

Cardium edule L. est plus fréquent que toutes les autres espèces réunies. Coquilles de toutes tailles, les plus grandes atteignant 40^{mm} de longueur, à test épais et ornements vigoureux, quoique fréquemment usés par roulement.

Tellina balthica L. est commune, fréquemment brisée; atteint 22^{mm}.

Scrobicularia piperata Gmelin, assez commune et à valves entières rares; test mince à fortes stries d'accroissement; peut atteindre 30^{mm}.

Hydrobia ulvae Pennant, assez commune, mais rarement intacte. Atteint difficilement 4^{mm} de hauteur.

Bittium reticulatum Da Costa; très rare, hauteur 7^{mm}.

La plupart des éléments de la faune fossile de Bel-Air se rencontrent sur le littoral picard aux environs d'Etaples, soit vivants, soit subfossiles (rejetés sur la plage ou légèrement ensablés).

ESPÈCES FOSSILES DU CORDON LITTORAL DE BEL-AIR	Cordon littoral de Bel-Air	Faune actuelle à Etaples Bel-Air Estuaire vaseux	Faune actuelle au Lornel Plage sableuse
<i>Cardium (Cerastoderma) edule</i> L.	cc.	cc.	cc.
<i>Donax vittatus</i> (var. <i>semistriatus</i> Poli)	r	—	r
<i>Tellina (Macoma) balthica</i> L.	c	r	cc.
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm.	c	cc	r
<i>Macra (Oxyperas) solida</i> L.	r	—	c
<i>Mytilus edulis</i> L.	r	r	r
<i>Hydrobia ulvae</i> Penn.	ac.	cc	ac.
<i>Littorina littorea</i> L.	r	—	r
<i>Nassa reticulata</i> L.	r	—	ac
<i>Bittium reticulatum</i> D. C.	rr	—	—
<i>Buccinum undatum</i> L.	rr	—	r
<i>Dentalium vulgare</i> D. C.	rr	—	—

Je n'ai pas récolté *Bittium reticulatum* aux environs d'Etaples, bien que cette espèce vive dans la Manche. Il est à remarquer effectivement que cette coquille qui pullule sur certaines plages de l'Atlantique est relativement rare sur nos côtes picardes et flamandes.

Dans le tableau ci-dessus, j'ai comparé la fréquence des diverses espèces du banc de galets de Bel-Air avec celle des mêmes espèces dans l'estuaire vaseux de la Canche d'une part, sur la plage sableuse de la pointe du Lornel d'autre part.

La faunule actuelle de l'estuaire offre quelques caractères différents de celle de la plage sableuse du Lornel :

A. — Dans l'estuaire vaseux (argile de la schorre ou vase de la slikke) les formes les plus fréquentes sont :

Scrobicularia piperata Gm., longueur moyenne 36^{mm}; test lisse, épais ;

Hydrobia ulvae, Pennant, est particulièrement abondante; atteint 4^{mm} de haut ;

Cardium edule L., dépasse rarement 26^{mm} de longueur ;

Tellina balthica L., dépasse rarement 30^{mm}.

B. — Dans la région sableuse de l'estuaire, en aval du Pli de Camiers ou sur la plage à la pointe du Lornel, les espèces les plus fréquentes sont :

Cardium edule L., très commun, riche en variations; atteint fréquemment 30^{mm} de longueur ;

Tellina balthica L., très commun, 22^{mm} ;

Maetra solida L., assez commun, 45^{mm} ;

Scrobicularia piperata Gm., peu commun, valves généralement dépareillées et souvent cassées ; atteint rarement 33^{mm} ;

Hydrobia ulvae Penn., commun en petits amas, atteint rarement 4^{mm} de haut.

Les autres espèces signalées sont rares et n'offrent rien de remarquable.

Toute cette faunule est très voisine de celle du cordon de Bel-Air. Mais quelques espèces, très communes sur la plage au Lornel ne se sont pas montrées dans le cordon littoral de Bel-Air. Ce sont principalement :

Donax vittatus L. — *Solen ensis* L. — *Maetra stultorum* L.

En résumé, la faune du cordon de Bel-Air est une faune boréo-lusitanienne, à caractère lusitanien plus accentué que le caractère boréal en raison de la plus grande fréquence de *C. edule* et de la présence de *B. reticulatum*, et sensiblement identique à la faune actuelle des environs d'Etaples, bien qu'un peu plus pauvre.

En outre, elle diffère légèrement, dans la proportion et la taille de ses éléments, de la faune vaseuse de l'estuaire. Elle se rapproche davantage, à ce double point de vue, de la faune de l'estran sableux. C'est nettement une faune de bourrelet littoral formé au bord de la mer et non au fond d'un estuaire envasé.

Épaisseur et socle du cordon littoral de Bel-Air. — Le socle du cordon littoral de Bel-Air n'est pas visible. De toute évidence il est constitué par la craie qui se montre dans le chenal de la Canche à marée basse près du pont du Trépied vers l'alt. + 3^m à + 3^m50 et qui constitue la falaise de Bel-Air.

D'autre part, j'ai pu observer que le cordon littoral avait au moins 3^m50 d'épaisseur, et que son soubassement devait être plus bas que l'alt. + 2^m.

On peut donc supposer que le cordon littoral de Bel-Air, adossé à une petite falaise de craie, repose lui-même sur une plate-forme littorale crayeuse vers l'altitude + 1^m à + 2^m.

Il y a lieu de remarquer à ce propos que le petit *cordon littoral actuel* situé au pied du cordon littoral de Bel-Air est nettement *emboîté dans le cordon littoral de Bel-Air*. Ce dernier s'élève en effet à 1^m plus haut que le cordon littoral actuel et descend 2^m50 plus bas que la surface dudit cordon littoral. Mais de légers changements dans le régime des marées et des courants, dus aux modifications géographiques du rivage, ou aux travaux d'aménagement du port ou de mise en culture du schorre, peuvent avoir été la cause de cet emboîtement, en dehors de toute oscillation relative du niveau marin. (fig. 31).

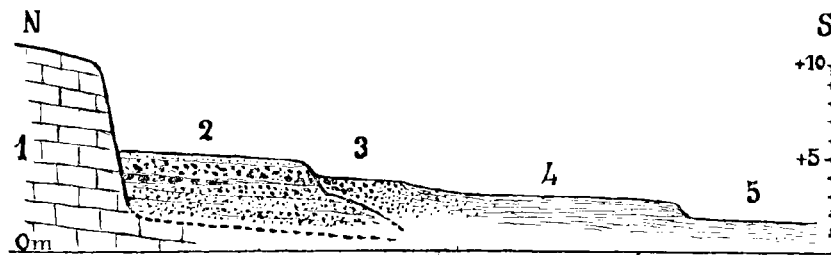


FIG. 31. — Relations stratigraphiques du cordon littoral de Bel-Air.

LÉGENDE. — 1, craie ; — 2, cordon littoral de Bel-Air ; — 3, cordon littoral actuel ; — 4, schorre ; — 5, slikke.

Comparaison avec le Cordon littoral des Pierrettes dans la Plaine maritime flamande. — Le cordon littoral de Bel-Air se distingue nettement des différents bancs de galets qui constituent les pragues du Marquenterre, et que j'ai attribués au Monastirien.

Ses caractères sont au contraire tout-à-fait identiques à ceux du cordon littoral des Pierrettes dans le Calaisis.

Ces deux formations sont en effet caractérisées par :

1° leur faune ne différant guère de la faune actuelle, au point considéré, que par une richesse moins grande en espèces et un caractère lusitanien, à peine plus accentué ;

2° leurs éléments lithologiques très frais ;

3° une grande richesse de galets exotiques d'origine vraisemblablement armoricaine, et lithologiquement très frais ;

4° l'absence de couverture de limons ou de produits superficiels d'altération rubéfiés, comparables aux limons.

Les bancs de galets du Crotoy qui constituent les pragues et que j'ai attribués au Monastirien présentent des caractères très différents que j'ai énumérés plus haut (p. 19).

Conclusions. — *Position stratigraphique et âge du Cordon littoral de Bel-Air.* — I. Le cordon littoral ancien de Bel-Air est une formation marine d'âge quaternaire ainsi que l'indiquent les caractères généraux de sa faune malacologique.

II. La fraîcheur de ses éléments lithologiques (craie par exemple), l'absence de couverture de limon ou de manteau de produits d'altération, la parenté de sa faune avec la faunule locale actuelle, indiquent qu'il est postmonastirien.

III. Sa situation géographique au fond d'un estuaire actuellement très envasé, l'altitude de sa surface différente de celle du cordon littoral actuel, sa faune privée de quelques éléments caractéristiques par leur abondance du cordon littoral actuel des environs d'Étaples, sa richesse en galets exotiques d'origine vraisemblablement armoricaine, la nature lithologique de certains de ces galets, l'absence des produits de l'industrie humaine caractéristiques des cordons littoraux actuels empêchent d'autre part de le considérer comme très moderne ou actuel.

IV. Ces mêmes caractères réunis indiquent qu'il appartient à la série sédimentaire que j'ai décrite comme série transgressive flandrienne.

V. Ce ne peut être du Flandrien inférieur, car il n'a fourni, malgré les nombreuses recherches dont il a fait l'objet, aucune des espèces dont la présence caractérise la base de l'étage Flandrien dans le Nord.

Son altitude confirme cette manière de voir.

VI. Il ne peut correspondre à l'assise de Dunkerque (Flandrien supérieur), car il n'a livré aucune trace d'industries humaines franque ou médiévale, qui permettent de dater historiquement cette assise dans le Nord de la France. Au contraire, certains de ses éléments lithologiques sont remaniés dans des dépôts riches en poterie grossière, dite d'Étaples, de type néolithique.

VII. Il appartient donc à l'assise de Calais (Flandrien moyen), (au même titre que le cordon littoral des Pierrettes), et les couches supérieures qui ont pu en être étudiées correspondent à la partie la plus élevée de cette assise.

J'assimile, dans le présent mémoire l'assise de Calais aux couches à *Tapes* du Danemark : la partie du banc de galets de Bel-Air qui vient d'être étudiée équivaut donc sensiblement aux couches à *Tapes* les plus récentes ou couches à *Dosinia exoleta*.

§ 4. — DÉPÔTS FLANDRIENS DE LA FALAISE DU CROTOY.

J'ai déjà eu l'occasion de m'occuper de la petite falaise du Crotoy et j'y ai distingué, à la base, du Monastirien, au sommet, une série complète constituée par un dépôt de dune avec *kjökkenmöddings*, des *bancs marins* à *Cardium*, puis un nouveau *dépôt dunaire* et *archéologique*. (1)

Dans un chapitre antérieur, j'ai rappelé la constitution des couches de base, attribuables au Monastirien. Je voudrais ici fixer la position stratigraphique des bancs à *C. edule*.

Position du gisement. — Les couches étudiées ici forment le sommet de la petite falaise du Crotoy, sous la villa des Grèbes, la base de la falaise étant constituée par les galets monastiriens du banc de Mayocq. (Pl. iv, fig. 15).

(1) DUBOIS [15]. Coupe falaise du Crotoy.

Au pied de la falaise, le cordon littoral actuel est formé de sables et de quelques galets, avec nombreuses coquilles entières ou cassées de divers Lamellibranches (principalement *C. edule*).

Régime des Marées. — Les hautes mers de vive eau atteignent une altitude voisine de + 6^m50. Les hautes mers d'équinoxes peuvent monter jusqu'à + 7^m50 (1). Le flot vient frapper directement le pied de la petite falaise qui a dû être en partie protégé par une digue.

Coupe de la falaise du Crotoy aux Grèbes. — Je rappelle en ce qui concerne les couches postmonastiriennes, le détail de la coupe de la falaise des Grèbes. (Pl. iv, fig. 16).

FLANDRIEN :	
5. Sable de dune avec bandes caillouteuses et bancs de débris de cuisine, coquilles, poteries, sol charbonneux ; en moyenne	1 ^m 50
4. a) Falun de <i>Cardium</i> à coquilles presque toutes entières et bivalves.....	0 ^m 10
4. Falun de <i>Cardium</i> formé de couches de coquilles plus ou moins fragmentées et de lits de petits galets	0 ^m 40
3. a) Sable brunâtre, sale, humique par places avec débris de cuisine, poteries, <i>Cardium</i> entiers et fragmentés.....	0 ^m 05
3. Sable de dune avec bancs humiques, lits de petits cailloux ronds ou anguleux vers la partie supérieure surtout, et, dans toute la masse, des débris de <i>Cardium</i> et de poteries	1 ^m 00
MONASTIRIEN :	
1 et 2. Galets du Crotoy	1 ^m 50

C'est sur la couche d'altération des dépôts monastiriens que s'étale un sable (*couche n° 3*) qui apparaît sans aucun conteste comme une formation continentale, avec débris archéologiques (poteries, coquilles éparses). Cette couche paraît avoir été une dune ou tout au moins une couche d'origine éolienne. Elle présente une zone supérieure un peu rubéfiée et, en quelques autres points, imprégnée de produits humiques (3a).

Les couches 4 (y compris 4a) sont des faluns bien stratifiés, offrant des alternances de lits de coquilles entières, souvent bivalves (surtout dans la couche 4a).

L'espèce dominante est *Cardium edule* L.

En beaucoup moins grande quantité, on trouve *Mytilus edulis* L. et plus rarement *Tellina balthica* L., *Littorina littorea* L.

Entre les coquilles, on peut observer un peu de sable formé de quartz assez bien roulé dont les grains atteignent 100 à 200 μ .

Il y a, en outre, dans le sable, quelques paillettes de mica, larges de 200 μ , des débris très fins de coquilles, de la glauconie, rare, mais non altérée, en grains de 100 μ en moyenne.

La couche 5 est un sable de dune dont la base contient de nombreux débris de poteries.

En se déplaçant un peu vers le N. W. on voit la netteté de la séparation des couches 3, 4 et 5 disparaître. D'une part, en effet, le falun à *Cardium* semble s'amincir, et, d'autre part, tout l'ensemble des couches supérieures aux couches monastiriennes a été retourné

(1) GEOFFROY Port du Crotoy. *Ports Maritimes de France*, I, 1874, p. 339.

par suite de l'établissement d'un cimetière qu'on peut observer à la falaise et dans une petite carrière ouverte entre la falaise et la route de la Bassée. On ne voit plus alors que du sable contenant poteries, coquilles et ossements humains en abondance, sans trace de subdivision. D'où peut résulter cette impression que toute la masse supérieure aux galets est un vaste *kjökkenmödding*.

Ainsi que Gosselet l'a indiqué, les banes n° 4 et 4a n'ont en aucune façon l'aspect caractéristique que possèdent les couches d'un *kjökkenmödding* (1) :

Les *Cardium* sont disposés en lits réguliers bien stratifiés ; beaucoup d'entre eux sont intacts et se présentent avec leurs deux valves unies. Un sable ayant tous les caractères d'un sable marin de plage se trouve entre les coquilles. Il y a quelques petits galets, mais aucun éclat de pierre anguleux comme on en observe toujours dans les *kjökkenmöddings* ; il n'y a enfin aucune trace charbonneuse, aucune trace de feu. Dans les divers *kjökkenmöddings* que j'ai visités le long du Fjord de Roskilde en Danemark, sous la conduite de MM. Madsen et Nordmann, je n'ai observé aucun dispositif rappelant les couches 4 et 4a.

Le bane de *Cardium* 4 et 4a constitue un falun littoral, épais de 0^m50 et qui n'est d'ailleurs bien développé que sur le flanc oriental de la praque monastirienne de Mayoeg.

Il ressemble de manière très frappante, à certaines surfaces du cordon littoral actuel qui s'étale au pied de la falaise et qui sont presque uniquement formées par un falun de *Cardium edule* L., avec quelques rares *Tellina balthica* L., *Mytilus edulis* L., et *Macra subtruncata* Da Costa.

La disposition des différents banes énumérés est telle que la base du falun à *Cardium edule* se trouve à 2^m50 au-dessus du niveau du cordon littoral actuel ; le sommet de la couche est ainsi à environ 2^m80 au-dessus de ce cordon littoral actuel (vers l'altitude + 7 environ). Ce dépôt de plage s'intercale localement entre des formations continentales avec traces archéologiques.

C'est là un dispositif semblable à celui que l'on connaît en de nombreux points du littoral et particulièrement en Flandre.

La différence de 2^m80 qui peut s'observer entre le sommet du cordon littoral actuel et le sommet du falun à *Cardium*, la superposition de ce falun à une couche de sable dunaire contenant des débris de cuisine avec poteries, m'incitent à le considérer comme un dépôt formé au cours de la phase la plus récente de la transgression positive flandrienne, et à l'attribuer en conséquence à l'assise de Dunkerque (ou Flandrien supérieur) dont il représente un facies littoral.

Les sables éoliens sous-jacents au falun à *Cardium* sont d'attribution plus difficile : on peut y voir une dune correspondant à l'assise de Dunkerque ou à la partie supérieure de l'assise de Calais.

Enfin les produits d'altération des dépôts marins monastiriens sont à mentionner ici : ils se sont constitués dès l'émersion du dépôt de galets monastiriens, jusqu'au moment où ils ont servi de soubassement à la dune dont l'âge est flandrien moyen ou supérieur. Ces pro-

(1) GOSSELET [25] Légende f. de Montreuil et notes d'exc., 1906, p. 96.

duits d'altération sont assimilables à une formation limoneuse sur place dont l'âge est en partie flandrien. (1)

La coupe suivante résume ces différentes considérations : (2)

Coupe récapitulative de la falaise du Crotoy :

FLANDRIEN :

5. Dune avec kjökkenmodding. — Assise de Dunkerque (ou actuel) ;
4. Falun à *Cardium*. — Assise de Dunkerque ;
3. Dune avec kjökkenmödding. — Assise de Calais (ou de Dunkerque) ;

MONASTIRIEN SUP. + FLANDRIEN :

2. Couches d'altération de la masse de galets du Crotoy. — Monastirien + Assise d'Ostende (+ Assise de Calais) ;

MONASTIRIEN :

1. Galets du Crotoy.

§ 5. — FORMATIONS LITTORALES FLANDRIENNES DIVERSES DANS LA PLAINE MARITIME PICARDE.

Sables de St-Firmin. — Le banc de galets monastiriens de Mayocq, qui est sectionné en une petite falaise au N. W. du Crotoy, se prolonge vers la ferme de Mayocq et se digite au N. de cette ferme en deux bancs ; l'un va se terminer sous le hameau de St-Firmin, l'autre au lieudit Bihen.

Entre les deux digitations de St-Firmin et de Bihen qui constituent des pruches élevées aux altitudes 10 et 12^m, à sol rouge brun et caillouteux, se trouve un petit vallon, plus bas de 3^m environ que les deux pruches et dont le sol est constitué uniquement par du sable blanc, contenant quelques petits galets et de nombreux débris de *Cardium* à portion de test non décalcifié.

Le sable blanc a l'aspect de sable de dune ; mais étant donné sa situation entre deux petites hauteurs qui le cachent et l'abritent des vents d'W. ou du S., son isolement à 2 km. au moins de toute masse dunale importante, on doit le considérer comme un dépôt marin littoral *in situ* légèrement remanié en dune à la surface, à une époque déjà assez ancienne. La nature littorale du sable, la présence des fossiles bien conservés, l'absence de couverture limoneuse ou de manteau d'altération indiquent un dépôt Flandrien. L'altitude de ce sable étant voisine de 7 à 8^m, on peut classer ce dépôt dans le Flandrien supérieur (assise de Dunkerque).

Ainsi, tandis qu'au Crotoy on voit le Flandrien supérieur reposer sur le Monastirien, à St-Firmin, on voit le Flandrien supérieur flanquer latéralement le Monastirien à une

(1) Ces quelques décimètres de sables à galets éclatés correspondent donc à une épaisse masse de dépôts marins monastiriens et flandriens, de même que certaines argiles à silex pré-éocènes correspondent à d'importantes masses de sédiments marins créacés ou paléocènes.

(2) Une masse de dunes réunit la pruche de Mayocq à celle du Crotoy. M. Briquet a fait remarquer qu'elle est installée sur un cordon littoral qui répond à la définition du *Tombolo*. (BRIQUET [12]. *C. R.* t. 172, 1921, p. 697). Ce cordon littoral est vraisemblablement d'âge flandrien et semble pouvoir être rapporté à l'assise de Calais s'il est exact que l'on a trouvé à sa surface des restes gallo-romains. Les dunes qui lui sont superposées appartiendraient à l'assise de Dunkerque, ou seraient tout à fait récentes. Mais la distinction des formations de l'assise de Dunkerque avec les dépôts actuels est très conventionnelle.

altitude plus basse que cette dernière formation. C'est un exemple de la disposition enboîtée des dépôts flandriens dans les dépôts monastiriens.

Sondage à St-Firmin (Commune de Rue). — Je mentionne en cette place les résultats d'un forage peu profond qui a été fait par le service géologique des Armées Britanniques (1) en campagne.

M. King a bien voulu me fournir quelques détails sur ce sondage dont il n'a malheureusement pas vu lui-même les échantillons. Le forage aurait traversé la série de couches suivante :

Forage à Rue (St-Firmin). Alt. + 7^m (?).

	Prof.	Épais.
4. Sable		2 ^m 44
3. Sable et coquilles	2 ^m 44	6 ^m 10
— 1 ^m 54 2. Argile sableuse et cailloux de silex	8 ^m 54	1 ^m 52
1. Gravier	10 ^m 06	0 ^m 60
— 3 ^m 66 (?) a. Craie	10 ^m 66	

Le niveau d'eau se trouve à 1^m de profondeur. Cette indication permet de placer le sondage dans la Plaine maritime au pied du banc de galets monastirien, et non pas sur ce banc lui-même. (2) On peut donc attribuer à l'orifice du sondage l'alt. + 7^m environ, qui est celle de la plaine aux abords immédiats de la praque. Le socle crayeux des couches quaternaires se trouve à l'altitude — 3^m66. Les graviers (couches 1 et 2) de la base peuvent être attribués soit au Flandrien moyen à facies littoral, soit au Monastirien. Les sables coquilliers supérieurs (couches 3 et 4) appartiennent certainement à la série flandrienne (Flandrien moyen et supérieur), en raison surtout de leur richesse en coquilles. Ce sondage montre le Flandrien moyen s'appuyant contre le Monastirien qui existe peut-être à la profondeur de 8^m54 sous le Flandrien, et qui existe certainement à peu de distance sous le village lui-même.

Ligne de rivage de St-Quentin-en-Tourmont — Cucq — Equihen. — En Marquenterre, Gosselet a signalé, outre le banc de Bel-Air, diverses formations littorales paraissant plus âgées que les dépôts littoraux actuels, et susceptibles d'être rapportées au Flandrien.

M. Briquet a essayé de reconstituer cette ligne de rivage ancienne qui d'après lui est caractérisée par des roches exotiques et qui supporte des formations archéologiques : kjökkenmoddings ou débris de poteries grossières (poteries d'Étaples de Gosselet). Ces débris ainsi que les kjökkenmøddings peuvent se trouver sur le cordon littoral lui-même dans la dune ou sur la falaise avoisinantes. (3).

Cette ligne de rivage peut se suivre depuis St-Quentin-en-Tourmont vers Monchaux, Routhiauville, Merlimont, Cucq, Equihen. (4) Les sables à *Cardium* de Villiers (5) au S. de la Canche, ainsi que ceux d'Herre (appuyés contre la praque de Flandre), paraissent être en relations avec cette ligne de rivage qui semblerait dater du Flandrien moyen.

Malheureusement, aucune coupe n'a pu être levée dans ces formations, et leur âge reste assez imprécis.

Au Sud de la Somme. — Je ne puis que renvoyer aux travaux de MM. Demangeon et Briquet pour la connaissance des modifications historiques du littoral dans la région de Cayeux (formation et fermeture du Hable d'Ault). (6) J'indiquerai seulement qu'une partie de la ligne de rivage flandrienne paraît coïncider avec le rivage actuel aux environs de Cayeux.

(1) A *The Australian Corps School*; KING. Sondages Armées Britanniques, *A. S. G. N.*, t. 45, 1921, p. 28, p. 1.

(2) Le niveau d'eau est à 3 ou 4 m. de profondeur sous le banc de galets monastirien.

(3) BRIQUET [13]. Bas-champs de Picardie, N. Somme, riv. anc. *C. R. Ac. Sc.*, t. 172, 1921, p. 927.

(4) BRIQUET [17]. Fal. morte Equihen *A. S. G. N.*, t. 47, 1922, p. 165.

(5) GOSSELET [23]. Exc. f. Montreuil, *A. S. G. N.*, t. 35, 1906, p. 83.

(6) DEMANGEON. La Picardie, p. 168 et suivantes; p. 185, fig. 17; — BRIQUET [11]. Ligne de rivage au S. de la Somme. *C. R. A. S.*, t. 172, 1921, p. 467.

CHAPITRE XIII

Le Flandrien fluviatile dans les vallées du Nord de la France

Les vallées du Nord de la France et de la Belgique ont été surcreusées par les cours d'eau lors de l'oscillation négative préflandrienne du niveau marin, puis comblées par des alluvions au cours de l'oscillation positive flandrienne qui a suivi.

Ainsi donc il y a dans toutes nos vallées une masse d'alluvions flandrienne, à facies fluviatile, que l'on peut observer jusque dans les petites vallées.

En Flandre, les sondages qui ont été effectués à travers les alluvions des vallées ne se prêtent guère à une étude détaillée du passage du facies marin au facies fluviatile, les sondages effectués dans la zone de passage étant rares et peu détaillés. Il n'en est pas de même dans la vallée de la Somme dans laquelle de nombreux sondages traversent, à Abbeville, une masse de sédiments où s'entremêlent les dépôts marins et les dépôts fluviatiles.

§ 1. — PASSAGE DU FLANDRIEN MARIN AU FLANDRIEN FLUVIATILE DANS LA VALLÉE DE LA SOMME.

Les sondages suivants ont été effectués à Abbeville ou dans les faubourgs d'Abbeville; l'altitude du sol y est généralement voisine de 6 à 7^m (1). Leurs résultats ont été empruntés à Commonr et Gosselet.

Sondage du pont de Sursomme, à Abbeville (1909). Alt. + 6^m.

		Prof.	Epaiss.
	6. Remblai		0 ^m 60
+ 5 ^m 40	5. Limon argileux	0 ^m 60	0 ^m 90
+ 4 ^m 50	4. Sable mouvant gris	1 ^m 50	3 ^m 10
+ 1 ^m 40	3. Tourbe compacte	4 ^m 60	4 ^m 50
— 3 ^m 10	2. Sable bleu	9 ^m 10	8 ^m 10
— 11 ^m 20	1. Gravier et cailloux	17 ^m 20	3 ^m 90
— 15 ^m 10	a. Craie	21 ^m 10	

C'est près du pont de Sursomme qu'on a trouvé, à 2^m de profondeur dans des sables à *Cardium* (n° 4 de la coupe), un *radius* de *Balcine franche* (2) (*Balaena biscayensis* Eschricht).

(1) COMMONR [18]. Terrasses fluviatiles, p. 196-198; — GOSSELET [24]. Sond. littoral Artois et Picardie, p. 77.

(2) BUTEUX. Esquisse Géol. dép. de la Somme, p. 278.

Sondage à Abbeville, au faubourg Rouvroy, effectué chez M. Cardon-Wamain. Alt. + 7^m.

		Prof.	Epaiss.
	9. Sable		3 ^m 30
+ 3 ^m 70	8. Tourbe	3 ^m 30	1 ^m 70
+ 2 ^m 00	7. Tuf	5 ^m 00	0 ^m 50
+ 1 ^m 50	6. Tourbe	5 ^m 50	1 ^m 80
— 0 ^m 30	5. Sable	7 ^m 30	2 ^m 70
— 3 ^m 00	4. Tuf	10 ^m 00	3 ^m 70
— 6 ^m 70	3. Tourbe	13 ^m 70	0 ^m 60
— 7 ^m 30	2. Sable	14 ^m 30	0 ^m 50
— 7 ^m 80	1. Cailloux	14 ^m 80	6 ^m 50
— 14 ^m 30	a. Craie	21 ^m 30	

Sondage d'Abbeville (faubourg Rouvroy) : 2^e sondage effectué chez M. Cardon-Wamain. Alt. 7.

		Prof.	Epaiss.
	13. Sable		2 ^m 00
+ 5 ^m 00	12. Terre noire	2 ^m 00	0 ^m 15
+ 4 ^m 85	11. Tuf	2 ^m 15	0 ^m 20
+ 4 ^m 65	10. Terre noire tourbeuse avec cailloux	2 ^m 35	1 ^m 60
+ 3 ^m 05	9. Tuf	3 ^m 95	0 ^m 30
+ 2 ^m 75	8. Tourbe	4 ^m 25	1 ^m 00
+ 1 ^m 75	7. Sable bleu	5 ^m 25	6 ^m 50
— 4 ^m 75	6. Terre grise tourbeuse	11 ^m 75	0 ^m 50
— 5 ^m 25	5. Tuf	12 ^m 25	1 ^m 50
— 6 ^m 75	4. Terre grise tourbeuse	13 ^m 75	0 ^m 50
— 7 ^m 25	3. Tourbe	14 ^m 25	0 ^m 60
— 7 ^m 85	2. Argile grise	14 ^m 85	1 ^m 85
— 9 ^m 70	1. Cailloux	16 ^m 70	3 ^m 30
— 13 ^m 00	a. Craie	20 ^m 00	

Sondage d'Abbeville, au faubourg Rouvroy, n° 88, sondage effectué chez M. Marcassin-Dieudonné. Alt. + 7^m.

		Prof.	Epaiss.
	14. Remblai		3 ^m 00
+ 4 ^m 00	13. Sable	3 ^m 00	0 ^m 70
+ 3 ^m 30	12. Tuf	3 ^m 70	0 ^m 40
+ 2 ^m 90	11. Tourbe	4 ^m 10	0 ^m 90
+ 2 ^m 00	10. Terre ligniteuse	5 ^m 00	0 ^m 70
+ 1 ^m 30	9. Sable bleu	5 ^m 70	7 ^m 80
— 6 ^m 50	8. Terre noire	13 ^m 50	0 ^m 55
— 7 ^m 05	7. Tourbe roussâtre, veinée de tuf	14 ^m 05	0 ^m 85
— 7 ^m 90	6. Marne calcaire grisâtre	14 ^m 90	0 ^m 85
— 8 ^m 75	5. Tourbe noire	15 ^m 75	0 ^m 50
— 9 ^m 25	4. Tourbe roussâtre, veinée de tuf	16 ^m 25	1 ^m 50
— 10 ^m 75	3. Tourbe noire	17 ^m 75	0 ^m 50
— 11 ^m 25	2. Sable	18 ^m 25	0 ^m 25
— 11 ^m 50	1. Cailloux	18 ^m 50	2 ^m 25
— 14 ^m 75	a. Craie	21 ^m 75	

Forage d'Abbeville, effectué chez MM. Saint frères. Alt. + 6^m.

		Prof.	Epais.
	7. Remblais et tourbe		3 ^m 00
+ 3 ^m 00	6. Tourbe et silex	3 ^m 00	5 ^m 30
— 2 ^m 30	5. Sable blanc et débris de craie avec gravier	8 ^m 30	1 ^m 45
— 3 ^m 75	4. Gravier fin	9 ^m 75	0 ^m 25
— 4 ^m 00	3. Tourbe et sable argileux	10 ^m 00	1 ^m 00
— 5 ^m 00	2. Sable gris et jaune gras	11 ^m 00	0 ^m 75
— 5 ^m 75	1. Gros gravier et sable blanc	11 ^m 75	4 ^m 25
— 10 ^m 00	a. Craie	16 ^m 00	

C'est dans les sables inférieurs à la tourbe qu'on a trouvé à Abbeville en creusant le canal de transit dans le Jardin St-Jean-des-Près (aux abords de la gare actuelle), des vertèbres d'un grand cétacé dont j'ignore l'espèce. (1)

Les sondages de la Chaussée Marcadé à Abbeville offrent l'intérêt d'avoir été pratiqués dans la vallée du Scardon, affluent de la Somme et non dans la vallée de la Somme elle-même.

Deux sondages ont été publiés par Commont. (2)

Sondage à Abbeville, au n° 20 de la chaussée Marcadé, (Vallée du Scardon). Alt. + 7^m (?)

		Prof.	Epaiss.
	8. Remblai		1 ^m 50
+ 5 ^m 50	7. Terre végétale	1 ^m 50	1 ^m 00
+ 4 ^m 50	6. Terre noire	2 ^m 50	1 ^m 00
+ 3 ^m 50	5. Cailloux	3 ^m 50	0 ^m 50
+ 3 ^m 00	4. Tuf blanc	4 ^m 00	0 ^m 80
+ 2 ^m 20	3. Tuf gris veiné de tourbe	4 ^m 80	2 ^m 70
— 0 ^m 50	2. Sable bleu	7 ^m 50	3 ^m 50
— 4 ^m 00	1. Cailloux	11 ^m 00	3 ^m 00
— 7 ^m 00	a. Craie	14 ^m 00	

Sondage à Abbeville, au n° 99 de la chaussée Marcadé, (Vallée du Scardon). Alt. + 7^m.

		Prof.	Epaiss.
	9. Remblai		1 ^m 10
	8. Terre noire, tourbe, tuf	1 ^m 10	0 ^m 80
	7. Calcaire	1 ^m 90	5 ^m 70
	6. Tuf	7 ^m 60	0 ^m 70
	5. Tourbe tufière	8 ^m 30	0 ^m 30
	4. Sable coquillier et bois fossile	8 ^m 60	0 ^m 30
	3. Tourbe	8 ^m 90	0 ^m 20
	2. Sable	9 ^m 10	0 ^m 15
	1. Cailloux	9 ^m 25	3 ^m 50
	a. Craie	12 ^m 75	

Boucher-de-Perthes a trouvé à la porte Marcadé dans les sables bleus, des outils néolithiques.

(1) BUTEUX. Esq. Géol. dép. de la Somme. p 278.

(2) COMMONT [49]. Tufs et tourbes, p. 223.

Dans ces diverses coupes, on peut constater :

- 1° la diminution d'épaisseur totale des sables marins ;
- 2° l'augmentation correspondante de l'épaisseur des graviers et cailloux, des argiles tourbeuses et des tourbes ;
- 3° la présence de couches de tufs qui n'avaient pas été observées dans la plaine maritime picarde.

La répétition fréquente des bancs tourbeux indique que la Somme n'a pas été un fleuve profond et actif, au cours de la transgression flandrienne, dans les environs d'Abbeville; c'était comme aujourd'hui une rivière peu profonde, dont le fond était constamment voisin de la surface de l'eau, signe d'une oscillation positive, lente et continue.

A diverses reprises un dépôt marin s'intercale dans la série, sans que l'on puisse préciser s'il s'agit d'une accélération de la vitesse du mouvement positif, d'une période de fortes marées ou plus simplement de modifications du régime des courants dans l'estuaire.

On peut retrouver dans ses grandes lignes les subdivisions de l'étage Flandrien que j'ai mises en évidence en Flandre, à Coquelles par exemple.

Assise d'Ostende (ou *Flandrien inférieur*). — On est en droit d'attribuer au Flandrien inférieur les 3 à 7^m inférieurs de cailloux et sables qui forment la base de la série et qui rappellent les couches de base de Coquelles.

Assise de Calais (ou *Flandrien moyen*). — Est formée de sables d'estuaires gris ou bleus, épais de 3 à 8^m, qui se trouvent vers le milieu de la série, et de tourbes et tufs qui leur sont superposés.

Assise de Dunkerque (ou *Flandrien supérieur*). — Est représentée par une couche de sable d'épaisseur voisine de 3^m.

Au pont de Sursomme ou à la Chaussée Marcadé, la séparation du Flandrien inférieur du Flandrien moyen, est rendue difficile par suite de l'absence de tourbe entre les deux assises.

Je signale que, d'après M. de Lamothe, la vieille Somme, c'est-à-dire la Somme non canalisée, doit être considérée comme ayant coulé à un niveau inférieur de 2 à 3^m à celui de la surface terminale des sables marins de l'assise de Dunkerque.

En amont de ces points, les sédiments marins manquent, au moins en couches continues. Peut-être en existe-t-il un lambeau à Pont-Rémy (1), et, avec plus de doute encore, un autre à Bray-les-Mareuil, qui indiquerait que l'avance marine du Flandrien supérieur s'est fait sentir en amont d'Abbeville, mais que la mer n'y a laissé que de rares paquets de sables. Dans la Plaine maritime flamande, j'ai mis d'ailleurs de semblables faits en évidence.

Toutefois, les coquilles d'espèces comestibles trouvées sur les croupes de tuf entre Abbeville et Amiens, sont de toute évidence des dépôts de *kjökkenmödding*. (2)

(1) GOSSELET [22]. *Esquisse-Quat.*, p. 409 ; — LAMOTHE [1]. *Nappes alluviales, Somme*, p. 11-12.

(2) A l'exception peut-être d'un exemplaire de jeune *Scrobicularia piperata* trouvée à la Chaussée-Tirancourt sur une croupe de tuf et qui peut soit avoir été ramenée par l'homme, accrochée à des algues ou au byssus d'une moule destinée à l'alimentation, ou avoir été apportée par les courants de marée, à la faveur des vents N.W. J'estime que pour ce cas le doute doit persister jusqu'à preuves nouvelles.

En résumé, on peut observer que, selon toute vraisemblance, au moment des phases transgressives du Flandrien moyen et du Flandrien supérieur, l'eau de mer, à la faveur de fortes marées et du vent du N.W., a pu remonter très loin dans l'estuaire de la Somme, mais qu'elle n'a pas abandonné de dépôt marin en amont d'Abbeville.

§ 2. — FLANDRIEN FLUVIATILE DE LA SOMME.

Les sondages en amont d'Abbeville. — Ces sondages ont été effectués pour la recherche des nappes aquifères captives dans les alluvions, principalement par les sondeurs Beurrier père et fils, et par le Service des Ponts-et-Chaussées en vue de travaux d'art divers; ils ont été publiés par Commont. (1) Je n'en citerai que quelques-uns parmi les plus typiques :

Sondage à Abbeville, au faubourg des Planches (2). Alt. + 7^m (?).

		Prof.	Epaiss.
	10. Remblai		1 ^m 50
+ 5 ^m 50	9. Tuf	1 ^m 50	2 ^m 00
+ 3 ^m 50	8. Tourbe	3 ^m 50	1 ^m 50
+ 2 ^m 00	7. Terre noire	5 ^m 00	2 ^m 30
— 0 ^m 30	6. Tuf	7 ^m 30	2 ^m 30
— 2 ^m 60	5. Tourbe	9 ^m 60	2 ^m 00
— 4 ^m 60	4. Tuf	11 ^m 60	1 ^m 00
— 5 ^m 60	3. Tourbe	12 ^m 60	0 ^m 80
— 6 ^m 40	2. Argile sableuse	13 ^m 40	0 ^m 60
— 7 ^m 00	1. Cailloux	14 ^m 00	3 ^m 50
— 10 ^m 50	a. Craie	17 ^m 50	

On voit ici: 3 couches de tuf et de tourbe superposées.

Sondage à Eaucourt-sur-Somme (3). Alt. + 7^m (?).

		Prof.	Epaiss.
	7. Terre végétale		1 ^m 00
+ 6 ^m 00	6. Tourbe	1 ^m 00	0 ^m 80
+ 5 ^m 20	5. Sable coquillier	1 ^m 80	0 ^m 20
+ 5 ^m 00	4. Tuf	2 ^m 00	4 ^m 25
+ 0 ^m 75	3. Tourbe	6 ^m 25	1 ^m 75
— 1 ^m 00	2. Sable	8 ^m 00	0 ^m 37
— 1 ^m 37	1. Cailloux	8 ^m 37	9 ^m 47
— 10 ^m 84	a. Craie	17 ^m 84	

Sondage à Erondel, au milieu de la vallée (presbytère) (4). Alt. + 7^m.

		Prof.	Epaiss.
	8. Terre noire		1 ^m 20
+ 5 ^m 80	7. Tuf	1 ^m 20	0 ^m 50
+ 5 ^m 30	6. Tourbe et tuf	1 ^m 70	2 ^m 30

(1) COMMONT [19]. Tufs et tourbes de divers âges, A. S. G. N., t. 39, p. 240-248.

(2) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 222.

(3) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 222.

(4) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 222.

+ 3 ^m 00	5. Tuf blanc	4 ^m 00	1 ^m 20
+ 1 ^m 80	4. Terre brune tufière	5 ^m 20	5 ^m 40
— 3 ^m 60	3. Tourbe	10 ^m 60	1 ^m 20
— 4 ^m 80	2. Sable	11 ^m 80	1 ^m 40
— 6 ^m 20	1. Graviers	13 ^m 20	2 ^m 80
— 9 ^m 00	a. Craie	16 ^m 00	

Sondage à Liercourt (1). Alt. + 9^m.

	4. Terre tourbeuse et tuf		8 ^m 67
+ 0 ^m 33	3. Tuf	8 ^m 67	0 ^m 30
+ 0 ^m 03	2. Tourbe	8 ^m 97	2 ^m 00
— 1 ^m 97	1. Cailloux	10 ^m 97	5 ^m 67
— 7 ^m 64	a. Craie	16 ^m 64	

soit 16^m64 de remblai flandrien dont la composition est beaucoup plus simple que plus en aval.

A Pont-Rémy (2) en face de Liercourt, les coupes sont sensiblement identiques et la puissance de remblaiement est voisine de 15^m.

A Longpré-les-Corps-Saints, Commont signale un remblaiement de 12^m environ (alt. du socle crayeux — 3) formé de graviers à la base, d'argiles, de tourbes et de sables calcaires.(3)

Plus en amont, à Hangest, Belloy-sur-Somme, Picquigny, la surface terminale des alluvions est voisine de + 12^m, tandis que l'eau du marais se tient à l'altitude moyenne de 11^m50. (4) Il y a 10 à 14^m de remblaiement, dont la succession est mise en évidence par la coupe synthétique suivante, dans laquelle j'ai rassemblé les données de plusieurs coupes incomplètes de Commont.

Coupe synthétique des alluvions flandriennes de la Somme à Picquigny - Belloy-sur-Somme.

9. Terre noire tourbeuse	0 ^m 30 à 0 ^m 75
8. Terre sableuse grisâtre (avec restes archéologiques gallo-romains) ..	0 ^m 50 à 1 ^m 00
7. Sables calcaires coquilliers alternant avec des argiles grises	0 ^m 60 à 1 ^m 00
6. Tuf granuleux (avec néolithique et Bronze)	0 ^m 25 à 1 ^m 00
5. Tourbe jaunâtre spongieuse	0 ^m 50 à 1 ^m 00
4. Banc sableux coquillier	0 ^m 10
3. Tourbe noire compacte avec néolithique	1 ^m 50 à 2 ^m 00
2. Argile (glaise)	1 ^m 00
1. Graviers	4 ^m 00 à 7 ^m 00
a. Craie	

Les chiffres d'épaisseur sont susceptibles de variations considérables de même que le nombre d'alternances de filets sableux à coquilles fluviatiles, de bancs de tufs, de bancs tourbeux, tous ces bancs ayant une allure lenticulaire.

Aux abords d'Amiens, la structure de la masse alluviale flandrienne est bien connue,

(1) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 220

(2) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 220-221.

(3) COMMONT [19]. Tufs et tourbes, fig. 2, p. 244-245.

(4) COMMONT [19]. *loc. cit.*, p. 214 et fig. 1, p. 219.

grâce aux recherches de Commont. On se reportera principalement à ses coupes transverses de la vallée, dressées à Montières et St-Acheul.(1)

A Amiens même, au pont des Teinturiers, on a la coupe suivante :(2)

Sondage à Amiens au Pont des Teinturiers. Alt. (du niveau d'eau) (3) + 21^m35.

	Prof.	Epaiss.
4. Remblai et argile grise.....		2 ^m 75
3. Tourbe	2 ^m 75	3 ^m 60
2. Argile blanche	6 ^m 35	1 ^m 50
1. Sables et cailloux	7 ^m 85	2 ^m 90
? + 10 ^m 60 a. Craie	10 ^m 75	

De l'autre côté du pont, la même coupe se présente avec les modifications suivantes :

2^e coupe du Pont des Teinturiers à Amiens. Alt. (du niveau d'eau) + 21^m35.

	Prof.	Epaiss.
3. Remblai et argile grise		2 ^m 35
2. Tourbe	2 ^m 35	4 ^m 60
1. Sables et cailloux	6 ^m 95	2 ^m 00
? + 12 ^m 40 a. Craie	8 ^m 95	

Dans la vallée de la Selle, affluent de la Somme, à Amiens, de Mercey (4) a levé la coupe suivante des alluvions de la rivière à Pont-de-Metz, à quelques kilomètres d'Amiens. La coupe était prise dans les bassins creusés au pied du coteau et servant de réservoirs d'eau pour la ville d'Amiens.

Sondage à Pont-de-Metz (Vallée de la Selle). Alt. du lieu (approximativement) + 30^m.

	Prof.	Epaiss.
8. Terre végétale		0 ^m 40
7. Vase calcaire grise	0 ^m 40	0 ^m 46
6. Sable calcaire tourbeux	0 ^m 86	1 ^m 12
5. Tuf coquillier	1 ^m 98	1 ^m 15
4. Tourbe	3 ^m 13	0 ^m 44
3. Vase glaiseuse calcaire blanche	3 ^m 57	0 ^m 59
2. Sable glaiseux et crayeux	4 ^m 16	1 ^m 80
1. Gros gravier	5 ^m 96	2 ^m 97
+ 21 ^m 07 a. Craie	8 ^m 93	

On y voit une série de remplissage de vallée de 8^m93 d'épaisseur.

Ainsi, en remontant de proche en proche le cours de la Somme et de ses affluents, on peut constater qu'après une période de creusement maximum du lit a succédé une période d'alluvionnement qui a été synchronique du relèvement du niveau de base flandrien.

Il est vraisemblable que l'arrêt de la phase de creusement et en conséquence, le début de la phase d'alluvionnement a dû être plus tardif dans les secteurs d'amont du fleuve

(1) COMMONT [14]. St-Acheul et Montières, fig. 1 (p. 6), fig. 2 (p. 7), fig. 45 (p. 49), fig. 46 (p. 51).

(2) COMMONT [14]. *loc. cit.*, p. 45.

(3) A l'étiage sans doute.

(4) DE MERCEY in GOSSELET [26] Capt. sources P.-de-Metz. — Extr. *Bull. C. Géol. Fr.*, n° 128, t. XXI 1909-1910, C. R. Coll. pour camp. de 1910, paru en 1910, p. 1.

que dans les secteurs d'aval, de telle sorte que les couches inférieures de la masse alluviale flandrienne doivent être moins bien représentées dans les secteurs d'amont que dans la région estuarienne.

Il y a donc lieu de croire que la partie des alluvions attribuable au Flandrien inférieur (assise d'Ostende) doit être très peu épaisse.

La masse principale des alluvions correspond aux assises plus élevées de Calais et de Dunkerque, et encore cette dernière est souvent réduite à une couche très mince de limons de lavage ou d'alluvion vaseuse.

Lors de la phase moyenne de la transgression flandrienne, phase qui a provoqué la formation de l'assise de Calais en plaine maritime flamande, la vitesse d'alluvionnement du fleuve a été très inférieure à la vitesse d'ascension du niveau de base, de telle sorte que le fleuve n'a plus comblé son lit que très incomplètement avec un peu de sable et de l'argile fine ; les tourbes et les tufs ont dès lors pu se développer d'autant plus aisément que la continuation de l'oscillation positive du niveau de base provoquait une élévation du niveau de l'eau dans le fleuve à mesure que la tourbe ou le tuf se constituaient.

Remarques sur les conditions qui ont permis l'accumulation des bancs tourbeux dans les vallées du Nord de la France. — On sait que les tourbes de la Somme, et en général, toutes celles de nos rivières flamandes ou picardes, ne sont pas formées, comme les tourbes des pentes ou des sommets, presque uniquement par une accumulation de Sphaignes. Ces plantes sont susceptibles d'emprisonner dans leur feutrage, la masse d'eau nécessaire à l'entretien de leur croissance et de s'élever ainsi au-dessus de leur niveau primitif de végétation, en produisant une masse de tourbe pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur.

Dans les tourbières de la vallée de la Somme, les Sphaignes sont rares ; les *Hypnum*, les Cypéracées, les Graminées aquatiques y constituent les éléments les plus importants de la flore. Les troncs d'arbres s'y trouvent en abondance, parfois en place, Chênes, Hêtres, Aulnes, Coudriers.

Ces plantes ne peuvent provoquer une élévation de plusieurs mètres de la nappe d'eau comme les Sphaignes, et la tourbe qui résulte de leur décomposition ne peut ainsi dépasser d'une manière sensible le niveau du sol. La couche de tourbe ainsi fournie ne peut donc prendre d'épaisseur que si le niveau de l'eau s'élève de lui-même, lentement, au fur et à mesure du comblement du bassin de tourbification.

L'accumulation de plusieurs mètres de tourbe dans le marais de la Somme n'a donc pu se produire qu'à la faveur de la transgression flandrienne et en l'absence de sédimentation importante.

Le régime tourbeux qui a duré pendant tout le Flandrien moyen n'a continué que très faiblement, en amont d'Abbeville au cours des temps historiques et jusqu'à nos jours, parce que l'oscillation positive flandrienne supérieure (ou historique) y a eu une trop faible amplitude et y a été de trop courte durée pour permettre à d'importantes masses de tourbe de s'installer.

On a donné d'autres raisons que celle que je viens d'indiquer pour expliquer le ralentissement considérable ou l'arrêt total de l'accumulation tourbeuse dans les vallées du Nord de la France depuis la période historique. Aucune ne me paraît satisfaisante :

I. — On a pu prétendre que l'arrêt de la production de la tourbe n'est qu'apparent et résulte simplement de l'exploitation même de la tourbe qui en compense la production. Mais en de nombreux points de la vallée de la Somme, on n'exploite pas la tourbe, et on ne peut y constater cependant aucune augmentation appréciable de la masse tourbeuse *en hauteur*. Dans de nombreuses vallées du Nord, on n'exploite pas la tourbe en raison de la facilité du chauffage à la houille, et pourtant on n'y voit pas croître de mamelons tourbeux analogues à ceux qui se forment en certaines contrées.

II. — On ne peut non plus incriminer le dessèchement provoqué par la canalisation de la rivière. Le seul résultat appréciable de la canalisation est d'avoir pu contribuer à élever légèrement le plan d'eau dans la vallée, ce qui serait plutôt une cause favorable à une nouvelle croissance de la tourbe. Les filets d'eau latéraux, ruisseaux, fausses rivières et mares sont demeurés malgré la canalisation.

On connaît de nombreuses petites vallées du Nord où les cours d'eau n'ont pas été canalisés et où pourtant l'arrêt de l'accumulation tourbeuse en hauteur est certain.

III. — Un changement de climat sensible (1), une importante modification de la flore, qui ont été quelquefois évoqués, ne sont pas des raisons suffisantes et ne sont d'ailleurs nullement prouvés. (2)

Bien au contraire, on sait que lorsque les circonstances de topographie locale le permettent, la tourbe se développe à nouveau : c'est ce qui se passe dans les *clairs* ou étangs artificiels résultant de l'exploitation de la tourbe ancienne : une tourbe nouvelle s'y développe et tend à remplacer l'ancienne.

IV. — On a pu aussi incriminer la culture avec toutes les modifications du milieu qui l'accompagnent : création de rigoles pour faciliter l'écoulement de l'eau, (raison jugée comme prépondérante par de Lapparent) (3) déboisement, défrichement.

Ici encore la raison me paraît inopérante. On connaît dans le Nord de la France des vallées tourbeuses qui n'ont pas été mises en valeur de façon appréciable, ou même qui sont conservées en vue de la pêche ou de la chasse aux oiseaux aquatiques, et où pourtant on ne constate pas une augmentation de l'épaisseur des masses de tourbe. La tourbe y gagne seulement en surface en recouvrant les points du marais où une faible profondeur du fond permet aux végétaux aquatiques de s'enraciner et de vivre. Partout on voit la formation tourbeuse s'arrêter lorsque le niveau supérieur de la formation est à quelques décimètres au-dessus du niveau moyen de l'eau.

On conséquence, on peut conclure que dans les vallées, en amont des estuaires, l'accumulation d'épaisses masses de tourbe n'a pu se produire qu'au cours d'une oscillation

(1) COMMONT [19]. Tufs et tourbes, p. 230.

(2) Peut-être la température moyenne de notre contrée a-t-elle été plus élevée de 1 ou 2° que la température moyenne actuelle lors du dépôt des tourbes de l'assise de Calais, à en juger d'après ce qui a été reconnu en Scandinavie et d'après la faune marine de l'assise de Calais dont le caractère boréal paraît avoir été moins accentué que maintenant.

(3) DE LAPPARENT. Traité de Géol., 5^e éd., 1906, I, p. 363.

positive du niveau de base suffisamment intense et longue pour provoquer une élévation du niveau moyen de l'eau dans la vallée.

L'arrêt de la production de la tourbe s'est produit lorsque la dite oscillation s'est elle-même stabilisée, ou a été remplacée par une oscillation négative, ou même simplement lorsque l'oscillation positive a été trop faible pour avoir un retentissement sur le niveau moyen de l'eau dans les vallées.

Remarques sur la formation des tufs et des croupes. — Les amas de tuf dont on a pu voir l'importance dans les différents sondages décrits plus haut constituent la masse principale de petites éminences qui parsèment le fond de la vallée et qui sont bien connues sous le nom de croupes.

Ces croupes ont été étudiées principalement par Boucher-de-Perthes, de Mercey et Commont, à Abbeville, la Portelette, Condé-Folie, Cocquerel, Ailly-sur-Somme, Liercourt, Erondel, la Chaussée-Tirancourt, Yseux. (1)

La coupe suivante, levée par Commont à la Chaussée Tirancourt, (sans indication d'épaisseurs malheureusement à part celle du tuf et de la tourbe sous-jacente), donne une idée générale de la constitution d'une croupe.

J'ai simplement transcrit les données de Commont, en répartissant les différents bancs dans les deux assises supérieure et moyenne du Flandrien.

<i>Assise de Dunkerque</i>	}	7. Sol tourbeux.
		6. Fragments de craie rapportés.
		5. Argile gris-jaunâtre, avec poteries du Moyen-Age.
		4. Argile grise, avec kjökkenmödding et poteries gallo-romaines.
<i>Assise de Calais</i>	}	3. Sable à coquilles d'eau douce avec limon gris tourbeux.. — Poteries pré-romaines.
		2. Tuf granuleux avec Bronze.
		1. Tourbe, remplacée en certains points par du tuf (avec néolithique), sables coquilliers et argile.

Le tuf atteint 5^m20 à 7^m.

Les croupes de la Somme se trouvent réparties tout le long de la vallée principalement entre Amiens et Abbeville ; elles ont 0^m50 à 2^m de hauteur.

Les sections qui en ont été observées montrent une masse de tuf calcaire lenticulaire présentant en son centre une sorte de racine descendant à travers les terrains d'alluvions sous-jacents. On admet à la suite des recherches de Mercey et de Commont que les tufs ont été précipités dans les marais tourbeux par évaporation d'eaux issues de la craie, soit directement par écoulement latéral, soit par voie ascendante à travers les terrains d'alluvions ou tourbeux préformés. Le tuf a pu se former jusqu'à un niveau du sol supérieur

(1) BOUCHER-DE-PERTHES. Antiquités celtiques, t. 1, p. 182 ; — MERCEY [5]. Croupes de la Somme, *Bull. Soc. Linn. N. F.*, t. III, 1877, p. 336 ; — COMMONT [19]. Tufs et tourbes de divers âges de la Vallée de la Somme *A. S. G. N.*, t. XXXIX, 1910, p. 210-248 ; voir aussi la carte géologique de France à 1/80.000^e, feuille d'Amiens n° 12, où les croupes ont été notées par des points bleus, et GOSSLET [22]. Esquisse géol., quaternaire, p. 408-409.

à l'altitude actuelle, parce que le sol tourbeux atteignait lui-même cette altitude plus élevée. Plus tard, par suite du tassement de la masse tourbeuse, le sol s'est abaissé autour des massifs de tufs qui se sont ainsi trouvés relativement surélevés. Dans l'affleurement, la zone supérieure du tuf a été décalcaifiée en partie, constituant une sorte de limon gris argileux.

Je suis arrivé à des conclusions légèrement différentes en ce qui concerne l'origine des petites croupes de la Plaine maritime flamande où les marnes calcaires à Limnées présentent tous les caractères d'un dépôt sédimentaire de marais. Mais Comment a signalé dans la vallée de la Somme l'existence de massifs de tuf *remanié et déposé secondairement* dans de petites cuvettes de sédimentation, rappelant en tous points les massifs de la Plaine maritime flamande.

J'ai pu établir que si les tufs calcaires du Calaisis pouvaient en partie être attribués à la partie supérieure de l'assise de Calais, leur masse principale était attribuable au Flandrien supérieur (assise de Dunkerque) et daterait ainsi historiquement des temps post gallo-romains. Dans la vallée de la Somme, les recherches archéologiques de Comment ont établi que si certains tufs sont très anciens, (1) aucune croupe n'est à rapporter aux temps post gallo-romains. (2)

On doit donc en déduire que dans la vallée de la Somme, l'arrêt de la formation des tufs après le Flandrien moyen est dû à la même cause que l'arrêt de la formation des tourbes.

Les couches de tufs ou marnes calcaires intercalées ou superposées aux alluvions ne peuvent, en effet, s'installer à un niveau sensiblement plus élevé que celui de la nappe d'eau dans la vallée. (3)

On conçoit dès lors que les tufs aient cessé de se former dès que le niveau moyen de l'eau a cessé de s'élever de manière sensible dans la vallée, au cours des temps flandriens supérieurs historiques. Au contraire, l'oscillation positive flandrienne supérieure, ayant été beaucoup plus sensible dans la Plaine maritime flamande, les tufs ont pu s'y constituer en des points du marais poldérien localement protégés contre l'intrusion de l'eau de mer.

Age archéologique des dépôts fluviatiles flandriens dans la vallée de la Somme. — Je rappellerai sommairement les conditions de gisement des diverses traces de civilisation dans les dépôts flandriens de la Somme.

I. — *Formations marines.* — Boucher de Perthes a trouvé du Néolithique dans les sables gris bleu marins interstratifiés dans les dépôts fluviatiles de l'assise de Calais, près d'Abbeville. (4)

(1) BRIQUET [7]. Un tuf pléistocène dans la Vallée de la Somme.

(2) COMMENT [19]. Tufs et tourbes.

(3) Il n'est bien entendu pas question ici des tufs concrétionnés déposés dans les ruisseaux torrentiels, dans les cascades, sur les flancs des coteaux et des escarpements et qui peuvent se former à n'importe quel niveau au-dessus des nappes d'eau des vallées.

(4) BOUCHER-DE-PERTHES. Antiquités celtiques, in COMMENT [19]. Tufs et tourbes, p. 223-237.

II. — *Formations fluviales*. — Dans les tourbes et les tufs, Comment a signalé: (1)

- 1° du *Paléolithique (Magdalénien)* dans les produits de dragages profonds à Abbeville, Amiens, Boves, qui paraissent correspondre à l'assise d'Ostende ;
- 2° du *Néolithique (Robenhausien)* avec traces de palafittes, dans les couches profondes des tufs et des tourbes de l'assise de Calais ;
- 3° du *Bronze* dans la partie supérieure et moyenne des mêmes dépôts de tufs et tourbes de l'assise de Calais ;
- 4° du *Fer (Gaulois-Marnien)* à la partie superficielle des tufs ;
- 5° du *Gallo-romain* avec *kjökkenmöddings* dans les limons calcaires recouvrant le tuf des croupes et dans la partie superficielle de la tourbe en différents points de la vallée : partie supérieure de l'assise de Calais ;
- 6° des restes *francs* ou *médiévaux* dans les terres grises tourbeuses du Flandrien supérieur à la surface de la tourbe (Monnaies de Louis III et Carloman (année 880) à Glisy).

Faune des dépôts fluviaux flandriens de la vallée de la Somme. — On ne possède, à ma connaissance aucun document précis sur la faune du *Flandrien inférieur* fluvial de la vallée de la Somme.

La faune mammalogique du Flandrien moyen (assise de Calais) est bien connue, grâce aux recherches de Boucher de Perthes, Ravin, Buteux, Debray, Comment. C'est la faune actuelle avec types émigrés ou en voie d'extinction tels que les différents *Bos* et le *Castor*, bien connue dans la région gallo-gelge. (2)

Comment a donné une liste de la faune malacologique (3) du tuf de la Chaussée-Tiran-court, d'après de Mercey et Carpentier.

Caractères généraux du Flandrien fluvial de la vallée de la Somme :

Flandrien inférieur (Assise d'Ostende). — Formé de cailloux, graviers, sables. Ses caractères fauniques sont inconnus, ses caractères archéologiques mal connus (Magdalénien ?)

Flandrien moyen (Assise de Calais). — Il constitue la masse principale des alluvions et est formé de sables, argiles, tourbes et tufs. La faune en est bien connue. C'est la faune de la tourbe. La période de sédimentation correspond au point de vue archéologique au Néolithique, à l'âge du Bronze, et à l'âge du Fer (gaulois-marnien). La phase d'alluvionnement était arrêtée pratiquement au Gallo-romain.

Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque). — Il est peu développé; l'alluvionnement d'une part, la formation des tufs et des tourbes d'autre part ayant été pratiquement nuls, dans la région d'Abbeville-Amiens, par suite de la faible amplitude de l'oscillation positive. Il correspond aux temps historiques post gallo-romains.

(1) COMMENT [25]. Chron. et Stratigr. des Industries, *Cong. Int. Anthropol.*, XIV, Genève, 1912, p. 239-254.

(2) V. COMMENT [10, 14, 17, 19, 20, 22, 25]; DEBRAY [1, 2, 3, 5, 8]; G. DUBOIS [4, 17]; PAUL HALLEZ [1]; RUTOT [18].

(3) COMMENT [19]. Tufs et tourbes, p. 234-235.

§ 3. — FLANDRIEN FLUVIATILE DE DIVERSES VALLÉES DU NORD DE LA FRANCE.

Vallée de l'Aa. — Bassin lacustre de St-Omer. — Dans le petit bassin marécageux de St-Omer, (1) les formations flandriennes ont une épaisseur maxima connue de 16^m entre St-Omer et Clairmarais, de 13^m90 à Arques. Le fond de la vallée, formé de couches éocènes paraît se trouver à une altitude voisine de — 10 à — 15.

En général, il y a un gravier à la base, puis des sables ou des argiles, puis de la tourbe affleurant au sol ou recouverte de nouveau par des argiles et des sables.

Les dépôts tourbeux occupent une grande place dans ces marais. A St-Omer, ils peuvent atteindre une épaisseur de 4^m50; entre Clairmarais et St-Omer, une épaisseur de 7^m. En certains points on connaît plusieurs bancs séparés par de l'argile.

Une formation calcaire tuffacée assez spéciale, souvent recouverte par la tourbe et qui, en certains points au moins, a livré des restes archéologiques gallo-romains, est constituée par une sorte de gravier de petites concrétions calcaires, connu par les puisatiers et les foreurs sous le nom, d'ailleurs impropre, de « *Fond de Mer* », ou « *Ecume de Mer* ».

Certains historiens avaient cru pouvoir admettre que l'invasion marine historique s'était fait sentir jusqu'à St-Omer. Gosselet a démontré que les formations modernes du bassin de St-Omer étaient fluviales : autrement dit, la transgression marine du Flandrien supérieur n'a eu dans le bassin de St-Omer qu'un retentissement indirect, en provoquant vraisemblablement l'inondation générale de toute cette région marécageuse par l'eau de l'Aa, sous forme d'un immense marais. Il y a même tout lieu de croire que les marées devaient y faire ressentir leur rythme; mais les sables marins à *C. edule* (assise de Dunkerque) n'ont jamais été déposés en amont de Watten.

Les documents manquent sur la nature des sables pissards inférieurs aux tourbes qui ont été signalés en certains points du bassin.

Vallée de l'Escaut. — Gosselet a recueilli et donné les résultats d'un nombre considérable de sondages (2) effectués dans le thalweg de l'Escaut, aux environs de Valenciennes.

En amont de Valenciennes, après un creusement du lit jusqu'à l'altitude + 15 environ, il s'est produit un remblaiement épais de 15^m environ.

En aval de Valenciennes, le socle se trouve vers l'alt. + 6 à + 8, et il y a eu un remblaiement de 10^m de puissance environ.

Les alluvions offrent la succession générale suivante :

5. Limon.
4. Sable.
3. Tourbe.
2. Sable.
1. Gravier.

Les couches 1 et 2 paraissent représenter l'assise d'Ostende et les couches 3, 4, 5, les assises de Calais et de Dunkerque.

(1) SALMON. Bassin lacustre de St-Omer. *A. S. G. N.*, t. XLII, 1913, p. 248-257, 3 fig.

(2) GOSSELET [30]. Alluvions quaternaires de la vallée de l'Escaut, *A. S. G. N.*, t. XLVI, p. 170-193.

Vallée de la Lys. — Il résulte des révisions de M. Lorié et de Gosselet (1) que la vallée de la Lys (affluent de l'Escaut) a été creusée (dans la moyenne Lys près de Comines, Armenières) jusqu'à une altitude variant de zéro à — 8, et remplie ensuite par 20^m environ d'alluvions. Les galets y sont rares, même à la base de la masse alluviale dans laquelle on ne reconnaît aucune trace de formations marines.

Vallée de la Deûle. — Aux environs de Lille, et à Lille même, ce petit affluent de la Lys a creusé son lit jusqu'à une altitude voisine de zéro, ou un peu inférieure à ce chiffre, et l'a remblayé ensuite sur 20^m d'épaisseur par une série de couches dont le détail est généralement le suivant : (2)

3. Tourbes, argiles tourbeuses, sables, galets crayeux en bancs alternants.	4 ^m 00 à 5 ^m 00
2. Sables argileux, calcaires, avec tourbe rare	15 ^m 00
1. Cailloutis à la base	1 ^m 50
a. Socle éocène ou crétacé.	

C'est dans les bancs 3 qu'on a trouvé du néolithique avec palaffites, peu de bronze (3) des restes archéologiques gallo-romains, puis des restes archéologiques postérieurs au XII^e siècle, au sommet, enfin, des produits de l'industrie humaine actuelle (dans les remblais).

Les restes archéologiques romains sont souvent inclus dans une couche graveleuse, (rue Solférino, rue du Port, à Lille) ; les restes postérieurs au XI^e siècle, dans une autre couche graveleuse. (4) Ces deux graviers recouvrent parfois directement les rives de la vallée sans interposition de couches plus anciennes.

Le cours d'eau semble donc avoir éprouvé depuis le début des temps historiques, deux crues importantes qui lui ont permis de rouler des graviers. L'une date de la période gallo-romaine (III^e siècle). Elle paraît correspondre à une époque immédiatement antérieure à l'invasion marine flandrienne supérieure de la Plaine flamande, cette invasion marine ayant au contraire été synchronique de la formation des tourbes supérieures au cailloutis gallo-romain.

L'autre date du XIII^e siècle. Ici encore, elle paraît immédiatement antérieure à la dernière période de dépôts marins des environs d'Ardres.

Les mêmes particularités se retrouvent d'ailleurs dans un grand nombre de petites rivières ou même de petits ruisseaux du Nord de la France. (5)

En résumé, les alluvions de la Deûle montrent une série sédimentaire comprenant : 1^o) un gravier à la base représentant l'assise d'Ostende, ou l'extrême base de l'assise de

(1) LORIÉ [5]. Diluvium de l'Escaut, p. 376-379 ; — GOSSELET [29]. La plaine de la Lys, *A. S. G. N.*, 1920 p. 158-160 (memoire posthume).

(2) GOSSELET [22]. Esquisse, p. 366, p. 371, d'après de nombreuses observations de Gosselet, Ladrière, Hette, et de M. Lebrun.

(3) Le bronze a été peu répandu dans le N. de la France. — Il semble que les habitants du Nord aient continué à utiliser la pierre pendant la plus grande partie de l'« Âge du Bronze » classique. (GALLER. Vallée de la Deûle, *A. S. G. N.*, t. XLIV, 1919, p. 151-164. Pl. C, Pl. III.)

(4) LADRIÈRE [5]. Anciennes rivières *A. S. G. N.*, t. VIII, 1880 ; et en particulier la coupe de la rue du Port à Lille, *loc. cit.*, p. 10-11.

(5) LADRIÈRE [5]. *loc. cit.*

Calais ; 2°) une série d'alluvions sableuses, argileuses et tourbeuses correspondant à l'assise de Calais ; 3°) une série supérieure d'alluvions tourbeuses (avec graviers gallo-romains à la base, puis graviers du XIII^e siècle interstratifiés) assimilable au Flandrien *supérieur*, c'est-à-dire à l'assise de Dunkerque.

Conclusions : Le faciès fluvial du Flandrien est représenté dans toutes les vallées du Nord de la France par une masse d'épaisseur très variable suivant les points considérés, mais assez régulièrement constituée par des graviers à la base, puis par une masse sableuse et tourbeuse.

L'accumulation répétée de sables, d'argiles et de tourbes doit son origine à l'élévation du niveau de base qui a caractérisé l'époque flandrienne (1) et qui s'est manifestée depuis l'« âge du Mammouth » jusqu'au Moyen-Age.

(1) On consultera à ce propos, avec grand intérêt, le tableau des différentes altitudes auxquelles on connaît la tourbe dans les vallées belges, dans LORÉ [5] Diluvium de l'Escaut, p. 378-279. On y voit une preuve remarquable de « l'abaissement séculaire » du sol qui a marqué la fin des temps quaternaires ; étant bien entendu ici qu'il s'agit d'un abaissement relativement au niveau marin, (supposé stationnaire par le savant professeur d'Utrecht).

CHAPITRE XIV

Les dépôts quaternaires marins préflandriens et la transgression flandrienne sur les côtes de Normandie, de Bretagne et du Poitou

§ 1. — QUATERNAIRE MARIN PRÉ-FLANDRIEN DE NORMANDIE.

Monastirien du Catel. — Quelques dépôts quaternaires préflandriens ont été signalés sur la côte normande par MM. Bigot et de Lamothe. (1) Le plus net d'entre eux est celui du Catel, près de St-Aubin, où M. Bigot a signalé à 2^m au-dessus du niveau des hautes mers une plage suspendue avec fossiles :

<i>Cardium edule</i> L.,	L	<i>Chrysodomus antiquus</i> L.,	B
<i>Patella vulgata</i> L.,	B	<i>Buccinum groenlandicum</i> Chemn.	A
<i>Purpura lapillus</i> L.,	B		

Dans cette faune, deux espèces attirent l'attention :

Chrysodomus antiquus L. (= *Neptunea antiqua*) est une forme froide qui apparaît dans les crags pliocènes supérieurs anglo-belges à faune froide et est actuellement très commune dans les mers d'Ecosse ; on la trouve rarement dans la Manche et l'Atlantique. (2)

Buccinum groenlandicum Chemn. est une variété arctique de *B. undatum*, dont l'aire d'extension actuelle ne s'étend pas plus au S. que le Finmark (3) et qui a été citée dans le Sicilien de la Méditerranée. (4)

Ces couches marines à faune froide sont recouvertes de limon qui, à peu de distance du gisement étudié, a fourni *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus*. On est donc en droit de les attribuer au Monastirien, au même titre que les couches marines de Sangatte, et peut-être à une phase du Monastirien plus froide encore que celle qui correspond au dépôt des couches de Sangatte. (Monastirien régressif correspondant au début de la glaciation würmienne).

(1) BIGOT [1]. Dépôts pleistocènes et actuels littoral Basse-Normandie, *C. R.*, t. 115, 1897, p. 380 ; et BIGOT [2], *B. S. G. F.*, 3^e s., t. 27, 1899, p. 360 ; — DEPÉRET [1]. Coordination générale. *C. R.*, t. 167, 1918, p. 418 ; — LAMOTHE [1]. Nappes alluviales, p. 25.

(2) GIGNOUX. Formations marines, p. 494 ; — GRANGER. Mollusques, *Hist. Nat. Fr.*, 6^e p., p. 68 ; — HARMER [1]. Range in time and space of *Fusus antiquus*.

(3) BRÖGGER [1]. Nivafor., p. 231-234 ; — DEPÉRET [1] Coordination, *C. R.*, t. 167, 1918, p. 418, extr. p. 2.

(4) GIGNOUX. *loc. cit.*, p. 498.

§ 2. — LE FLANDRIEN ET LA TRANSGRESSION FLANDRIENNE LE LONG DES COTES NORMANDES.

Flandrien fluvio-marin de la vallée de la Bresle et tourbes submergées du Tréport. — Un forage effectué au château d'Eu a été étudié par Munier-Chalmas qui en a communiqué les résultats à Jukes-Browne. (1)

L'altitude du lieu est de 7^m; il y a 10^m99 d'alluvions. Le fond rocheux est à — 3^m89. Munier-Chalmas a reconnu en d'autres points de l'estuaire de la Bresle jusqu'à 20^m d'alluvions dont la coupe générale est la suivante : (2)

6. Cordon littoral et sable marin (avec documents du xvi^e siècle).
5. Tourbes avec végétaux charriés et forêt en place, avec poteries et documents antérieurs au iv^e s.
4. Couche à *Cardium* et *Hydrobia*.
3. Tourbe.
2. Couche à *Cardium* et *Hydrobia*.
1. Graviers fluviatiles.
- a. Craie.

On retrouve ici la succession de sédiments observée en Flandre et en Picardie, avec deux niveaux tourbeux intercalés dans les sables marins, et graviers à la base de la série. Ces sédiments sont fluviatiles, poldériens, tourbeux ou littoraux : ils se sont déposés successivement à une altitude constamment voisine du zéro moyen. On a donc encore ici la preuve d'une oscillation positive du niveau marin qui s'est effectuée à la fin des temps quaternaires et a persisté tardivement au cours des temps historiques.

Deux niveaux tourbeux correspondent soit à de légères phases négatives, soit à des arrêts dans l'oscillation positive de la ligne de rivage. L'un est antérieur au iv^e siècle ; c'est le niveau tourbeux bien connu dans les Flandres, qui termine le Flandrien moyen. L'autre non daté ici paraît correspondre à l'un des bancs tourbeux de l'assise de Calais.

Par suite du recul rapide du rivage par érosion marine, la vallée de la Bresle est en quelque sorte tronquée à son embouchure et son estuaire est à peine dessiné. Mais en pleine mer il existe au large du Tréport ainsi que entre le Tréport et Dieppe, d'assez nombreux gisements de tourbe qui méritent réellement ici le nom de « tourbières sous-marines », étant donné la profondeur à laquelle elles gisent.

Voici quelques-uns de ces gisements avec indication de leurs cotes de profondeur d'après les cartes marines (cotes comptées sous le niveau des plus basses mers) (3) et leurs altitudes approximatives ramenées au zéro moyen, en tenant compte du fait que l'amplitude des marées est d'environ 8^m dans la région du Tréport :

(1) JUKES-BROWNE [2]. Note on a boring through the Chalk ; *Geol. Mag.*, déc. IV, vol. VII, 1900, p. 25 ; — GOSSELET [24]. Sond. littoral Artois et Picardie. p. 79.

(2) MUNIER-CHALMAS. Comml. verbale in LAPPARENT. *Traité Géol.*, 5^e édition, 1906, I. p. 578.

(3) Carte de la Baie de Somme et de ses abords entre Tréport et Dieppe, d'après les reconnaissances effectuées en 1878 par G. HÉRAUT, BOUILLE, FAVÉ, GARNIER, MION, LA PORTE. *Dépôt des Cartes et Plans de la Marine* 1880, édit. août 1922 ; — Carte de St-Valéry-en-Caux au Cap Gris-Nez, d'après le levé des INGÉNIEURS HYDROGRAPHES DE LA MARINE (1878-1879) et les travaux anglais les plus récents. *Service hydrographique de la Marine*, 1902, édit. janv. 1913.

Situation et altitude de quelques points tourbeux en mer révélés par la sonde entre le Tréport et Dieppe.

SITUATION	COTE INDIQUÉE PAR LA CARTE MARINE	ALTITUDE
1. Point à 1.500 mètres environ au N. W. du Tréport.....	6, 7	— 11
2. Point double à 4.000 mètres environ du Tréport, près des Ridins du Tréport	12 à 13	— 16 à — 17
3. Point à 4.500 mètres environ de la côte par le travers de Criel et au S. des Ridins du Tréport	12	— 16
4. Point à 1.000 mètres environ de la côte par le travers du Mont Jolibois (au S. de l'embouchure de l'Yères)....	12	— 16
5. Point à 2.500 mètres environ de la côte au S. W. des Ridins de Neuvillelette	11	— 15

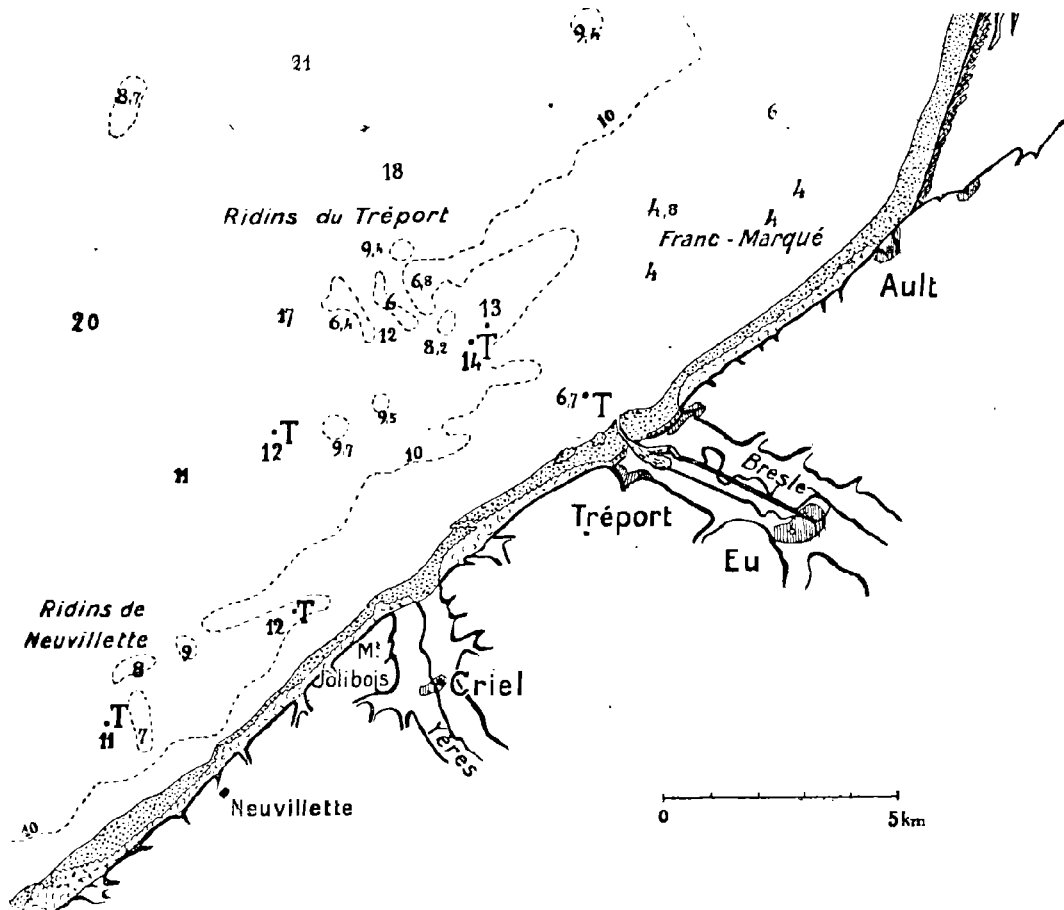


FIG. 32. — Gisements sous-marins de tourbe aux environs du Tréport.

Cotes de profondeur des cartes marines T, tourbe submergée (d'après les cartes marines).

Les points n^o 4 et 5 sont d'autant plus intéressants à signaler qu'ils se trouvent au près des hauts fonds connus sous le nom de Ridins de Neuville, par le travers d'un secteur de côte où ne se dessine aucune vallée bien marquée, ou même aucune vailleuse profonde (fig. 32). (1)

Ils semblent jalonner une vallée ou une plaine maritime de la fin du Flandrien inférieur ou du début du Flandrien moyen, installée entre la côte actuelle et les Ridins du Tréport où le tirant d'eau à marée basse varie entre 6 à 9^m seulement.

Flandrien de la vallée de la Seine. — Les sondages de Petitville et de Quillebœuf (2) effectués dans le marais qui se trouve en amont de l'embouchure de la Seine, ont montré 30^m de remblaiement d'alluvions. Le sol du marais est à + 4^m80, la base des alluvions respectivement à — 26,56 et — 25,40. La masse alluviale est constituée par 10^m de graviers et cailloux surmontés par de l'argile d'estuaire dans laquelle sont intercalées trois couches de tourbe.

Au Havre, les alluvions atteignent au moins 25^m d'épaisseur. Dans l'avant-port, en 1876, des fouilles ont montré l'existence d'une couche fluviatile avec industrie néolithique recouverte par des dépôts marins contenant des débris de l'époque franque (3) qui correspondent au Flandrien supérieur (Assise de Dunkerque).

Flandrien des côtes de la Basse Normandie. — Durocher a signalé de la tourbe submergée à l'embouchure de la Touques.

Un forage effectué dans la vallée de la Dives, près de son embouchure, a rencontré la succession suivante : (4)

Forage à Dives. Alt. + 2^m70.

	Prof.	Epaiss.
Sable marin à <i>Cardium edule</i>		5 ^m 00
Cailloux roulés et sables fluviatiles	5 ^m 00	4 ^m 30
— 6 ^m 60 Callovien	9 ^m 30	

Entre les rochers du Calvados on a pu observer des coërons, c'est-à-dire des troncs d'arbres de tourbières indiquant la présence de tourbes submergées dans le voisinage. On en connaît d'ailleurs à Port-en-Bessin. (5)

A Carentan, un forage a traversé 24^m de couches quaternaires avec à la base une couche fossilifère à *O. edulis*. (6)

La tourbe submergée est également connue près de Cherbourg, où on y a trouvé une monnaie gauloise en or, (7) et à Granville ; mais l'histoire de la côte occidentale du Co-

(1) L'Yères possède une obliquité très accusée par rapport à la côte et coule presque dans le sens S.-N. à Criel. Le prolongement hypothétique de sa vallée en mer passe bien au N. du point n^o 4.

(2) APEL in COMMENT [18]. Terrasses fluviatiles, p. 210.

(3) DOLLFUS [5] Eaux potables littoral français, 140 ; — LEBESCONTE [2]. Périodes géol. gallo-rom. et franque tableau.

(4) LIPPMAN et DOLLFUS. Forage à Dives. *B. S. G. Fr.*, 1892, p. 386.

(5) LEBESCONTE [2]. *loc. cit.*

(6) DOLLFUS [5] *loc. cit.*, p. 142.

(7) BIGOT [3]. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr. C. R. collaborateurs*, 1899, n^o 73 p.17.

tentin est liée à celle des Iles anglo-normandes et de la Baie de Cancale; j'y reviendrai plus loin.

Ainsi l'oscillation positive ou transgressive flandrienne s'est manifestée le long des côtes normandes comme le long des côtes flamandes et picardes à la fin du quaternaire jusque dans le cours des temps historiques, avec une amplitude totale d'une trentaine de mètres.

§ 3. — QUATERNAIRE MARIN PRÉFLANDRIEN DES CÔTES DE BRETAGNE.

Dans les capricieuses découpures des côtes bretonnes, des cordons littoraux anciens, des formations fluvio-marines, ou des plates-formes littorales ont été décrits à des altitudes variées par MM. Barrois, Chaput, Chevalier, Dautzenberg et Dollfus et par Ferronnière. (1)

M. Depéret les a rapportés aux différentes lignes de rivage de 90-100^m (Sicilien), 55-60^m (Milazzien), 30^m (Tyrrhénien) et 20^m (Monastirien). (2)

Les dépôts marins attribuables au Monastirien sont les mieux conservés et les plus étendus; ils sont toutefois rarement fossilifères: telle l'importante masse de sables et galets ferrugineux à stratification torrentielle signalée par Durocher à l'embouchure de la Vilaine (3) et que j'ai pu étudier en compagnie de M. Barrois; elle couronne les falaises de la pointe de Pénestin et atteint une altitude voisine de 20^m; elle représente une formation fluvio-marine de l'estuaire de la Vilaine.

D'autre part, certains gisements fossilifères ont un âge assez imprécis; telles sont les petites plages suspendues fossilifères décrites par M. Chevalier aux environs de Mesquer à 3^m50 et 1^m25 au-dessus du niveau des hautes mers actuelles (Kervarin, Kerkabellec, Quimiac), celle de St-Joseph près de St-Malo, dont l'altitude ne dépasse guère le niveau des hautes mers. La faune de ces différents gisements ne diffère guère de la faune actuelle aux points considérés. (4) Leur attribution au Monastirien est très douteuse; certains d'entre eux paraissent devoir être rapportés au Flandrien.

Les dépôts de Mont-Dol, à *E. primigenius* et *R. tarandus* rare, sur lesquels je ne reviendrai pas au cours de l'étude du Marais de Dol, paraissent être un dépôt fluvialite monastirien avec couche marine intercalée ().

§ 4. — LE FLANDRIEN DU MARAIS DE DOL.

Différents faits relatifs à la transgression flandrienne ont été étudiés dans la plaine

(1) BARROIS [1]. Traces époque glaciaire Bretagne, 1877; = [5]. Plages soulevées Finistère, 1882; — et Légendes des f. géol. 1/80.000^e Brest, Dinan, Lannion, Quiberon, Quimper, St-Brieuc, Tréguier; — CHAPUT [1]. Terr. alluv. Loire, 1917, p. 236-237; — CHEVALIER-Oscillation rivages Loire-Inférieure, 1909; — FERRONNIÈRE [3]. Terr. fluv. et terr. mar. emb. Loire, 1913; — DAUTZENBERG et DOLLFUS. Plage soulevée env. St-Malo.

(2) DEPÉRET [1]. Coordination générale, *C. R.*, t. 166, 1918, p. 884, extr. p. 2-6.

(3) DUROCHER [1]. Obs. phénomène littor., *B. S. G. F.*, 2^e S., t. 6, 1849, p. 212, fig. 5.

(4) CHEVALIER, *loc. cit.*, p. 338-331; — DAUTZENBERG et DOLLFUS, *loc. cit.*, p. 170-71.

(5) SIRODOT [1]. Les fouilles du Mont-Dol en 1872. (Conférence faite le 17 mai 1873. *Bull. Soc. Emul. Côtes du Nord*, 1874; [2] *C. R.*, t. 112, 1891, p. 1180 — BARROIS [19]. F. Dinan, *B. S. Carte Géol. Fr.*, t. XXV, 1920-21, p. 45-48; — MILON et DANGEARD. *C. R. Exc. Fac. Sc. Rennes*, en 1920. *B. S. G. Min. Br.*, t. I, 1920; — KERFORNE. Docum. gisem. du Mont-Dol, *B. S. G. Min. Br.*, 1921, p. 279-280.

maritime connue sous le nom de Marais de Dol, principalement par Durocher, Sirodot et Lebesconte. (1)

Le Marais de Dol représente la partie de la vaste baie de Cancale, (qui s'ouvre entre Cancale et le Cotentin), conquise définitivement à la terre ferme et protégée contre les hautes marées d'équinoxe. Au-devant du Marais de Dol s'étend une grève immense à marée basse. Des îles rocheuses se dressent au milieu du Marais (Mont-Dol) ou de la grève (Mont St-Michel, Tombelaine) (fig. 33).

Le Marais est à l'altitude + 6 ou 7^m, avec certains points bas ne dépassant pas l'altitude + 3 (mare de St-Coulban); les marées d'équinoxe peuvent atteindre l'alt. + 7.70. (2)

Le sol du Marais est constitué par de la tourbe et de l'argile grise de polder (tangué),

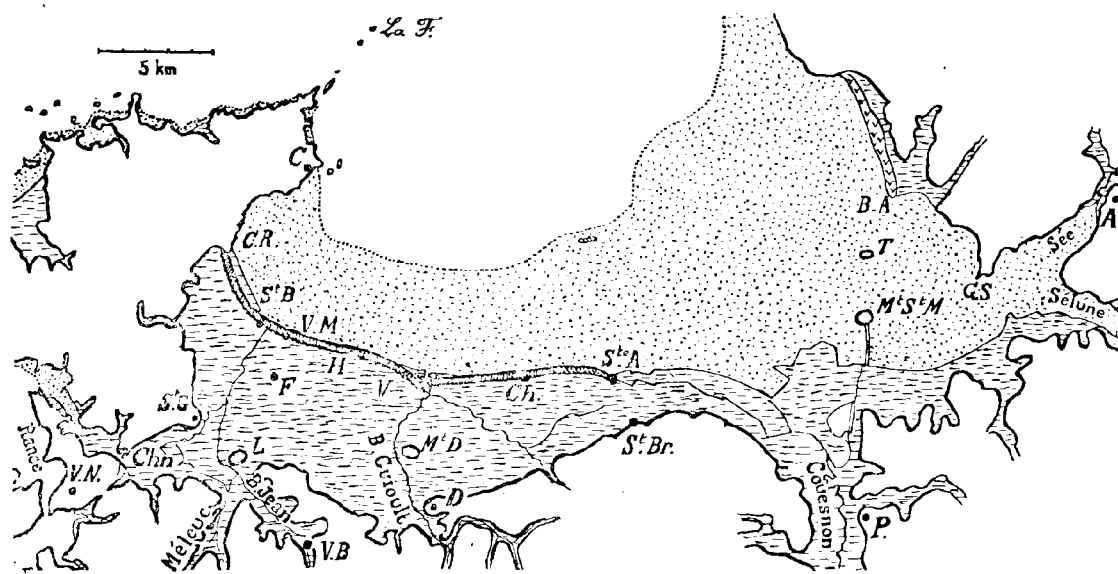


FIG. 33. — La baie de Cancale, le marais de Dol et le cordon littoral de Cherruix

LEGENDE. — C. Cancale; — C. R. Pointe du Château-Richeux; — S' B, S' Benoit-des-Ondes; — V. M. Vildé-la-Marine; — H. Hirel; — V. le Vivier-s.M.; — Ch. Cherruix; — S' A, Chapelle S' Anne; — F. La Fresnais; — S' G, S' Guinoux; — Chn. Châteauneuf; — V.N. la Ville-ès-Nonais; — L. Lillemer; — V. B. Vildé-Bidon; — D. Dol; — M' D, Mont-Dol; — S' Br, S' Broladre; — P. Pontorson; — M' S' M, Mont-S-Michel; — T. Tombelaine; — A. Avranches; — G. S. Groin du Sud; — B. A. Bec d'Andaine; — La F. rocher de la Fille.

Les petits traits indiquent le marais et les polders; le pointillé la grève sableuse soumise à l'action des marées. En hachuré, le cordon littoral de Cherruix.

1) Les travaux de Lebesconte offrent, en dehors de généralisations douteuses, un intérêt considérable par les documents de première importance qui y sont publiés: LEBESCONTE et BÉZIER. Alluvions Vilaine, *B. S. Sc. Méd. Ouest*, 1898, p. 221-233; — LEBESCONTE [2]. Périodes géologiques gallo-romaine et franque, *B. S. Sc. Méd. Ouest*, 1898, p. 354-465; — [3]. Époque et mode de formation du Pas-de-Calais, *A. F. A. S.*, 1899, p. 597-606.

(2) MILON et DANREARD. C. R. Exc., 1920, p. 188.

riche en débris de coquilles et fortement calcaire. Durocher et Sirodot ont étudié la répartition des tourbes et des alluvions poldériennes dans le Marais et la baie, et y ont reconnu 3 zones successives.

A. — Dans le fond de la plaine maritime près de Lillemer et de St-Guinoux, Sirodot n'a trouvé que de la tourbe atteignant 6 à 7^m d'épaisseur.

B. — Dans la région centrale de la plaine maritime, Durocher a constaté, par des sondages entre Chateauneuf et Mont-Dol, l'existence de la tourbe sur 16 km. de long et 2 à 5 km de large. Elle est épaisse de 5^m en moyenne et contient des poteries antérieures au III^e siècle; elle repose sur une argile de polder à coquilles marines. La tourbe est riche en troncs d'arbres durcis, travaillés dans l'ébénisterie sous le nom de *coërons* ou *coïrons*. La tourbe est elle-même recouverte d'argile de polder calcaire ou tangué, formée du III^e au VIII^e siècle, et plus récemment dans les polders conquis à l'aide de digues successives sur le domaine marin.

Voici quelques exemples de cette disposition stratigraphique : (1) A la Fresnais, sous l'église on a la succession suivante :

	Prof.	Epaiss.
4. Tangué		1 ^m 25
3. Argile et tourbe	1 ^m 25	0 ^m 30
2. Tangué	1 ^m 55	4 ^m 70
1. Sable fin gris-bleu	6 ^m 25	
Arrêt du sondage dans la même couche	12 ^m 20	

A la Fresnais, près du Bief-Brillant, on a la succession :

	Prof.	Epaiss.
5. Tangué		2 ^m 00
4. Argile tourbeuse	2 ^m 00	0 ^m 20
3. Tangué et sable	2 ^m 20	1 ^m 00
2. Argile tourbeuse	3 ^m 20	0 ^m 25
1. Tangué	3 ^m 45	
Arrêt du sondage dans la même couche	6 ^m 45	

A Dol, près de la Gare (Carfantin), il y a 9^m70 de sédiments argilo-tourbeux avec graviers à la base.

En 1920, lors d'une visite du Marais de Dol, M. Barrois et moi-même avons pu observer près de Mont-Dol, sur les berges du ruisseau du Vivier, 4^m d'argile de polder bleue, sans fossiles, présentant à la partie inférieure des veines de tourbes discontinues.

C. — En avant de la digue qui défend le Marais de Dol, Durocher n'a pas rencontré de tourbe, sous l'argile de polder. On a là une disposition qui rappelle celle de la Flandre maritime : dans le fond du Marais éloigné de la mer, les formations tourbeuses prédominent; près du rivage ce sont les formations marines.

Sondages profonds. — Les sondages ci-dessous, effectués en vue de la construction de ponts sur la ligne d'Avranches à Dol et de Dol à Lamballe et qui ont été décrits par

(1) LEBESCONTE [2] Périodes géolog. gallo-romaine et franque, 1898, tableau d'ensemble.

Mazelier et ultérieurement par Lebesconte, (1) donnent d'intéressantes précisions sur la structure de la plaine et des vallées qui y aboutissent ; ils font en outre connaître la profondeur du socle des sédiments quaternaires.

L'un d'eux a été fait dans la plaine maritime près de Dol ; il est particulièrement intéressant :

Sondage dans le Marais de Dol, au bord du Ruisseau du Guioult, près Mont-Dol. Alt. environ + 6^m.

	Prof.	Epaiss.
12. Tangue blanche et terre végétale		1 ^m 00
11. Tangue avec tourbe	1 ^m 00	0 ^m 98
10. Tangue bleue	1 ^m 98	0 ^m 39
9. Tourbe avec Coërons	2 ^m 37	0 ^m 39
8. Tourbe	2 ^m 76	0 ^m 58
7. Argile tourbeuse verdâtre	3 ^m 34	1 ^m 36
6. Tourbe	4 ^m 70	1 ^m 33
5. Tangues de couleur et consistance diverses	6 ^m 03	9 ^m 49
4. Argile bleuâtre et tourbe	15 ^m 52	0 ^m 40
3. Argile, tourbe et gravier	15 ^m 92	0 ^m 56
2. Gravier	16 ^m 48	2 ^m 59
1. Argile noire tourbeuse	19 ^m 07	0 ^m 29
- 13 ^m 36 a. Schistes paléozoïques	19 ^m 36	

Le sol rocheux ancien du Marais est à une altitude voisine de — 13^m. Le marais a été comblé par 19^m de sédiments comprenant à la base du gravier avec tourbe et se continuant par une alternance de tourbes et d'argiles de polder.

Sondage de la Sélune (ligne d'Avranches à Dol). — La Sélune se jette non dans le marais de Dol lui-même mais dans le golfe de Cancale au S. d'Avranches (baie du Mont St-Michel).

Au moment de l'établissement des fondations pour les culées du pont, on a trouvé différents restes archéologiques qui fournissent des indications sur l'âge historique des sédiments. (2)

Sondage du Pont de la Sélune (ligne d'Avranches à Dol). Alt. environ 6^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Sables marins: (objets francs ? en Bronze)		3 ^m 60
5. Sables avec coquilles marines au sommet, débris de plantes vers la base (objets gallo-romains)	3 ^m 60	1 ^m 17
4. Tourbe : (objets gallo-romains)	4 ^m 77	0 ^m 11
3. Argile sableuse	4 ^m 88	1 ^m 65
2. Argile sablo-tourbeuse	6 ^m 53	0 ^m 78
1. Graviers avec sable et argile	7 ^m 31	3 ^m 34
- 4 ^m 65 a. Paléozoïque	10 ^m 65	

Sondages du Couesnon. (3). — Le Couesnon se jette également dans le golfe de Can-

(1) LEBESCONTE [2] *loc. cit.*, p. 336-367.

(2) LEBESCONTE [2] *loc. cit.*, p. 361-362.

(3) LEBESCONTE [2] *loc. cit.*, p. 366.

cale, un peu à l'E. du marais de Dol, dans une partie de la baie du Mont St-Michel, assez récemment endiguée (Marais de Pontorson).

Sondage dans le Marais de Pontorson, à 300^m du Couesnon. Alt. 6^m.

	Prof.	Epaiss.
6. Terre végétale		0 ^m 30
5. Tourbe	0 ^m 30	0 ^m 10
4. Tangue blanche	0 ^m 40	1 ^m 00
3. Tourbe	1 ^m 40	0 ^m 10
2. Argiles et tangles	1 ^m 50	1 ^m 55
1. Tourbe	3 ^m 05	0 ^m 80
+ 2 ^m 15 a. Paléozoïque	3 ^m 85	

Sondage du Couesnon, à Pontorson. Alt. + 6^m.

	Prof.	Epaiss.
7. Terre végétale et tange blanche		3 ^m 22
6. Tourbe	3 ^m 22	0 ^m 15
5. Tangue grise	3 ^m 37	1 ^m 48
4. Tourbe	4 ^m 85	0 ^m 47
3. Tangles	5 ^m 32	5 ^m 95
2. Gravier avec coquilles marines	11 ^m 27	0 ^m 75
1. Sables blancs ou jaunes et graviers ..	12 ^m 02	2 ^m 86
-- 8 ^m 88 a. Paléozoïque (argileux par altération des schistes)	14 ^m 88	

Dans ces coupes, on observe encore une succession de tourbe et d'argile de polder.

Sondages des vallées du Bief Jean et du Méleuc. (1) — Ces petites vallées débouchent dans le Marais de Dol près de Lillemer.

Sondage du Méleuc (1) à 4 km. environ en amont de Lillemer. Alt. 5^m environ.

	Prof.	Epaiss.
5. Tourbe et terre végétale		8 ^m 37
4. Sable et tangles	8 ^m 37	3 ^m 00
3. Sable et graviers	11 ^m 37	1 ^m 23
2. Tangles	12 ^m 60	2 ^m 72
-- 10 ^m 32 1. Argiles, schistes rocheux et sables	15 ^m 32	

Sondage à Vildé-Bidon, entre Dol et Plerguer, dans la vallée du Bief Jean, à 4 km. environ du débouché du ruisseau dans le Marais de Dol. Alt. environ 6^m.

	Prof.	Epaiss.
5. Terre végétale et tourbe		6 ^m 00
4. Sable marin	6 ^m 00	1 ^m 00
3. Sable et graviers	7 ^m 00	1 ^m 30
2. Tourbe	8 ^m 30	0 ^m 75
1. Sable et graviers	9 ^m 05	2 ^m 30
-- 5 ^m 35 a. Primaire	11 ^m 35	

En ces points, l'influence marine est moins considérable que dans le marais. Les derniers dépôts marins (tangles supérieures) qui recouvrent les tourbes dans la plaine maritime, n'existent plus ici.

(1) LEBESCONTE [2] *loc. cit.*, p. 364-365

De ces différents sondages, il résulte que le Marais de Dol et les vallons qui y aboutissent ont été creusés jusqu'à une altitude voisine de — 10, puis remplis par environ 15^m de sédiments (fig. 34), on y observe à la base des sables et graviers vraisemblablement fluviaux, puis une série régulière de formations de marais maritimes (tourbes alternant avec des tangles ou argiles de polders calcaires et plus ou moins sableuses). La série est couronnée par des tangles marines, sauf dans les vallées ou dans la région de Lillemer et St-Guinoux.

Cette succession indique que les sédiments ont été formés dans une aire qui a été constamment une plaine maritime et à une altitude toujours assez voisine du zéro moyen de la mer.

Ici, comme en d'autres points de la côte de la Manche, il semble que le mouvement positif se soit encore manifesté au cours des temps historiques, au Moyen-Age.

§ 5. — LE CORDON LITTORAL DE CHERRUEIX.

Constitution géologique du Cordon littoral de St-Benoît-des-Ondes-Cherrueix (Digue de la Duchesse Anne). — Le marais de Dol est protégé par une digue longue de 30 km., dite « digue de la Duchesse Anne » ou « digue d'Anne de Bretagne » (1)

J'ai parcouru cette digue en 1920 en compagnie de M. Barrois, qui avait bien voulu me guider dans la plaine de Dol. Nous avons pu y faire différentes observations géologiques. (2)

Un premier segment de digue, long de 2 km., débute à la pointe de Château Richeux; il est formé essentiellement d'argile, recouverte de moëllons. Il ne paraît pas installé sur un bourrelet littoral naturel. Cette digue fait un angle à St-Benoît et va rejoindre en arrière une autre digue installée cette fois très nettement sur un cordon littoral naturel qui prend naissance, lui aussi, à la pointe de Château Richeux et qui est suivi jusqu'au Vivier-sur-Mer par la route nationale n° 155. Cet épi naturel, long de 17 km., décrit une grande courbe, concave vers la mer, et porte les villages ou hameaux de St-Benoît-des-Ondes, Vildé-la-Marine, le Bout de la Ville, la Quemière, l'Aubry, le Hirel, la Corderie, la Saline, Pajeuf, Cherrueix, le Han, Bas-Village, la Butte et se termine à la Chapelle Sainte-Anne (Cherrueix) (fig. 33). Il porte en outre un nombre considérable de moulins.

La digue ainsi constituée est fortement dissymétrique. Elle offre vers la mer une pente raide, protégée par des moëllons, et vers le marais une pente douce.

Le bane sableux atteint l'altitude + 12^m environ (3); il domine d'une part le marais de Dol, dont l'altitude est voisine de 6 ou 8^m, d'autre part, l'immense estran du Mont St-Michel formé d'argile sableuse poldérienne se présentant en certains points sous forme de pré-salé ou schorre, en d'autres points, sous forme de vaste slikke vaseuse. Ainsi qu'il a été dit plus haut, les plus hautes mers actuelles montent jusqu'à l'altitude 7^m70.

A St-Benoît-des-Ondes, derrière l'école, le cordon littoral est exploité pour ses sables et graviers.

(1) Bien qu'établie dès 1.024 par Alain V, elle est connue sous ce nom depuis 1491.

(2) Dont les plus importantes publiées déjà dans leurs grandes lignes: BARROIS [19] *Bull. Carte Géol. Fr.* t. XXV, n° 143. 1920-21, p. 45-48.

(3) Au Hirel + 12 m; au Vivier + 10 m; Cherrueix + 10 m.

On pouvait y observer en 1920 la coupe suivante :

7. Argile sableuse et marneuse avec débris d' <i>Helix</i> , <i>Cardium edule</i> et <i>Scrobicularia piperata</i>	0 ^m 80
6. Sable et gravier à <i>Ostrea edulis</i> , de forme allongée, de petite taille, entières ou fragmentées	0 ^m 10
5. Sable arg. à débris de coquilles très triturées en lits inclinés à 45° vers le N.	0 ^m 50
4. Sable formé de lits alternants :	
a) riches en graviers et petits galets avec : Huîtres, <i>Nassa</i> et <i>Murex</i> prédominants ;	
b) pauvres en galets et un peu argileux; même faune, mais moins riche; Même inclinaison régulière à 45° de tous ces lits	1 ^m 00
3. Petit banc de falun, avec prédominance de Lamellibranches	0 ^m 05
2. Sables à galets coquilliers avec bancs alternants, les uns riches, les autres pauvres en coquilles, en stratification entrecroisée	0 ^m 80
1. Argile sableuse à Scrobiculaires visible sur	1 ^m 00

A l'W. du Hirel, d'anciennes carrières ouvertes près d'un moulin montrent 1^m50 de crag : sable, gravier et coquilles, particulièrement riche en *Ostrea edulis* de grande taille, assez semblable à celle qui vit maintenant à Cancale.

Au Vivier-sur-Mer, le cordon littoral de St-Benoît-des-Ondes, se termine en un banc surbaissé, venant mourir dans le pré-salé, mais il sert d'appui à un autre segment de cordon littoral, qui le relaie et le prolonge vers l'E. Ce relai doit vraisemblablement son existence à l'embouchure d'une petite rivière, le segment de St-Benoît venant mourir sur sa rive N., le segment de Cherrueix débutant sur sa rive S. Mais actuellement, cette embouchure naturelle n'existe plus; les deux bancs sableux se rejoignent et s'accolent, et la rivière qui se jette dans la mer au Vivier (Rivière du Vivier) traverse le cordon littoral par un canal creusé artificiellement à travers la masse sableuse qui soude l'un à l'autre les deux bancs.

A Cherrueix, près des Moulins de la Pature, des Mondrins et de la Colimassière, de petites exploitations montrent que le cordon littoral est formé de bancs inclinés de 10 à 30° vers le N., c'est-à-dire vers la mer.

A la Colimassière, on voit la coupe suivante :

3. Sable et gravier à coquilles	1 ^m 00
2. Sable et gravier à coquilles entières disposées en petits lits	0 ^m 50
1. Sable à coquilles fortement triturées	1 ^m 00

La faune est identique dans tous les bancs.

A l'entrée W. de Cherrueix (la Saline), dans une carrière, on voit sur 2^m d'épaisseur des bancs alternants de sable et de falun, épais de 0^m20 en moyenne, inclinant vers la mer (au N.) de 30° et présentant en outre de petites failles de tassement qui abaissent les couches vers la mer; l'amplitude de ces failles varie entre 0^m05 et 0^m10.

La faune est remarquable par de grandes *Ostrea edulis*, les unes du type actuel de Cancale, les autres appartenant à une variété spéciale déjà signalée à St-Benoît et qui sera décrite plus loin ; il y a en outre de nombreux fragments d'osselets de Seiche.

Le banc sableux meurt à la chapelle Ste-Anne. La digue naturelle est prolongée par un

système de digues artificielles (1) formées de tronçons rectilignes ou de petits tronçons sinueux et dont les pentes sont également inclinées de part et d'autre.

Caractères lithologiques du cordon littoral de Cherrucix. — Il est formé de sables, de graviers, de galets rares, de coquilles. La roche qui constitue ce cordon littoral mérite donc le nom de crag. En certains points, elle devient un falun, sans graviers, et avec peu de sable entre les coquilles. Il y a peu de galets volumineux : quelque cent grammes est un maximum rare.

Le sable se présente sous différents aspects :

A *St-Benoît*, les couches les plus remarquables sont les bancs riches en graviers et petits galets de la couche 4 (bancs 4a) composés principalement de débris pulvérisés de coquilles, dont le diamètre est de l'ordre de 550 μ à 1.000 μ , avec des paillettes de mica dont le diamètre est de l'ordre de 1.000 μ à 1.500 μ . Entre ces éléments, il y a une faible proportion de grains de quartz assez mal roulés de 300 μ en moyenne. La glauconie, non altérée est en gros éléments de 300 à 350 μ . En outre, quelques Foraminifères.

Au *Hirel*, il est formé de grains de quartz bien roulés, et très légèrement limonitisés, de diamètre moyen de 200 μ . Les paillettes de mica sont nombreuses, et atteignent un diamètre moyen de 500 μ . La glauconie est globuleuse, non altérée, en grains de 60 μ . Il contient de nombreux minéraux variés, débris de roches granitiques diverses. Il y a en outre, une forte proportion de fragments de test calcaire de Mollusques, de nacre, des radioles et des débris de test d'Echinides, de nombreux fragments de Bryozoaires et des Foraminifères.

A *Cherrucix*, la roche est un falun, à débris de coquilles très abondants, formé de grains de quartz bien roulés de 100 à 200 μ de diamètre moyen. Fragments de paillettes micacées : glauconie en petits grains de 60 μ , non altérée. Quelques Radiolaires rares, et quelques Foraminifères.

Caractères fauniques. — On trouve dans le tableau ci-joint la liste des Mollusques que j'ai récoltés dans les différentes exploitations ouvertes dans ce bourrelet littoral.

Dans la première et la deuxième colonnes, j'ai signalé la fréquence des espèces trouvées respectivement dans les couches n° 3 et 4 des exploitations de St-Benoît-des-Ondes, dans une troisième colonne, celles trouvées au Hirel; dans une quatrième colonne, celles trouvées dans les exploitations de Cherrucix. Enfin, dans la cinquième colonne, j'ai relevé la fréquence de ces mêmes espèces trouvées à l'état vivant, ou subfossile, sur le cordon littoral actuel, au pied de la digue de la Duchesse Anne, ou dans les dépôts argilo-sableux du schorre (pré-salé).

Remarques : 1° Je n'ai pas trouvé *Maetra elliptica* Brown avec son aspect typique, sur la plage actuelle de Cancale et de Dol; mais MM. Dautzenberg et Durouchoux (2) signalent *M. solida* var. *elliptica* Brown (= *M. gallina* Da Costa) dans la baie de St-Malo, en insistant sur ce fait que dans cette région les deux *Maetra* (*Oxyperas*) : *solida* L. et

(1) Dignes des Polders de Dol.

(2) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Moll. baie St-Malo, 1913, p. 60.

Tableau de la faune du cordon littoral de Cherrueix

NOMS D'ESPÈCES	Saint Benoît des Ondes couche n° 3	Saint Benoît des Ondes couche n° 4	Le Hirel	Cherrueix	Faune actuelle de la Baie de Cancale
<i>Cardium (Cerastoderma) edule</i> L.	L ac (1)	c	ac (1)	ccc	cc
— (<i>Parvicardium</i>) <i>exiguum</i> Gm.	L rr	—	—	rr	rr
<i>Tapes (Pullastra) pullastra</i> Mtg.	B r	—	ac	rr	ac
<i>Venus (Timoclea) ovata</i> Penn.	B —	—	—	rr	rr
<i>Tellina (Macoma) balthica</i> L.	B c (1)	ar	c (2)	ccc	ccc
<i>Syndesmya (Abra) alba</i> Wood.	L ac	—	r	—	ac
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm.	L cc (2)	c	r	ccc	ccc
<i>Solen marginatus</i> Penn.	L —	—	—	ac	ac
<i>Macra stultorum</i> L.	L —	—	rr (1)	—	ac (1)
<i>Macra (Oxyperas) elliptica</i> Brown.	B —	—	—	ac	—
<i>Lutraria oblonga</i> Gm.	B —	—	rr	—	rr
<i>Corbula gibba</i> Olivi.	L r	ac	—	cc	rr
<i>Pholas (Barnea) candida</i> L.	L —	—	rr	—	rr
<i>Mytilus edulis</i> L.	B —	—	rr	r	ac
<i>Pecten (Chlamys) varius</i> L.	L —	—	c	ac	cc
<i>Ostrea edulis</i> L., typique (r. de Cancale)	L —	—	c	cc	cc
— — allongée (r. de Cherrueix). L	L c (1)	c	—	cc	—
<i>Anomia ephippium</i> L.	B —	r	c	r	c
<i>Fissurella reticulata</i> D. C.	L —	—	—	rr	rr
<i>Trochus (Gibbula) cinerarius</i> L.	B ar	—	c	cc	cc
— (<i>Zizyphinus</i>) <i>zizyphinus</i> L.	L —	—	—	ar	r
— (<i>Gibbuli</i>) <i>magus</i> L.	L —	—	r	r	ac
— (<i>Calliostoma</i>) <i>striatus</i> L.	L —	—	—	rr	—
<i>Velutina luvigata</i> L. (?)	B —	—	rr	—	—
<i>Natica calena</i> D. C.	L —	—	—	r	r
<i>Hydrobia ulvæ</i> Penn.	B ac	ac	ac	r	cc
<i>Rissoa parva</i> D. C.	L —	—	—	rr	rr
<i>Littorina littorea</i> L.	B r	ac	—	—	c
— <i>obtusata</i> L.	B —	c	—	—	c
<i>Bittium reticulatum</i> D. C.	L —	r	—	r	c
<i>Trivia europea</i> Mtg.	L —	r	—	—	r
<i>Buccinum undatum</i> L.	B —	—	—	ac (2)	ac
<i>Nassa reticulata</i> L.	L cc	ccc	cc	ccc	ccc
— <i>incrassata</i> Ström.	B —	r	—	—	ar
— <i>pygmaea</i> Lamk.	L —	—	—	ar	—
<i>Purpura (Polytropa) lapillus</i> L.	B —	—	—	rr	ac
<i>Murex erinaceus</i> L.	L ac	ac	ac	cc	ccc
<i>Pleurotoma (Bela) rufa</i> Mtg.	B —	—	—	r	—
<i>Dentalium vulgare</i> D. C.	L —	—	r	cc	ac
<i>Sepia officinalis</i> L.	L —	—	—	ac	ac
<i>Balanus</i> sp.	L r	—	r	r	c

(1) Petite taille. — (2) Grande taille.

subtruncata Da Costa, présentent de nombreuses formes intermédiaires. Il m'a paru qu'il en était de même dans la baie de Cancale, où la distinction des différentes espèces et variétés de ces *Maetra* du groupe *Oxyperas* n'est pas toujours très nette. La forme fossile *M. elliptica* est assez typique cependant.

2° *Maetra stultorum* indiquée ici est la forme océanique que MM. Dautzenberg, Bucquoy et Dollfus considèrent comme différente du type linnéen (qui serait méditerranéen) et qu'ils désignent comme *M. atlantica*.⁽¹⁾ Mais dans le présent mémoire, j'ai préféré conserver le nom de *stultorum*, qui est admis par la majorité des paléoconchyliologistes et connu de tous les géologues.

3° Deux races d'*Ostrea edulis* sont représentées à l'état fossile dans le cordon littoral de St-Benoît-des-Ondes-Cherrueix :

a) l'une correspond au type commun de l'Huître non cultivée, et, parmi les Huîtres comestibles, à l'Huître de Cancale, qui est voisine du type moyen de l'*Ostrea edulis* : Huître de grande taille, subcirculaire à côtes rayonnantes et lamelles régulièrement ondulées. Ce type est très commun actuellement à l'état fossile sur la grève entre Cancale et Cherrueix, soit dans le cordon littoral actuel, soit dans la vase de la schorre.

Dimensions des différentes variétés d'Ostrea edulis fossiles du cordon littoral de Cherrueix (Flandrien supérieur) comparées avec celles du type actuel de Cancale.

	Grande Valve		Petite Valve	
	Long. (2)	Haut. (3)	Long. (2)	Haut. (3)
Flandrien sup., type commun, taille moy., Le Hirel.	84	× 83	68	× 78
» » » Cherrueix	74	× 86	—	× —
» var. allongée, grande taille, Cherrueix	65-75	× 100-105	50	× 78
» » petite taille, St-Benoit	48	× 73,5	31	× 61
Actuel type commun, taille moyenne	70-90	× 70-95	60-65	× 65-75

b) l'autre est représentée par des échantillons allongés dans le sens transverse, de forme générale subtriangulaire et à surfaces relativement peu ornementées. A l'état sénile, la région du crochet est particulièrement épaisse.

Je n'ai pas rencontré, sur la grève du golfe de Cancale, d'exemplaires correspondant à cette forme particulière qui paraît ainsi spéciale au cordon littoral ancien.

D'ailleurs, dans ce gisement, on trouve des échantillons constituant des formes de pas-

(1) DAUTZENBERG, BUCQUOY et DOLLFUS. Moll. Roussillon, II, p. 554.

(2) ou Diamètre antéro-postérieur de la valve.

(3) ou Distance entre le bord palléal de la coquille, et l'extrémité du crochet.

sage entre la forme commune d'*O. edulis* (la race de Cancale) et la forme particulière décrite. C'est pourquoi je distingue cette dernière, à titre de race seulement, de l'*O. edulis* commune sous le nom de *race de Cherrueix*.

4° Je n'ai pas recueilli d'exemplaire de *Trochus striatus* L. (= *Calliostoma striatus* ou *Jujubinus striatus*) sur la plage actuelle au pied du cordon littoral de St-Benoît-Cherrueix ; mais cette espèce vit en grande abondance dans les prairies de zostère de la région de St-Malo. (1) Il en est de même pour *Nassa pygmaea* Lamark (= *Nassa varicosa* Turton). Mais ce Mollusque est cité vivant dans la région ; il y est rare d'ailleurs. (2)

5° *Pleurotoma (Bela) rufa* Montg. que je n'ai pas ramassée sur la plage actuelle, a été citée par MM. Dautzenberg et Durouchoux (3) dans les environs de St-Malo, vivant et subfossile.

6° J'ai attribué avec doute un fragment de coquille à *Velutina laevigata* L. (= *Bulla velutina* Müller), que j'ai récolté à le Hirel. MM. Dautzenberg et Durouchoux ont signalé(4) ce Mollusque dans la région de St-Malo, mais à l'état de rareté.

J'ai récolté au pied du banc de St-Benoît-Cherrueix, sur le cordon littoral actuel, à l'état subfossile, un certain nombre d'espèces que je n'ai pas trouvées dans le cordon littoral ancien. (5).

Tenant compte de ces diverses remarques, il est facile de constater que, dans l'ensemble, la faunule fossile du cordon littoral de St-Benoît-Cherrueix est très semblable à la faune actuelle vivante ou subfossile du cordon littoral actuel et de la plage qui se trouvent au pied du cordon littoral ancien ; les deux faunes sont boréo-lusitaniennes avec caractère lusitanien assez accentué.

On peut toutefois relever comme différences fauniques entre les deux gisements ancien et actuel la présence dans le banc ancien de la race particulière d'*Ostrea edulis* qui a été décrite (race de Cherrueix), ainsi qu'une fréquence un peu plus élevée dans la faunule actuelle que dans la faunule ancienne de *Maetra stultorum*, *Trochus magus*, *Littorina littorea*, *Bittium reticulatum*, et une fréquence moins élevée, au contraire, de *Corbula gibba* et *Dentalium vulgare*.

Etat de conservation des fossiles. — L'aspect des coquilles à St-Benoît est à peine différent de celui des coquilles ramassées sur le cordon littoral voisin ; la plupart des gastéropodes ont gardé une partie de leur coloration primitive. Au Hirel et à Cherrueix, les coquilles ont leur test plus altéré et ont plus l'aspect fossile qu'à St-Benoît ; pourtant les fragments de *Pecten varius* et les coquilles de *Trochus magus* ont presque entièrement conservé leurs détails de coloration primitive.

(1) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3]. Moll. St-Malo, p. 42.

(2) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3] *loc. cit.*, p. 49.

(3) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3] *loc. cit.*, p. 15.

(4) DAUTZENBERG et DUROUCHOUX [3] *loc. cit.*, p. 33.

(5) A signaler principalement : *Patella vulgaris* L., ac., — *Clathurella purpurea* Mont. ar., — *Calyptraea chinensis* L., ar., — *Pecten opercularis* L., r., — *Pandora inaequalis* L., r., — *Pectunculus glycymeris* L., r.

La présence de fragments d'osselets de Sciche est également en relation avec la faible décalcification des couches.

Particularités diverses du cordon littoral de St-Benoît-Cherrueix. — I. — La disposition des couches, en stratification un peu entrecroisée avec une inclinaison générale vers le N., c'est-à-dire vers la mer, est celle des cordons littoraux en général. J'ai signalé cette disposition très typique dans le banc des Pierrettes à Calais et dans le cordon littoral de Bel-Air à Etaples.

II. — Le cordon littoral de St-Benoît-Cherrueix est constitué par un bourrelet simple, mais discontinu à l'embouchure du ruisseau du Vivier. On n'y observe pas les nombreuses digitations du cordon littoral des Pierrettes.

Attribution des dépôts du cordon littoral de St-Benoît-Cherrueix au Flandrien. — Les sables et graviers étudiés entre St-Benoît à Cherrueix montrent à leur base à St-Benoît, un banc argileux à Scrobiculaires vers l'altitude de 7^m (altitude voisine de celle de l'argile de polder dans le marais de Dol). Cette particularité jointe à l'absence de décalcification des différentes couches, au caractère de la faune presque identique à celle du cordon littoral actuel de la baie de Cancale, permet d'attribuer ces sables et graviers au Flandrien, étant entendu d'autre part qu'au point de vue historique le cordon littoral était constitué au x^e siècle. (1)

§ 6. — CLASSIFICATION ET RAPPORTS DES DIFFÉRENTES FORMATIONS FLANDRIENNES DANS LE MARAIS DE DOL.

Aucun des sondages effectués dans le Marais de Dol ou dans les vallées qui y aboutissent n'a mis en évidence un socle rocheux inférieur à l'altitude — 10 à — 15 environ.

Ailleurs dans la partie septentrionale de la Manche, on a pu observer pourtant un socle préflandrien à une altitude beaucoup plus basse (— 30 environ) et nous retrouverons cette altitude dans la Basse-Loire.

Les cinq mètres supérieurs de la masse sédimentaire sont gallo-romains et post gallo-romains, ainsi que le montre le sondage de la Sélune; ils représentent *l'assise de Dunkerque*.

Il reste donc à attribuer à la masse flandrienne sous-jacente, une épaisseur de 5 à 10^m, tandis qu'en Flandre et en Picardie le Flandrien inférieur et moyen mesure près de 30^m d'épaisseur. L'altitude actuelle des sédiments flandriens, et en particulier celle de la base du Flandrien supérieur, leur disposition régulière et aussi l'existence des fonds marins situés à l'altitude — 30 à une certaine distance de la côte actuelle sont telles qu'il n'y a pas lieu d'admettre que le socle du Marais de Dol et de la baie de Cancale a éprouvé au cours des temps flandriens des oscillations différentes de celles que l'on observe sur les autres parties du littoral de la Manche et au S. de la Bretagne.

Il est donc vraisemblable que la vaste baie de Cancale n'a été envahie par les eaux marines lors de la transgression flandrienne que tardivement, vers le milieu de la période correspondant au Flandrien moyen, alors que le niveau de base marin avait déjà effectué environ les deux tiers de son ascension. La totalité des dépôts poldériens du Marais infé-

(1) Le village de St-Benoît-des-Ondes s'est établi au X^e siècle sur le cordon littoral. (CHÉVREMONT, *Mouvements du sol*, p. 262-268); d'autre part la digue de la duchesse Anne a été construite contre le cordon littoral en 1024

ieurs aux couches historiquement datées. doit donc être attribué (à l'assise de Calais), le Flandrien inférieur ne devant être représenté par des dépôts fluviatiles dans certains sillons correspondant à des vallées de l'époque de creusement préflandrienne.

L'installation du cordon littoral de St-Benoît-Cherrucix est donc également tardive et c'est elle qui a provoqué la formation que d'une faible épaisseur de dépôts poldériens dans le fond de la baie de Dol.

Ces différentes considérations concordent d'ailleurs avec les faits mis en relief lors de l'étude du cordon littoral de Cherrucix et qui indiquent l'âge très récent de ce dernier. En particulier les couches qui en ont été étudiées ici et dont le dépôt est postérieur à celui de certaines couches d'argile poldérienne du marais de Dol (voir la coupe de Saint-Benoît), sont très élevées dans la série sédimentaire flandrienne.

L'argile poldérienne appartenant à la partie supérieure de l'assise de Calais ou à la base de l'assise de Dunkerque, les sables et graviers du cordon littoral, sont attribuables à l'assise de Dunkerque.

Le soubassement des couches étudiées doit également consister en un cordon littoral, c'est lui qui a permis le dépôt de couches poldériennes et tourbeuses du marais.

Modifications géographiques de la Baie de Cancale au cours des temps flandriens. — Les détails de structure géologique du marais de Dol qui viennent d'être mis en évidence, permettent d'établir que lors de l'oscillation négative préflandrienne de la ligne de rivage, la mer s'est retirée très loin de la région de Dol, de sorte que les rivières, telles que le Jouesnon, le Méleuc ou la Sélune, n'ont pas eu leur pente très augmentée et n'ont pas été astreintes à creuser considérablement le lit pour atteindre leur profil d'équilibre (fig. 34).

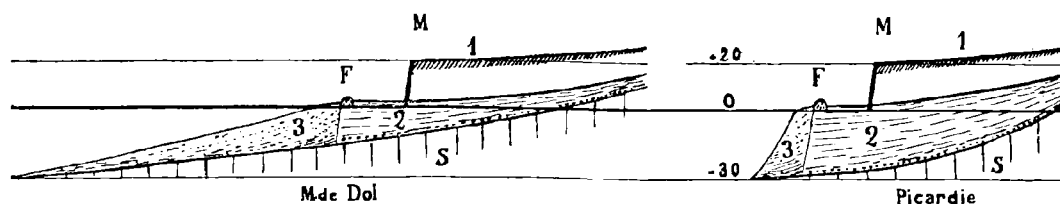


FIG 34. — Structures comparées du Marais de Dol et de la Plaine maritime picarde

LÉGENDE. — S, socle des formations flandriennes; — M, ligne de rivage monastirienne; — 1, surface terminale des alluvions monastiriennes; — 2, dépôts flandriens marins ou fluviatiles de la Plaine maritime et des vallées; — F, cordon littoral flandrien; — 3, dépôts marins de la plage et du fond de mer (Flandrien — Actuel).

On peut d'ailleurs se faire une idée approchée de la situation du rivage, au moment du maximum de recul préflandrien, par l'examen sur les cartes marines de la cote de profondeur — 30, (1) en tenant compte principalement des coups de sonde sur fond rocheux.

(1) En réalité ce sont là les cotes bathymétriques relativement au zéro hydrographique (niveau des plus basses mers). Dans la région considérée ici, l'altitude — 30 du nivellement général correspond à peu près à la cote bathymétrique 23 de la carte.

La ligne de rivage préflandrienne d'abord assez rapprochée du rivage actuel le long de la côte du Léon jusqu'au Sillon de Talbert ne le suivait que de loin à l'W. de ce point, dessinant vaguement le golfe de St-Brieuc et celui de St-Malo, sans s'étendre jusque dans la baie de Cancale. Les fonds rocheux sont en effet par le travers de Cancale à des altitudes plus élevées que — 30 bien au delà des bancs de Basse Grune et des Renardières au N.W., du rocher de la Fille au N.E., situés à 4 et 5 km. au-delà de la pointe du Grouin. (1)

Puis le rivage s'incurvait vers le N.W. de façon à passer à l'W. des îles Chausey, du Plateau des Minquiers et de l'île de Jersey. Il dessinait un petit golfe entre Jersey et Sereq-Guernesey, puis contournait, semble-t-il, Guernesey et Aurigny, pour se rapprocher du cap de la Hague.

Au maximum de la régression préflandrienne les Chausey, les Minquiers et Jersey, avec les rochers des Ecrehou faisaient partie du continent, ainsi que l'a démontré M. Barrois en étudiant l'extension du limon dans les îles bretonnes. (2) Le fait est plus discutable pour Guernesey, Sereq et Aurigny.

Au Flandrien, tout ce vaste golfe de St-Malo a été peu à peu submergé. La partie la plus éloignée de la mer, ou baie de Cancale, n'a dû être envahie qu'au cours du Flandrien moyen, en raison de son altitude relativement élevée. La baie de Cancale est demeurée à l'état de vaste polder, découvert à marée basse et facilement transformable en marais tourbeux lors des phases de ralentissement ou d'arrêt de l'oscillation positive. Un cordon littoral déjà enraciné selon toute vraisemblance la pointe de Château-Richeux favorisait le dépôt de ces tourbes. Les stations humaines se sont installées principalement sur les îles, ou sur des cordons littoraux.

C'est sous ce dernier aspect que l'on doit se représenter la baie de Cancale au temps de la conquête romaine. Peut-être Jersey était-elle encore reliée au continent. (3)

C'est au cours de la phase transgressive du Flandrien supérieur que la mer a fait une nouvelle conquête et submergé la plus grande partie de la baie de Cancale et du Marais de Dol, transformé encore une fois en polder, en même temps que se déposaient les sables et graviers de St-Benoît-Cherrucix de l'altitude + 7 à l'alt. + 12.

Modifications du cours de la Rance. — M. Barrois (4) a émis l'hypothèse que la Rance s'est jetée autrefois dans le Marais de Dol et la baie de St-Michel en passant à l'E. de Châteauneuf (Basse Rance primitive), au lieu de couler vers St-Malo, en passant à l'W. de Châteauneuf, (Basse Rance actuelle ou Rivière de St-Malo). Ultérieurement MM. Barré et Vacher (5) se sont efforcés de donner des preuves géographiques de cette capture. Depuis, M. Barrois a de nouveau étudié cette question et a montré que la capture de la Rance par la Basse Rance actuelle ou Rivière de St-Malo était en

(1) Plan de la Rade de Cancale et de ses environs, levé, en 1829, par les INGÉNIEURS HYDROGRAPHES DE LA MARINE sous les ordres de M. BEAUTEMPS-BEAUPRÉ, Ingénieur Hydrographe en Chef. *Dépôt Général de la Marine*, 1834, Edition de mars 1891.

(2) BARROIS [15]. Extens. du limon en Bretagne, 1897, p. 42-44.

(3) La *Deroute*, qui sépare Jersey du continent, n'a que 10 m. de tirant d'eau à marée basse ; les courants y sont très violents et ont pu contribuer au creusement de ce détroit à une époque relativement récente.

(4) BARROIS [8]. Légende de la feuille de Dinan, *A. S. G. N.*, t. XXI, 1893, p. 25-26.

(5) BARRÉ. *Ann. Géogr.* t. 14, 1905, p. 30-33 ; — VACHER. *C. R. Ac. Sc.* t. 168, 1919, p. 353.

relation avec les changements de niveau de la mer qui se sont produits au cours des dernières phases du quaternaire.

La « Rivière de St-Malo » ou Basse Rance actuelle, a l'aspect typique des vallées submergées du rivage breton, avec une largeur disproportionnée avec l'importance de la rivière, et des rives très découpées.

D'autre part, si l'on suit hypothétiquement le prolongement de la Basse Rance actuelle vers le N. W., on trouve des fonds de — 30 assez rapidement, à moins de 40 km de Châteauneuf; si l'on fait le même essai pour la « Basse Rance primitive » on erre dans le marais de Dol, la baie de Cancale, et les abords des îles anglo-normandes sur un trajet minimum de 60 km. (1), avant de trouver des fonds de 30^m susceptibles d'avoir servi d'embouchure à la Rance au début du Flandrien. On peut de la sorte s'expliquer aisément que la rivière de St-Malo ait été plus active que la Rance et qu'elle ait capté cette dernière rivière près de Châteauneuf au cours des temps flandriens. L'accentuation de la transgression flandrienne a noyé la Basse Rance actuelle.

§ 7. — TRACES DIVERSES DE LA TRANSGRESSION SUR LA CÔTE SEPTENTRIONALE DE BRETAGNE.

En 1846, on a trouvé à St-Servan, près de la tour Solidor, d'anciennes sépultures submergées par la mer, à marée haute, par une hauteur d'eau de 6^m. (2)

A la Ville-es-Nonais, dans la vallée de la Rance, on a découvert une station humaine néolithique, sur sol forestier, recouvert de 5^m de tangles. Le niveau du sol forestier se trouve à 9^m au-dessous du niveau des grandes marées. (3)

M. Barrois a signalé des bancs sous-marins le long des côtes de la région de Lannion, qui paraissent pouvoir être considérés comme des cordons littoraux submergés; il a signalé également, en de nombreux points du littoral N. de la Bretagne (4) des tourbes littorales submergées, avec arbres enracinés correspondant aux lits d'anciennes vallées, actuellement noyées, sur le prolongement des vallées actuelles.

Dans la baie de St-Brieuc, (5) et, en particulier, celle du Palus, près de Plouha (Côtes du Nord), la tourbe submergée s'observe à une altitude inférieure de 4^m90 à celle du cordon littoral actuel, et de 7^m40 à celle de la crête du cordon littoral actuel (le niveau des hautes mers d'équinoxe se trouvant lui-même à 6^m au-dessus de celui de la tourbe, qui a au moins 1^m d'épaisseur).

M. Cayeux a étudié la constitution des dépôts tourbeux qui affleurent à marée basse au N. E. de la baie de Morlaix à Plougasnou-Primel, (6) à 3^m environ au-dessous du niveau des hautes mers.

(1) Le plus court possible en supposant que le trajet ne comprenne aucune boucle importante dans la baie du M^t St-Michel.

(2) LEBESCONTE [2]. *Epoques géologiques gallo-romaine et franque*, p. 379.

(3) BARROIS [18]. *Feuille de Lannion, A. S. G. N.*, t. 37, 1908, p. 206-207; — [11]. *Feuille de St-Brieuc, ibid.*, t. 23, p. 67.

(4) GUILBERT. *Forêts immergées côte bretonne, B. S. G. F.*, 4^e s., t. VII, 1937, p. 5.1-5.13. Alt. de la tourbe + 5,40; — pied du cordon littoral actuel + 10,30; — crête du cordon littoral actuel + 12,80; — niveau des hautes mers d'équinoxe + 11,40.

(5) CAYEUX. *Tourbes immergées de Plougasnou-Primel, B. S. G. Fr.*, 4^e s., t. VI, 906, p. 142, fig. 1.

Il y a pu relever la coupe suivante :

8. Sable	0 ^m 10
7. Sables tourbeux et tourbes avec galets mal roulés, enrobant des souches d'arbres <i>in situ</i> (1)	0 ^m 55
6. Sables gris, micacés avec coquilles triturées (q.q. galets arrondis à la base).	0 ^m 25
5. Tourbe sableuse à roseaux et insectes	0 ^m 40
4. Sables gris micacés (semblables à ceux de la couche n° 6)	0 ^m 15
3. Tourbe sableuse grossière et friable formée d'un amas de débris végétaux charriés (Insectes rares) ;	
2. Tourbe à roseaux, compacte et cohérente, semblable à la tourbe de la couche n° 5, mais avec Insectes plus rares (Epaisseur totale des couches 2 et 3 réunies)	0 ^m 55
1. Sables gris-bleuâtre à grain très fin, perforé par des radicelles	0 ^m 10

Cette intéressante succession, mise en évidence au moyen de deux tranchées, indique la série d'événements suivants :

Sur un sol de marais (actuellement situé à 5^m environ sous le niveau des hautes mers), vivent de nombreux roseaux dont l'accumulation sous l'eau donne naissance au banc inférieur de tourbe à roseaux (couche n° 2).

Mais, à la suite d'une crue, la végétation des roseaux s'interrompt et il se forme une tourbe d'origine allochtone, véritable alluvion végétale (couche n° 3).

La mer envahit le marais et dépose des sables (couche n° 4). Ultérieurement, la mer s'éloigne et un nouveau régime marécageux s'établit : il se forme à nouveau de la tourbe à roseaux (couche n° 5).

La mer envahit le marais à nouveau; son niveau moyen est de 55 centimètres plus élevé que lors de la première invasion, et il se forme 0^m25 de sable.

La mer se retire encore et permet ainsi l'installation d'une forêt (banc 7). Finalement, la mer recouvre à nouveau le point étudié. Son niveau moyen s'est élevé de 1^m35 par rapport à celui qui a servi de point de départ.

On a donc ici un très bel exemple de mouvement positif d'ensemble du niveau marin avec épisodes de recul de la mer, ayant permis momentanément la réapparition d'un régime d'eau douce.

§ 8. — TRACES DE LA TRANSGRESSION FLANDRIENNE SUR LES CÔTES MÉRIDIONALES DE BRETAGNE ET A L'EMBOUCHURE DE LA LOIRE.

Sur la côte méridionale de Bretagne, dans la région du Morbihan, à l'embouchure de la Loire, et plus en amont dans le lit de la Loire elle-même, on a constaté de nombreux faits en relation avec le mouvement marin positif qui s'est manifesté à la fin des temps

(1) A cette couche doivent être probablement rattachés les restes de forêt fossile connus sur la grève à Saint-Jean-du-Doigt, à l'E. de Primel, et les arbres qui ont été signalés sur la côte E. de la baie de Morlaix par de LA FRUGLAYS, en 1811. (*Journal des Mines*, vol. 30, 1811, p. 389-391 ; *in* CAYREUX, *loc. cit.*, p. 143).

quaternaires jusque dans le cours du Moyen-Age. Ces faits ont été coordonnés par M. Ch Barrois et ultérieurement par MM. Ferronnière, Chaput et Denizot. (1)

La région considérée ici comprend la baie de Bourgneuf, l'estuaire de la Loire, la Grande-Brière, l'embouchure de la Vilaine, la baie de Quiberon et le Morbihan. Les massifs rocheux qui la constituent s'élèvent à des altitudes variables, et sont entourés ou bordés de plaines alluviales dont l'altitude est d'environ + 3.

Le « chronomètre » de Penhouët. — Le mouvement positif de la ligne de rivage a surtout été bien observé à St-Nazaire, dans la baie de Penhouët, par l'Ingénieur Kerviler, au cours de travaux destinés à l'amélioration du port. (2)

Sur un fond rocheux dont l'altitude est voisine de — 30, se sont accumulés 33^m de sédiments. Il y a d'abord, à la base, 7 mètres de galets, puis 26 mètres de couches régulièrement stratifiées, constituées par de petits lits épais d'environ 3^{mm}, formés eux-mêmes de feuillets sableux alternant avec des feuillets d'argile et de débris végétaux. La nature de la formation indique un dépôt d'estuaire ou de polder, opéré constamment à une altitude voisine du zéro moyen.

Aux altitudes — 9 et — 8, (6^m et 5^m en-dessous de la basse mer), on a trouvé des objets en pierre polie; un peu plus haut, vers l'altitude — 7,5, une épée en bronze; puis vers — 7, dans un lit de graviers, des objets en pierre polie avec bronze et poteries grossières, ainsi que des ossements humains, du Bœuf, du Chevreuil, du Mouton, du Cochon, du Sanglier.

Vers — 4^m50 (à 1^m50 ou 2^m sous le niveau de la basse mer), soit à 6^m de profondeur dans le dépôt, on a trouvé des objets romains et une monnaie de Tetricus (années + 268 à + 275).

De place en place, il y a un lit sableux ou graveleux à coquilles, épais de 0^m01 à 0^m10.

Laisant de côté les considérations chronométriques de Kerviler, la coupe de Penhouët, qu'il a si bien étudiée, demeure comme l'un des exemples les plus nets d'une accumulation de sédiments, continue dans l'ensemble, formée constamment à une altitude voisine du zéro marin dans un bassin de sédimentation en voie d'affaissement relatif, régulier ou à peu près régulier, ayant débuté vers la fin des temps quaternaires pour se continuer sans interruption géologique importante jusque bien après l'époque historique gallo-romaine.

Les couches de Penhouët appartiennent au Flandrien sous un facies fluvialite ou littoral à la base, et pour la plus grande masse, sous un facies de polder ou d'estuaire.

(1) BARROIS [13]. Légende feuille Saint-Nazaire, *A. S. G. N.*, t. XXIV, 1896, p. 137; — [14]. Phén. litt. Morbihan, *A. S. G. N.*, t. XXIV, 1896, p. 182; — FERRONNIÈRE [4]. Chang. niv. de base de la Loire à Nantes au quat. récent, *B. S. Sc. Nat. Ouest.* 1913, p. II-V; — [7]. Phénomènes transgressifs, *B. S. Min. Br.*, 1921, p. 192-212; — CHAPUT [1]. Terrasses all. de la Loire, 19 7, p. 229-231; — DENIZOT [4]. Alluv. bassin de la Loire, 1921, 459-472 et note additive.

(2) KERVILER R. [1]. *Revue archéolog.* 1877; — [2]. Armorique et Bretagne, 1893. Paris, t. I. p. 5; — BERTRAND Alex., *C. R.*, 1879, p. 690; — de la NOË, *Bull. géogr. hist. et descript.*, 1883, p. 20-30; — MORTILLET [1] *Revue d'Anthrop.* 1877; — [2]. *B. S. G. F.*, 1878.

Grande-Brière. — La région basse et marécageuse de la Grande-Brière offre un fond rocheux, qui en certains points, descend jusqu'à 21^m sous le niveau actuel. Elle est comblée par de la vase sableuse à fossiles marins couronnée par 1^m50 de tourbe ou d'argile tourbeuse.

M. Barrois a montré que la Grande-Brière était une dépression creusée par les cours d'eau (la Vilaine) et envahie par la mer ultérieurement, de façon à former une sorte de golfe analogue au Morbihan. (1) Mais à la différence de ce qui s'est passé à Penhouët, la sédimentation n'a pas été aussi rapide que le mouvement positif. Aussi, la Brière était restée un golfe en partie navigable, à l'époque de la conquête romaine (2) et même au VIII^e siècle, pour les galères des Normands. En différents points et particulièrement sur les bas-fonds et autour des îles, l'alluvion fluvio-marine à *Cardium edule*, *Ostrea edulis* et *Lutraria elliptica* atteignait le niveau zéro à l'époque romaine. Peu à peu le golfe a été définitivement isolé de l'estuaire et il s'est formé de la tourbe qui a en partie comblé le marais.

La Grande-Brière est assez comparable aux dépressions des Moères et du Marais Calaisien, en Flandre; dans ces dépressions, la sédimentation fluvio-marine ou marine s'est opérée avec une vitesse plus faible que celle de la transgression marine flandrienne, jusqu'au moment où, isolées de la mer, elles ont constitué des marais.

Lac de Grand-Lieu. — Le lac de Grand-Lieu est situé au S. de l'estuaire avec lequel il est en relation par la vallée de la Chenau. Son fond rocheux est à l'altitude — 25. (3)

Lors de la phase transgressive flandrienne, l'alluvionnement a été très faible en ce point plus faible encore que dans la Grande-Brière, et beaucoup moins rapide que l'élévation du niveau d'eau: il n'a pu parvenir à combler que la vallée de la Chenau et une partie de la dépression de Grand-Lieu. Une nappe d'eau libre a pu ainsi séjourner dans cette dépression et y constituer, non plus un marais tourbeux comme la Grande-Brière ou les Moères, mais un lac profond.

L'origine du lac de Grand-Lieu est comparable dans une certaine mesure à celle de l'Arresø au N.W. de l'île de Sjaelland au Danemark (fig. 37). (4) C'était un golfe communiquant à la fois avec le Kattegat et le Fjord de Roskilde. Pendant le Litorinasænkning, phase transgressive marine qui correspond en partie à la phase transgressive flandrienne, ainsi que je le montrerai plus loin, les sédiments n'ont constitué qu'une barre qui a isolé le fond du golfe, lequel n'a pas été envasé et s'est ainsi transformé en lac.

Points divers de la côte méridionale de Bretagne et de Vendée. — Je citerai encore d'autres preuves de l'oscillation positive du niveau de base lors des temps flandriens, aux abords de l'estuaire de la Loire sur les côtes bretonnes et vendéennes.

(1) BARROIS [12]. Origine Grande-Brière, *A. S. G. N.*, 1895, p. 196; — [13] Légende f. St-Nazaire, *ibid.*, 1896, p. 138; — [14] Phén. litt. Morbihan, *ibid.*, 1896, p. 224.

(2) KERVILER [2]. Armorique et Bretagne, 1893, p. 137-155.

(3) L. DE ST-QUENTIN. Lac de Grand-Lieu, 1898, p. 28.

(4) Cf. carte hors texte in V. MILTHERS [2] Nordøstsjællands Geologi.

Au Croisic, à la plage Valentin, des tourbes submergées ne sont visibles qu'aux très basses mers. La liste des végétaux qu'elles contiennent, publiée par M. Welsch, montre une flore identique à la flore actuelle. (1)

On connaît encore des tourbes submergées à Pen-Bron, à Kerere en Locmariaquer, à Kerbillio et à l'W. d'Erdeven, (2) à Belle-Isle-en-Mer, tourbes dont la flore et la faune entomologique sont légèrement différentes de la faune actuelle de l'île. (3)

Dans la dépression du Traict, des sondages étudiés par Ferronnière (4) ont montré à des altitudes inférieures à — 5 des sables quartzeux avec galets, surmontés d'argiles avec végétaux d'eau douce, puis des sables argileux et, enfin, la terre des marais salants actuels.

Les marais salants de Guérande, d'âge gallo-romain, sont recouverts de 1^m de vase marine. (5).

Dans le Morbihan, un mouvement positif de 7^m est démontré par des mégalithes submergés. (6)

L'existence du Morbihan lui-même est aussi en rapport avec le mouvement positif de la mer de l'époque flandrienne; mais ce (7) golfe n'a pas été comblé par les alluvions dont la rapidité d'accumulation n'a pas suivi celle de l'élévation du niveau de l'eau.

De même, le fond rocheux de l'Etier du Dain est à — 20^m à Bourgneuf, ainsi que celui de l'étier de Haute-Perche à Pornic (8)

En différents points de la Loire-Inférieure, Ferronnière a signalé des bancs de galets submergés et les a assimilés à des cordons littoraux ou lignes de rivages formées à différentes altitudes lors de la phase transgressive considérée ici. (9)

Alluvions de cours d'eau en amont des estuaires. — Si l'on remonte les rivières qui aboutissent à la côte océanique de la presqu'île armoricaine, on retrouve les fonds rocheux à des altitudes négatives ou voisines de 0^m sur de grandes distances vers l'amont.

A Redon, le fond rocheux de la Vilaine est vers — 20. (10)

A Nantes, la base des alluvions est à — 25, soit à 26^m au-dessous du niveau de l'étiage

(1) BARROIS Feuille de Quiberon ; Carte Géol. Fr. au 1/80.000^e ; — FERRONNIÈRE [6]. Exc. au Croisic, p. 137 ; WELSCH [3]. Tourbe littorale du Croisic ; — [5]. Lignites du littoral et forêts submergées, p. 209.

(2) BARROIS [7]. Lég. feuille de Vannes, A. S. G. N., p. 211-224 ; — QUILGARS in WELSCH [5] Lignites du littoral, p. 210.

(3) GADECEAU [1, 2, 3, 4]. Forêts submergées de Belle-Isle. 1905 à 192 ; — P. Lesne. Faune entomolog. tourbières Belle-Isle, C. R., t. 167, 1918, p. 538-540.

(4) FERRONNIÈRE [8]. Nappes d'eau douce dans les sables, B. S. G. Min. Bret., 1922, p. 197.

(5) KERVILER [2]. Armorique et Bretagne, I, p. 195.

(6) DE CLOSMADÉUC. Le Cromlech d'Er Lanic, B. S. polymath. Morbihan, 1882.

(7) BARROIS [14]. Phén. litt. Morbihan ; — FERRONNIÈRE [9]. La Teignouse.

(8) BARROIS [14] loc. cit., p. 224 ; — FERRONNIÈRE [4]. Changem. niveau de base Loire, p. 11 V.

(9) FERRONNIÈRE [7]. Notes de Géol. Marine, B. S. G. et Min. Bretagne, 1921, fasc. spécial, p. 198

(10) Très en amont, à Rennes, la masse d'alluvions n'est pas particulièrement épaisse, mais il est intéressant de rappeler la découverte qui y a été faite. à 4^m50 de profondeur. de 200 kilogrammes de monnaies romaines dont les millésimes se répartissent sur plusieurs siècles, et qui indiquent l'existence d'un gué. A la partie supérieure de cette masse, on a trouvé des monnaies des XVII^e et XVIII^e siècles. (LEBESCOÏTE et BEZIER. Terr. quat. et moderne de la Vilaine).

de la Loire. Les alluvions flandriennes dont le total atteint 30^m d'épaisseur, sont constituées par des cailloux à la base, des graviers, des sables et des argiles au sommet. Il y a des restes archéologiques préromains à 3 ou 4^m de profondeur. (1)

A Chalonnnes, les alluvions ont 20^m d'épaisseur. Le lit préflandrien se trouve vers — 10^m aux environs de cette ville.

Près d'Angers, on a trouvé des traces de voies anciennes sous 4^m d'alluvions; la Maine y offre 11^m d'alluvions avec un fond rocheux à 4^m seulement. Près de Saumur, les alluvions ont 10^m d'épaisseur. A Tours, la ville romaine a été retrouvée en de nombreux points, submergée par des alluvions. (2)

M. Denizot a montré que dans la vallée remplie d'alluvions, le fond rocheux était très inégal selon une section transversale de la vallée, (3) et révélait généralement l'existence d'un sillon correspondant au cours le plus bas que le fleuve ait suivi, le reste de la surface basale étant plus ou moins sculpté et incliné.

§ 9. — LES CORDONS LITTORAUX FLANDRIENS DU MARAIS POITEVIN.

Je terminerai cet examen des formations quaternaires de la côte atlantique occidentale de la France en rappelant quelques-unes des particularités du Marais poitevin auquel M. Welsch (4) a consacré une remarquable monographie et que j'ai moi-même étudié en 1920.

Caractères géographiques généraux du Marais Poitevin. — Le Marais poitevin est une plaine argileuse dont l'altitude est voisine de celle des hautes mers. et qui est parcourue par la Basse-Sèvre-Niortaise, divers de ses affluents et quelques petites rivières cotières dont la plus importante est le Lay. La plus grande dimension de cette plaine est parallèle au cours de la Sèvre, selon la direction E. W. ; elle atteint 70 km., de Longeville à Coulon. Le front de mer du marais s'étend de Esnandes à Longeville, le long du Pertuis Breton, en face de l'île de Ré, sur une longueur de 36 km.

En somme, c'est une plaine maritime assez peu typique qui se présente sous forme d'un long estuaire colmaté.

Une intéressante particularité du Marais poitevin est due au grand nombre de massifs calcaires, pointements du socle jurassique, appelés *îles*: Ile d'Elle ou Ile Delle, Ile Bapau-me, Ile de Maillet, Ile de la Dune, Ile de Vouillé, Vix, Sableau, St-Michel-en-l'Herm, et beaucoup d'autres. (5)

Autour de ces îles, ainsi que le long du rivage ancien qui entoure le Marais poitevin, se trouvent des cordons littoraux riches en coquilles. En certains points, ces cordons littoraux, installés vraisemblablement sur des hauts fonds rocheux, affleurent seuls au milieu de la plaine.

(1) JOLY. Port de Nantes, 1879, p. 282; — FERRONNIÈRE [4]. Changem. niveau de base, Loire. *B. S. Sc. Nat. de l'Ouest*, 1913, p. II-V.

(2) DENIZOT [3]. Sondage de la Maine à Angers. Ext. p. 3-4; — [4] Alluv. Loire, p. 468.

(3) DENIZOT [4]. Alluv. Loire, p. 461 et p. 469, fig. 6.

(4) WELSCH [7] Marais Poitevin, *B. S. C. Géol. Fr.*, 1919.

(5) Consulter la carte au 1/320.000^e in WELSCH [7] *loc. cit.*, pl. I.

On doit mentionner parmi les formations du Marais Poitevin, les dépôts de marne à *Nassa* de Maillezais et les buttes d'Huitres de St-Michel en l'Herm, dont l'âge géologique est assez imprécis. Il ne me paraît pas possible d'attribuer avec certitude les marnes à *Nassa* du Maillezais, soit au Pliocène ainsi que le croit M. Welsch, (1) soit au Quaternaire.

Les bancs d'Huitres de St-Michel en l'Herm ont été considérés comme des buttes artificielles par différents géologues. (2) Leur origine naturelle ne me paraît pas pouvoir être mise en doute. Aux arguments qui ont déjà été donnés en faveur de cette opinion, j'ajouterai les caractéristiques suivantes: les sinuosités des bancs semblent épouser les méandres d'une rivière submergée; de minuscules *Pecten varius* n'atteignant pas 1 cm. de diamètre sont conservés bivalves et intacts dans le banc d'Huitres; les Balanes, innombrables, entières, encore munies de leurs délicates pièces operculiformes, couvrent les faces externes de la plupart des Huitres et même les faces internes des très rares huitres ouvertes que l'on peut récolter dans le gisement. Il est toutefois difficile de fixer un âge à la faune très particulière de ces bancs d'Huitres: son caractère tempéré n'indique cependant pas des dépôts antérieurs au Monastirien.

La masse principale de sédiments du Marais poitevin est constituée par de l'argile poldérienne à *Scrobicularia piperata* dont le nom local est bri. C'est la tangué des polders de Dol. Outre *S. piperata*, on y trouve plus rarement *Cardium edule*, *Ostrea edulis*, et divers Foraminifères, entr'autres *Nonionina depressula* Walker et Jacob. (3)

L'argile des polders a fourni des instruments néolithiques près de Luçon. Son altitude ne dépasse guère 3 ou 4^m; c'est celle du niveau des hautes mers de la côte voisine. Des sondages ont montré qu'elle peut atteindre une épaisseur totale de 28^m25 (sondage au S. de Chaillé).

Il est de toute évidence que de l'argile de polder, c'est-à-dire un dépôt d'eau peu profonde, n'a pu se déposer sur une telle épaisseur qu'à la faveur d'une *oscillation positive* du niveau marin *lentement* effectuée au fur et à mesure de la formation argileuse. Ici encore on reconnaît l'effet général de la transgression flandrienne dont l'amplitude est d'une trentaine de mètres comme dans la Manche et la Mer du Nord.

Dans le fond du Marais poitevin, près de l'ancien rivage et dans les vallées affluentes, on voit les formations poldériennes passer peu à peu aux formations limnétiques tourbeuses.

Dans le marais du Mazeau, la tourbe atteint 2^m d'épaisseur et repose sur un soubassement de bri. On y a trouvé des restes de palafittes et des monnaies romaines de Tetricus. M. Welsch dit n'avoir jamais observé d'alternance de bri et de tourbe.

Cordons littoraux du Marais Poitevin. — Les formations vaseuses du Marais sont en rapport étroit avec les cordons littoraux qui bordent les différentes îles. M. Welsch a étudié ces cordons littoraux et a donné une longue liste des mollusques trouvés à Champagné-les-Marais (sablrière du Cerisier), à Chaillé-les-Marais (hameau du Sableau) et à l'île Delle (ancienne ballastière). (4)

(1) WELSCH [7] *loc. cit.*, p. 48.

(2) Cf l'intéressant résumé des différentes opinions qui ont été émises en faveur ou contre l'origine naturelle des Buttes de St-Michel-en-l'Herm dans l'analyse suivante: L. D. Extraits et analyses (Géologie et Minéralogie. B. S. Sc. Nat. Ouest, t. IX, 1909, p. 23-25.

(3) WELSCH [7] *loc. cit.*, p. 33. C'est un Foraminifère généralement commun sur les côtes françaises et que j'ai trouvé dans la plupart des dépôts flandriens à facies poldériens que j'ai examinés.

(4) Il a admis que si ces cordons littoraux ont pu se constituer depuis le début du quaternaire jusqu'à nos jours, ils « dépendent plutôt des alluvions anciennes » et les a en conséquence désignés sur la Carte Géologique par la notation a 1^a (WELSCH [7] *loc. cit.*, p. 36-39).

J'ai étudié également ces cordons littoraux afin de les comparer avec les formations analogues de la Manche, de la Mer du Nord et des côtes danoises.

J'ai pu récolter des fossiles ou lever des coupes détaillées dans les cordons littoraux de l'île Delle, du Sableau, de Champagné, du Vigneaud, du Bourdeau, de Saint-Michel-en-l'Herm.

I. *Ile d'Elle (ou Ile Delle)*. — Un cordon littoral entoure le massif calcaire d'Ile d'Elle. Il a pu être étudié par M. Welsch dans une vieille ballastière aujourd'hui abandonnée et complètement inondée. C'est dans cette ballastière qu'on a trouvé autrefois des vertèbres de Cachalot.

J'ai pu récolter des fossiles dans une excavation ouverte à peu de distance de cette ballastière. En ce point, l'altitude du sol est voisine de 5^m, très légèrement supérieure à celle de la plaine environnante. Le cordon littoral se montre constitué par du sable, des graviers et des galets. Les graviers et les galets sont en silex ou en calcaire jurassique, assez mal roulés. Le sable est assez grossier et constitué par des grains de quartz, fortement limonitisés, ayant 300 à 350 μ de diamètre. La glauconie non altérée et assez abondante se présente en grains de 100 μ .

Les fossiles souvent intacts ont un test très épais et à peine décalcifié.

Dans la colonne 1 du tableau faunique qui suit, j'ai transcrit les espèces trouvées par M. Welsch dans la ballastière, et dans la colonne 2 les espèces que j'ai récoltées dans l'excavation voisine.

II. *Le Sableau*. — Le hameau du Sableau, sur le territoire de Chaillé-les-Marais se trouve à la bifurcation de la route de Marans à Chaillé-les-Marais et à Vouillé-les-Marais. Son altitude est peu élevée au-dessus du niveau de la plaine, et en ce point, il n'y a pas d'île. Le banc sableux qui y existe est vraisemblablement installé sur un haut fond rocheux non visible. Il se trouve sur le prolongement du cordon littoral ou de la ligne de points élevés du marais qui s'étend de Champagné-les-Marais à Puyravault et Ste-Radegonde des Noyers.

La carrière située près du carrefour de ces routes n'est plus exploitée, mais j'ai pu heureusement étudier les graviers coquilliers du Sableau, grâce à un petit trou d'exploitation éphémère ouvert dans une prairie au S. du hameau. Le sol n'y formait aucun bombement appréciable au-dessus du niveau général du marais. On exploitait un sable avec graviers, cailloux et galets, fortement imprégné de matières humiques par suite de la basse altitude du gisement et de sa situation dans une prairie humide.

Le sable est très grossier, mal calibré, en grains de 100 à 400 μ . La glauconie y est assez fréquente et se présente en grains non altérés de 100 μ .

Les petits galets et graviers sont constitués par du calcaire jurassique et du quartz. Les gros galets sont en calcaire jurassique, tous perforés par divers lithophages et principalement par *Polydora ciliata* Johnston qui est extrêmement fréquente ici. Ils peuvent atteindre des dimensions considérables (20 à 30 cm. par exemple), (750 à 1.000 gr.), mais sont toujours très aplatis.

Faune des cordons littoraux du Marais Poitevin

		Ile d'Elle		Sableau		Champagné		Vigneaud	Bourdeau	S ^t -Michel		Fréquence actuelle
		Welsch		Wel sch		Welsch				Carr. N.	Carr. S.	
		1	2	3	4	5	6						7	8	9	10	11
<i>Nucula nucleus</i> L.	L	—	—	—	—	?	—	—	—	—	ar	r
<i>Loripes lacteus</i> L.	L	—	—	—	—	×	c	—	—	—	—	cc
<i>Cardium aculeatum</i> L.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	ac
— <i>edule</i> L.	L	×	ccc	—	cc	×	cc	ccc	—	cc	ccc	cc
— <i>tuberculatum</i> L.	L	—	—	—	rr	?	—	—	—	—	—	r
— <i>exiguum</i> Gm.	L	—	—	—	rr	×	ac	—	—	—	rr	×
— <i>echinatum</i> L.	L	—	—	—	rr	—	r	—	—	rr	—	ac
— <i>paucicostatum</i> R.	L	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	rr	r
<i>Tapes decussatus</i> L.	L	×	c	—	cc	×	ac	c	—	cc	ac	cc
— <i>rhomboides</i> Penn.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
— <i>virginicus</i> L.(= <i>edulis</i> Chemn.)	L	—	r	—	—	×	c	—	—	—	—	r
— <i>aureus</i> Gm.	L	—	—	—	—	—	ac	—	—	—	r	r
<i>Macra subtruncata</i> D. C.	L	—	—	—	—	×	ac	r	—	ac	cc	ac
— var. <i>triangula</i> Rén.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Tellina crassa</i> Gm.	L	—	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	r
— <i>balaustina</i> L.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	ac	rr	×
— <i>balthica</i> L.	B	—	r	×	—	—	r	—	—	—	ccc	cc
— <i>tenuis</i> D. C.	B	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	cc
<i>Donax vittatus</i> D. C.	L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	ac
<i>Solen marginatus</i> Penn.	L	—	—	—	—	×	ac	—	—	r	ac	×
<i>Corbula gibba</i> Olivi	L	—	—	—	r	×	cc	—	—	r	rr	r
<i>Pandora inaequivatris</i> L.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	rr	r
<i>Scrobicularia piperata</i> Gm.	L	×	cc	—	rr	—	rr	r	—	cc	r	cc
<i>Syndesmya alba</i> Wood	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	r
<i>Pholas (Barnea) candida</i> L.	L	—	—	×	—	—	—	—	—	—	r	c
— <i>dactylus</i> L.	L	—	rr	—	rr	—	—	rr	—	r	rr	cc
<i>Mytilus edulis</i> L.	B	—	r	×	rr	×	ac	rr	—	ac	ac	cc
<i>Ostrea edulis</i> L.	L	—	cc	—	c	×	cc	c	r	cc	cc	cc
<i>Anomia ephippium</i> L.	B	×	—	—	—	×	cc	rr	—	—	rr	cc
<i>Pecten varius</i> L.	L	—	rr	—	ac	×	ac	—	—	—	r	cc
<i>Trochus Montagu</i> Wood.	B	—	—	×	—	×	—	—	—	—	—	×
— <i>obliquatus</i> Gm.	B	—	—	—	r	×	rr	c	—	ac	?	×
— <i>cinerarius</i> L.	B	—	ac	—	cc	×	ac	cc	—	cc	—	cc
— <i>lineatus</i> D. C.	—	—	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	×
— <i>magus</i> L.	L	—	—	—	—	—	rr	—	—	—	—	c
— <i>tunidus</i> Mont.	B	—	—	—	—	?	rr	—	—	—	—	×
<i>Phasianella pullus</i> L.	L	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	c
<i>Littorina obtusata</i> L.	B	—	ac	×	cc	×	ac	cc	c	ccc	r	cc
— <i>rudis</i> Maton	B	—	ac	×	rr	×	cc	ac	—	cc	rr	cc
— <i>littorea</i> L.	B	—	ac	—	—	—	ac	ac	—	cc	r	cc

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
— <i>tenebrosa</i> Mont	B	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Lacuna divaricata</i> Fabr.	A	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Rissoa parva</i> D. C.	L	r	—	r	×	—	—	—	—	—	r
— <i>inconspicua</i> Alder	L	—	—	—	—	c	—	—	r	—	×
— <i>Guerini</i> Recluz	L	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Hydrobia ulvae</i> Penn.	B	r	—	r	×	ac	ac	—	ac	cc	c
— <i>subumbilicata</i> Mont.	B	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Truncatella subcylindrica</i> L. . . . .	.	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Scalaria communis</i> Lmk.	L	—	—	—	×	—	—	—	rr	—	c
<i>Turbonilla pusilla</i> Phil. . . . .	.	—	—	—	×	rr	—	—	—	—	×
<i>Natica Alderi</i> Forb.	B	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Bitium reticulatum</i> D. C.	L	ac	—	cc	×	cc	r	rr	ac	—	×
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> Mont.	L	—	×	rr	—	—	—	—	—	—	×
<i>Murex erinaceus</i> L.	L	ac	×	cc	×	rr	c	—	—	rr	cc
<i>Buccinum undatum</i> L.	B	—	—	—	×	—	—	—	—	—	cc
<i>Nassa reticulata</i>	L	ac	—	—	×	r	r	—	cc	rr	cc
— <i>incrassata</i> Ström	B	—	×	ac	×	ac	—	—	—	ac	r
— <i>pygmaea</i> Lmk.	L	—	—	—	—	r	rr	—	—	rr	r
<i>Purpura lapillus</i> L.	B	—	×	—	—	—	—	—	—	—	cc
<i>Turritella communis</i> Risso	L	—	×	—	—	—	—	—	—	—	cc
<i>Trivia europea</i> Mont.	L	—	×	—	—	—	—	—	—	—	r
<i>Raphitoma attenuata</i> Mont. . . . .	.	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
— <i>nebula</i> Mont. . . . .	.	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
— — <i>var. laevigata</i> Jeffr . . . . .	.	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Manglia costata</i> Penn	L	—	—	—	×	—	—	—	—	—	r
<i>Patella vulgata</i> L.	B	—	—	—	—	—	cc	—	—	—	cc
— <i>depressa</i> Penn. . . . .	.	—	—	—	—	—	r	—	r	—	×
— — <i>var. athletica</i> Bean. . . . .	.	—	—	—	×	—	rr	—	—	—	×
<i>Philine aperta</i> L.	L	—	—	—	×	—	—	—	—	—	c
<i>Utriculus truncatulus</i> Brug.	L	—	—	—	—	—	—	—	—	ac	×
<i>Alexia myosotis</i> Drap. . . . .	.	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×
<i>Dentalium vulgare</i> D. C.	L	—	—	—	×	—	—	—	—	—	r
— <i>novemcostatum</i> Lmk.	L	×	ac	—	×	cc	r	—	ac	ac	cc
<i>Balanus</i> sp. . . . .	.	—	cc	—	×	—	ac	cc	r	c	×
<i>Polydora ciliata</i> Johnst. . . . .	.	—	—	c	—	r	—	—	rr	r	×
<i>Chona</i> . . . . .	.	—	—	—	—	r	r	—	—	—	×

Les Mollusques ont leur test bien conservé, assez épais, peu fragmenté, peu décalcifié. Dans la colonne 3 du tableau faunique ci-joint, j'ai transcrit la liste d'espèces recueillies par M. Welsch, (1) et dans la colonne 4 la liste d'espèces récoltées par moi-même au Sableau.

III. *Champagné-les-Marais*. — Le Banc de Champagné-les-Marais constitue une langue de terre assez élevée, d'altitude de 6^m environ s'étendant à l'E. vers Puyravault et Sainte-Radegonde-des-Noyers.

J'ai pu observer les déblais d'une excavation (d'environ 3^m de profondeur) dans la

(1) WELSCH [7] *loc. cit.*, p. 38.

cour de la villa de M. Plaire, à Champagné. Ils étaient extrêmement riches en coquilles. L'état de l'excavation ne permettait pas de lever de coupe détaillée.

La roche est formée de sables, de petits graviers, de petits cailloux roulés et de coquilles; c'est un « crag » des plus typiques.

Les sables sont très fins et formés de petits grains de quartz (10 à 60 μ), de glauconie fréquente en petits grains non altérés (40 μ) et d'une très forte proportion de Foraminifères, appartenant principalement au groupe des Rotalidés. A l'examen microscopique, certaines plages révèlent jusqu'à un Foraminifère pour 3 ou quatre grains de quartz.

Les graviers et galets sont surtout constitués par du calcaire jurassique; beaucoup d'entre eux sont perforés par *Polydora ciliata*.

Les coquilles sont bien conservées, leur test est un peu blanchi et terni, mais peu décalcifié.

M. Welsch a donné une liste des espèces qu'il a trouvées dans le même banc à la Sablière du Cerisier de Champagné. Je compare cette liste (colonne 5) avec celle des fossiles que j'ai récoltés, à Champagné (colonne 6), dans le tableau faunique général des cordons littoraux du Marais Poitevin.

IV. *Le Vigneaud*. — Un petit affleurement au hameau du Vigneaud m'a permis d'observer des sables et graviers riches en fossiles, constituant un petit massif à peine bombé au-dessus du niveau général de la plaine.

Le sable est formé de grains de quartz mal roulés, très mal calibrés (50 à 400 μ de diamètre). La glauconie y est rare et petite.

De nombreux graviers et petits cailloux roulés, plats, calcaires, sont perforés par *Polydora ciliata* Johnston. J'ai recueilli un fragment de Belemnite, très roulé.

Je donne dans la colonne 7 du tableau des mollusques du Marais poitevin, la liste des fossiles que j'ai récoltés au Vigneaud.

V. *Le Bourdeau*. — Ce lieu dit se trouve à peu de distance de l'île de la Dune. A la surface du sol rien ne décèle la présence d'un cordon littoral.

Je n'y ai vu aucune excavation; mais j'ai pu récolter dans la berge sableuse d'un fossé les espèces indiquées dans la colonne 8 du tableau faunique.

VI. *St-Michel en l'Herm. Gisement au N. de l'île*. — Un cordon littoral est appuyé contre la pointe N. de l'île de St-Michel en l'Herm. J'ai pu l'étudier dans une petite gravière située à peu de distance du point où la voie ferrée de Luçon à l'Aiguillon quitte la route pour passer sur le flanc occidental de l'île de St-Michel en l'Herm. Le sol y est à peine plus élevé que le niveau général de la plaine.

J'ai pu y lever la coupe suivante :

4. Argile grise de polders humique.....	1 ^m 00
3. Sable coquillier avec galets et lit de coquilles brisées	0 ^m 30
2. Lit de sable argileux, imprégné de substances tourbeuses sans coquilles....	0 ^m 15
1. Sable coquillier avec nombreux lits de coquilles brisées visible sur.....	0 ^m 20

Je n'ai remarqué aucune différence dans la constitution des couches 1 et 3, qui sont des « crags » typiques, formés de sables et graviers, galets et coquilles.

Le sable est formé de grains de quartz peu roulés, atteignant 200 μ en moyenne, de grains de glauconie non altérée, de nombreux débris de coquilles, de Foraminifères et de quelques Radiolaires.

Il y a quelques galets de quartz et surtout des galets calcaires dont quelques uns perforés par des *Polydora ciliata*.

La liste des mollusques de ce gisement est transcrite dans la colonne 9 du tableau des faunes du marais poitevin.

VII. *St-Michel en l'Herm. Gisement au S. de l'île.* — A la pointe S. de l'île de Saint-Michel en l'Herm existe un cordon littoral élevé de 1^m environ au-dessus du niveau de la plaine; j'ai pu l'observer dans une petite gravière.

Les couches ont ici un aspect de fraîcheur bien plus considérable que dans les autres gisements :

La roche est un falun essentiellement formé de *Cardium edule* et de *Tellina balthica* entières, avec nombreuses coquilles brisées et relativement peu de sable; il n'y a pas de gravier. Ce sable est très fin, avec grains de quartz bien calibrés de 150 μ en moyenne, mais assez mal roulé. La glauconie est assez rare, en grains de 50 μ . On trouve quelques Foraminifères et quelques Radiolaires.

J'ai pu noter les détails suivants :

4. Sable un peu argileux (avec coquilles cassées, terre végétale).....	0 ^m 20
2. Falun sans lits de coquilles cassées	0 ^m 50
2. Falun avec quelques filets plus sableux et quelques lits de coquilles triturées.	0 ^m 50
1. Argile de polder, visible sur	0 ^m 50

Les coquilles sont inscrites dans la colonne 10 du tableau faunique.

Position stratigraphique des cordons littoraux du Marais poitevin. — La faune des cordons littoraux qui ont été étudiés est boréo-lusitanienne, mais son caractère lusitanien est plus accentué que son caractère boréal, de même que la faune actuelle du littoral poitevin.

Ainsi que M. Welsch l'a déjà signalé, toutes les espèces représentées dans les cordons littoraux anciens du Marais poitevin vivent encore de nos jours sur le littoral atlantique entre la Loire et la Garonne.

J'ai noté dans la colonne 11 le degré de fréquence actuel aux environs de la Rochelle et sur le littoral poitevin des espèces présentes dans les cordons littoraux étudiés, (1) lorsque le degré de fréquence ou de rareté est particulièrement net.

Il est aisé de constater que par la proportion de ses éléments, la faune des différents cordons littoraux étudiés diffère peu de la faune actuelle voisine.

La faible altitude de ces cordons littoraux dont le plus élevé atteint à peine 1 ou 2^m au-dessus des niveaux des plus hautes marées actuelles, l'état de conservation des coquilles, l'absence totale de manteau de produits de ruissellement ou de produits d'altération à leur surface sont autant de caractères qui, joints à ceux de la faune, permettent de les attribuer à l'étage Flandrien tel que j'ai plus haut défini cet étage. (2)

(1) D'après BELTREMIEUX. Faune Charente-Inférieure.

(2) Il en résulte que d'après la notation officielle de la Carte Géologique de la France actuellement admise, ces bancs doivent être désignés a² et non pas a¹.

J'ai été d'ailleurs frappé de l'extrême ressemblance de ces cordons littoraux avec les couches à Tapes du Danemark.

Ces bancs tous situés à une altitude à peine plus élevée que celle de l'argile des polders du marais se sont formés vers la fin de la période transgressive flandrienne.

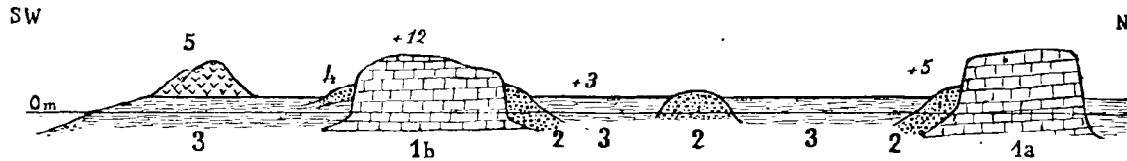


FIG. 33. — Coupe schématique du Marais poitevin montrant les relations stratigraphiques des différents cordons littoraux

LÉGENDE, — 1a, Ile; — 1b, Ile de St-Michel-en-l'Herm; — 2, cordons littoraux (Flandrien moyen); — 3, argile des polders ou bri (Fl. moyen et sup.); — 4, cordon littoral de St-Michel-en-l'Herm S (Fl. sup.); — 5, dunes.

On peut d'ailleurs y reconnaître deux types différents :

I. *Type général (Champagné — Ile Delle — St-Michel, Nord).* — La plupart des cordons littoraux étudiés par M. Welsch et par moi-même supportent les couches les plus élevées au moins, d'argile à *Scrobicularia*; aucun d'entre eux ne se montre installé sur l'argile des polders.

Dans les divers gisements que j'ai visités, *Tellina balthica*, forme boréale, fréquente sur le littoral actuel du Poitou, est rare ou absente. Elle est absente également dans la plupart des gisements décrits par M. Welsch.

J'attribue en conséquence ces différents cordons littoraux au Flandrien moyen (Assise de Calais).

II. *Type de St-Michel en l'Herm. Sud.* — Le cordon littoral situé au S. de St-Michel en l'Herm se trouve plus près de la mer que les cordons littoraux précédents. Les coquilles qu'il renferme sont moins décalcifiées et moins décolorées que dans les gisements précédents. De plus, il est installé sur de l'argile poldérienne. Enfin, *Tellina balthica* y est fréquente comme sur le littoral actuel.

J'attribue ce cordon littoral au Flandrien supérieur (assise de Dunkerque).

Les cordons littoraux du premier type répondent donc à celui des cordons littoraux des Pierrettes et de Bel-Air. Celui de St-Michel-Sud est au contraire à rapprocher de celui de St-Benoît-Cherrueix.

§ 10. — CONCLUSIONS.

Sur la côte atlantique de la région armoricaine et dans les rivières qui y aboutissent, on observe un ensemble de faits démontrant qu'à la fin de l'époque quaternaire, après une régression marine importante, s'est effectuée d'une façon presque continue une transgression non moins importante qui a duré jusqu'à l'époque historique, au cours du Moyen-Age.

Quelques phases d'arrêt ou de ralentissement de ce mouvement positif peuvent être observées : elles sont marquées par des établissements humains ou des formations tourbeuses.

Cette transgression est identique à celle qui s'est opérée dans le même temps sur les côtes françaises de la Manche, en Bretagne, en Normandie, en Picardie et sur les côtes flamandes. C'est la transgression flandrienne qui peut ainsi se suivre de l'Atlantique à la Mer du Nord.

CHAPITRE XV

La transgression flandrienne sur les côtes anglaises et la submersion du Pas-de-Calais

§ 1. — LES TRACES DE LA TRANSGRESSION FLANDRIENNE AUTOUR DES ÎLES BRITANNIQUES.

L'étude des anciennes lignes de rivage des Îles Britanniques a été faite par de nombreux savants anglais.

Je rappellerai qu'on doit classer les *raised beaches* en deux groupes distincts : 1° celles de la partie S. de l'Angleterre qui constituent les reliquats de plusieurs lignes de rivage successives, restées parallèles ou sensiblement parallèles au littoral actuel et qui, en conséquence, paraissent pouvoir se classer sans grande difficulté, ainsi que M. Depéret l'a déjà fait, d'après leur altitude dans les divers étages établis par ce géologue ; 2° celles du N. des Îles Britanniques (de l'Ecosse en particulier), qui paraissent avoir été plus ou moins surélevées ou déformées ultérieurement à leur formation, de même que les lignes de rivage scandinaves.

Mais tandis que plusieurs de ces dernières, parfaitement conservées au point de vue paléontologique, peuvent en conséquence servir de formation type à certains de nos dépôts littoraux flamands, la plupart des *raised beaches* d'Ecosse sont encore de position stratigraphique assez incertaine, malgré les essais qui ont été tentés en vue de les classer exactement.

Je me contenterai dans le présent chapitre de rappeler quelques-unes des preuves les plus typiques de la transgression flandrienne dans la partie méridionale des Îles Britanniques. (1)

Dans le N. E. de l'Irlande, au cours de travaux effectués à Belfast, on a pu observer un banc de tourbe intercalé entre des formations glaciaires à la base et de l'argile à Scrobiculaires au sommet. La tourbe gît à 8^m50 sous le niveau des hautes mers.

A Liverpool, les travaux des docks ont mis en évidence l'existence assez générale de niveaux de tourbes ou de sols de forêt à *Cervus elaphus*, *Bos longifrons* et *Bos primigenius*,

(1) Exemples empruntés principalement à : WOODWARD Geol. of England and Wales, 1876, p. 326 et suiv. ; — JUKES BROWNE [1]. Building of the British Isles, 1883, p. 291 et suiv. ; — GEIKIE JAMES. Great Ice age, 3^e éd., 1894, p. 405 et suiv. ; — GEIKIE Archibald. Annivers. Address, *Geol. Soc. London*, vol. 68, 1904, p. XCVIII-CII ; — STAMP. Introduction to Stratigraphy, 1923 ; — LYELL. Antiquity of Man, Trad. Chaper, p. 133 ; — R.L.D. [3]. Submerged Forests.

séparés et recouverts par des argiles marines à *Scrobicularia piperata* en position de vie. D'une façon générale, on a pu observer une submersion de 30^m d'amplitude qui s'est manifestée dans les environs de Liverpool depuis la fin de l'époque glaciaire. (1)

Cette coupe se retrouve dans le Cheshire et le Lancashire avec de légères modifications.

Sur la côte du pays de Galles en Clamorgan, on a observé quatre couches de tourbes recouvertes par des dépôts d'estuaire. Chacune présente un sol de forêt; la plus élevée a fourni du néolithique. La plus profonde est à 17^m sous le niveau des hautes mers.

Une coupe voisine de celle de Liverpool s'observe en Cornouailles. A Southampton, lors de l'agrandissement du port on a trouvé, à l'altitude — 13 une couche épaisse de 3^m contenant, avec de nombreux végétaux, *Bos primigenius* et *Rangifer tarandus*, ainsi que divers instruments qui paraissent dater de l'extrême début du néolithique ou de la fin du paléolithique.

Dans le Kent (région de Dungeness), on connaît des épisodes d'inondation marine datant de 1287 comparables aux épisodes tardifs connus en Flandre. (2)

Les recherches de M. Hazzledine Warren (3) sur les côtes d'Essex lui ont permis de mettre en évidence une succession de couches marines et tourbeuses alternantes. Un banc d'argile à Scrobiculaires, immédiatement préromaine, recouvre la série. Un important niveau industriel de la fin des temps néolithiques se montre en différents points de la côte. M. S. H. Warren appelle ce niveau « Lyonesse surface ». (4)

Dans le Fenland, la coupe générale des formations est la suivante :

5. Dépôts marins et tourbeux.
4. Tourbe et sol de forêt.
3. Alluvions marines.
2. Tourbe et sol de forêt.
1. Couche à plantes arctiques (*Betula nana*).

Lors des travaux des docks de Hull, on a mis en évidence une forêt submergée à 13-16^m sous le niveau de la haute mer.

A Grimsby, on connaît une forêt submergée à 10^m sous le niveau des hautes mers.

Dans les rivières telles que la Mersey et la Tamise (5) on a de même observé, en général, deux bancs principaux de tourbes séparés par des couches marines. A Londres (Charing Cross), le fond des alluvions est à 24^m50 sous le niveau actuel du fleuve. A Shoeburyness, un sondage a traversé les alluvions d'un ancien méandre de la Tamise, comblé par 22^m de ces alluvions. (6)

(1) WEBB, SMITH, SIMMONS and WRAY. Geology of Liverpool, 1923, p. 110-112.

(2) HASTED in GULLIVER. Dungeness Foreland, p. 10.

(3) S. H. WARREN [1]. Classif. of Prehistoric remains of Eastern Essex, *Anthrop. Inst. of Gr. Br.*, XLII, 1912, p. 102-106; — [2]. Dating of surface flint implements. *Proceedings of the Prehistoric Soc. of East Anglia*, vol. III, 1919, p. 94-104.

(4) De la légende du pays submergé nommé Land of Lyonesse.

(5) REID [3]. Submerged Forests, 1913. p. 52; — DEWEY H. et BROMHEAD. C. E. N. Geology of South London, 1921, p. 65-67.

(6) LYELL. Antiquity of Man. p. 133.

En résumé, on peut mettre en évidence sur les côtes méridionales de l'Angleterre de nombreuses preuves de la transgression flandrienne qui s'est manifestée, comme sur nos côtes occidentales et septentrionales de France, jusqu'au cours des temps historiques.

§ 2. — SUBMERSION DU PAS-DE-CALAIS.

Je terminerai la révision des faits relatifs aux oscillations marines flandriennes dans la région N. W. de la France et en Angleterre, en rappelant ceux qui concernent l'inondation du Pas-de-Calais.

Je serai très bref sur cette question qui a déjà fait l'objet de nombreux travaux. (1)

1° On ne possède aucun document précis sur les relations de la Manche et de la Mer du Nord aux temps quaternaires prémonastiriens.

La présence d'une faune chaude à caractères méditerranéens et attribuable au Tyrrhénien à Ghyvelde ainsi que près de Yarmouth en Norfolk, (2) n'indique pas forcément que cette faune chaude a immigré dans la Mer du Nord par un chenal correspondant au Pas-de-Calais. La migration a pu se faire en contournant les Iles Britanniques à l'époque du maximum d'élévation de température générale tyrrhénocénien.

2° Au Monastirien lors de la phase correspondant à la ligne de rivage + 11 à + 15, la dépression du Pas-de-Calais fut certainement inondée et transformée en bras de mer. M. Briquet a indiqué déjà qu'à l'époque de la mer de Menhecourt et de Sangatte, la configuration du littoral du détroit était dans l'ensemble, assez voisine de la configuration actuelle.

Dans le cours du présent mémoire, j'ai fourni quelques preuves nouvelles en faveur de cette manière de voir : j'ai confirmé la présence de galets exotiques d'origine armoricaine dans les formations marines de Sangatte d'une part et fait connaître d'autre part la présence des mêmes galets exotiques dans le Monastirien fluvio-marin de Wissant, ainsi que dans le Monastirien marin des Attaques.

J'ai montré en outre que sur la côte calaisienne, les courants littoraux, aux temps monastiriens, étaient identiques aux courants de la fin du Flandrien moyen.

3° Après la régression préflandrienne, le détroit fut exondé totalement ou tout au plus occupé par un cours d'eau ou un bras de mer très étroit tels certains « sund » danois.

C'est à cette époque que la faune froide arctique à caractère sibérien a pu envahir les Iles Britanniques, soit directement, soit à la faveur des glaces bloquant l'étroit chenal qui occupait l'isthme du Pas-de-Calais. Le Mammouth (race sibérienne) le Renne et les Rongeurs

(1) Cf. principalement: BARROIS. [1] Traces époque glaciaire, *A. S. G. N.*, t. IV, 1877, p. 186-204; — [4], Format. quat. et actuelles Boulonnais, *B. S. G. F.*, 3^e s., t. VIII, 1880, p. 332-337; — [5]. Plages soulevées côte occidentale du Finistère, *A. S. G. N.*, t. IX, 1882, p. 239-268; — [13]. Extension himon quat. en Bretagne, *A. S. G. N.*, t. XXVI, 1897, p. 33-34; — BAUQUE [16]. Sur l'origine du Pas-de-Calais, *A. S. G. N.*, XLVI, 1921, p. 144-157; — DOUXAMI [2]. Origine et formation du Pas-de-Calais. 1908; — GODWIN-AUSTEN [1]. Valley of the English Channel *Q. J. G. S.*, vol. VI, 1850, p. 63-97, 1 carte; — GOSSELET [15] De l'ouverture du Pas-de-Calais *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1891, p. 289-297; — HALLEZ [6]. Fonds du Déroit du Pas-de-Calais, *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1899; — JUKES BROWNE [1] Building of British Isles, 1888 p. 291-303; — PONTIER [7]. *C. R.*, t. 177, 1923, p. 830; — SAUVAGE [2]. Le mammouth partie S. de la Mer du Nord, *B. S. Ac. Boulogne*, 1899.

(2) DEPÉRET [1]. Coordination générale, *C. R.*, t. 171, 1920 p. 212, Extr., p. 4.

aretiques ont ainsi circulé librement au S. de la limite d'extension des glaciers würmiens et ont conquis ensuite les territoires abandonnés par les glaces en retrait.

D'ailleurs, les différents types suivants : *E. primigenius* race *sibiricus*, *Rh. tichorhinus*, *Equus caballus*, *Rangifer tarandus*, *Cervus elaphus*, *Cervus giganteus*, *Bos urus*, *Bos bison*, *Hyaena crocuta* var. *spelaea*, *Ursus arctos*, *Canis lupus*, *Castor europeus* ont été dragués soit dans le Détroit, soit en Mer du Nord, (Burying Ground) le long des côtes anglaises et surtout sur le Dogger-Bank. Ce dernier, situé entre l'Angleterre et la Scandinavie à 100 km. des côtes anglaises, s'élève jusqu'à des profondeurs marines de 18^m seulement. On ramène de ses bords de la tourbe jusqu'à des profondeurs de 40^m. Il est séparé des côtes anglaises par des profondeurs atteignant 70^m. Au moment du maximum de régression pré-flandrienne, il formait vraisemblablement une île peu éloignée du continent et fréquemment unie avec lui par des massifs de glaces.

4° Lorsque la transgression flandrienne a débuté, elle s'est surtout manifestée sur nos côtes dans la région d'Ostende, par le dépôt de sables marins ; ailleurs (Coquelles et différents sondages de Picardie) on observe surtout des formations d'estuaire : les côtes de la partie méridionale de la Mer du Nord et de la Manche n'ont pas dû être sensiblement modifiées.

Il en a été de même de la configuration du Dogger-Bank dont les dépôts tourbeux correspondent ainsi en partie au Monastirien régressif, en partie au Flandrien inférieur (qui correspondent eux-mêmes respectivement au glaciaire würmien et au glaciaire postérieur ou « senglacial » des géologues danois, ainsi que je le montrerai dans le dernier chapitre du présent mémoire).

C'est à la fin de cette phase que la température s'est adoucie progressivement ; le Mammouth sibérien et d'une façon générale les espèces de la faune sibérienne ont disparu de l'Europe occidentale.

Peu après, a commencé le peuplement des territoires de la péninsule scandinave abandonnés par les glaces. (1)

5° Lors de la phase accessoire stationnaire ou légèrement négative qui a marqué le dépôt des tourbes profondes de Coquelles et de Picardie, des limons d'Ostende, (et qui correspond à la période à *Ancylus* de la région balte), les contours anglo-français n'ont dû être encore que peu modifiés.

6° La submersion définitive du Pas-de-Calais est une conséquence de la phase principale de la transgression flandrienne (Flandrien moyen). C'est alors que la mer du Nord a été complètement envahie par la mer, y compris le Dogger-Bank, ainsi que les détroits danois. On verra plus loin qu'elle correspond à la grande submersion de la période à Littorines de la région balte (*Litorinasænkning*). Elle fut progressive et lente ; la mer envahit les régions basses des vallées et les dépressions préalablement existantes. (2)

(1) STEJNEGER. Orig. of atlantic animals W. Norway.

(2) Il est donc préférable de ne pas désigner la séparation de la Grande Bretagne d'avec le continent par les expressions « rupture de l'isthme du Pas-de-Calais » ni même « ouverture du Pas-de-Calais » expressions qui impliquent l'idée d'un phénomène violent et rapide ; seuls les termes « inondation » ou « submersion du Pas-de-Calais » conviennent pour désigner ce phénomène.

§ 3. — ORIGINE DES GALETS EXOTIQUES DES DIVERSES FORMATIONS LITTORALES DE FLANDRE ET DE PICARDIE.

Dans le présent travail, j'ai attiré à diverses reprises l'attention sur les *galets exotiques* des différentes formations littorales étudiées, en Flandre et en Picardie et rappelé, après M. Barrois, leur origine très vraisemblablement armoricaine.

Il résulte des différentes observations précédemment faites que :

1° En Picardie et en Flandre les galets exotiques d'origine armoricaine existent, mais à l'état de rareté, dans les formations littorales *monastiriennes*. En outre, ils s'y présentent dans un état d'altération très prononcé.

2° Dans les mêmes régions, les galets exotiques d'origine armoricaine sont au contraire extrêmement fréquents dans les dépôts littoraux *flandriens*. Ils s'y présentent généralement en beaux échantillons non altérés ou très peu altérés.

3° Dans les cordons littoraux actuels, les mêmes roches sont également assez fréquentes, mais mélangées à de nombreuses roches d'origine variée. Leur fréquence relative est d'ailleurs moins élevée que celle des galets de produits issus de l'industrie humaine (brique, poterie, verre, scorie). De toute évidence, une partie au moins de ces galets ont une origine artificielle; ils ont été amenés sur le littoral soit à titre de lest de bateaux, soit à titre de matériaux de constructions (digues, jetées). Il ne peut en être de même pour les galets contenus dans les cordons littoraux *flandriens* ou *monastiriens*. On a pu prétendre il est vrai que les galets du Flandrien avaient été apportés sur les grèves par des navigateurs de civilisation néolithimétallique à titre de lest de bateau. Mais la répartition très régulière des galets, leur origine armoricaine constante, l'absence de produits de l'industrie humaine dans les cordons littoraux où ces galets sont abondants (et en place), (1) ne permettent pas de soutenir cette opinion. Il en est de même, à fortiori, pour les galets rencontrés dans les couches *monastiriennes*.

Done, les dépôts marins *monastiriens* et *flandriens* contiennent des galets exotiques; ceux-ci sont particulièrement fréquents et bien conservés dans les cordons littoraux *flandriens* lesquels sont nettement *post-glaciaires*. Ils sont au contraire rares et en mauvais état de conservation dans les couches *monastiriennes* (soit en Flandre, soit en Picardie) qui, ainsi que je l'indiquerai plus loin, sont *interglaciaires*.

L'hypothèse du transport de ces galets par les glaces flottantes à l'époque glaciaire a été proposée par M. Barrois (2) dès 1877 à propos de l'étude de la plage suspendue de Kerguillé (Finistère). Rappelant que des galets exotiques armoricains avaient été signalés sur la côte de Sussex, (3) il a montré que les courants marins ou fluviaux étaient capables de provoquer la dissémination des roches granitiques aux différents points considérés.

(1) Il n'est pas question ici des galets exotiques des dunes de Camiers, mélangés à de la poterie ancienne et qui se trouvent non en place dans les dunes au pied du cordon littoral *flandrien* de Bel-Air. Dans celui-ci les galets exotiques ne sont pas mélangés à de la poterie. Les petits cailloux exotiques des dunes de Ghyvelde mélangés à des débris de cuisine ont peut être également été apportés par main d'homme après avoir été enlevés à un gisement naturel d'ailleurs non connu.

(2) BARROIS [1]. Traces de l'époque glaciaire, 1877, p. 190 et suivantes.

(3) GODWIN AUSTEN [2]. Newer tertiary deposits of the Sussex coast, p. 58.

Cette hypothèse a été généralement adoptée et a été invoquée par divers géologues pour expliquer l'origine des galets exotiques d'Étaples, du littoral d'Ault, (1) ceux de St-Pierre-lez-Calais ainsi que ceux de Menchecourt et de Sangatte. Elle a même conduit parfois à faire attribuer les différentes formations envisagées, sans distinction, à l'époque glaciaire ou au quaternaire « pleistocène ».

Les observations précédemment émises relatives à la répartition des galets exotiques dans les cordons littoraux de Picardie et de Flandre m'engagent à revenir à nouveau sur le problème de leur origine.

Il y a lieu d'abord d'envisager les possibilités de transport par les courants marins dans la Manche, et la Mer du Nord.

Les études des ingénieurs hydrographes et des océanographes français, anglais et belges ont mis en évidence une tendance au déplacement de l'W. vers l'E. des matériaux littoraux.

On conçoit dès lors que des galets de silex, de grès diestien ou de craie soient entraînés peu à peu du Blanc-Nez jusqu'à Calais ou aient pu être entraînés jusqu'aux Attaques, le long du littoral monastirien; on peut admettre aussi qu'un petit fossile portlandien de provenance boulonnaise puisse être entraîné le long du cordon littoral jusqu'à Dunkerque. (2).

Les recherches de M. Van Mierlo (3) ont fourni d'importantes précisions sur ce cheminement de l'W. vers l'E. Dans le S. de la mer du Nord, les matériaux entraînés par les courants marins circulent alternativement de l'W. à l'E. et de l'E. à l'W. en dessinant de grandes courbes allongées, telles que le chemin parcouru consiste en définitive en un léger déplacement de l'W. vers l'E. C'est ainsi qu'en face de la côte flamande par exemple, un flotteur avance effectivement de 300 à 400 m. tout en ayant parcouru un chemin de 20.000 m. Un tel cheminement doit provoquer l'usure rapide des matériaux qui pourraient éventuellement être entraînés par les courants.

Mais les estimations de vitesse des courants et de cheminement effectif de l'W. vers l'E. faites en pleine mer et en surface donnent des résultats très élevés comparativement à ceux que l'on peut obtenir pour les courants de fond ou les courants de bord.

Ainsi pour le courant de bord, l'avance n'est souvent que de quelques mètres en moyenne par marée. J'ai procédé à des expériences à ce sujet sur la côte de Sangatte, en semant sur la plage soit des galets nettement reconnaissables, soit des billes métalliques. En juillet 1923, pendant une période de vent assez variable d'W. au N., quoique de faible intensité, j'ai pu constater pour divers de ces objets, un cheminement moyen de l'W. vers l'E. de 15^m seulement en une semaine. On ne peut évidemment donner ce chiffre comme valeur moyenne générale, et il serait illusoire d'essayer d'en déduire, par exemple, le temps nécessaire à un galet de granite du Cotentin pour cheminer jusqu'à Calais. La vitesse de cheminement des galets sur le cordon littoral dépend de trop de circonstances pour tenter

(1) BARDOU [1, 2]. Galets d'Ault, *A. S. G. N.*, t. XXXI, 1902, et XXXII, 1903; — GOSSELET [19]. Dunes de Camiers et galets glaciaires d'Étaples.

(2) BOULY de LESDAIN [3]. Limite septentrionale du *Crithneum maritimum* L.

(3) VAN MIERLO [5]. Carte lithologique de la Mer du Nord, *B. S. Belge Géol. Bruxelles*, 1899, p. 227-228.

ce calcul : (vents, hauteur des marées, densité et volume des galets....) On est seulement en droit d'assurer que ce temps serait très considérable; il est hors de doute que le galet granitique considéré serait réduit en sable bien avant qu'il ait atteint le but assigné.

M. Van Mierlo a d'ailleurs constaté que les matériaux de fond étaient très riches en galets dans la Manche et dans la Mer du Nord jusqu'au méridien de Dunkerque et Nieupoort; que au N. du méridien de Nieupoort il n'y avait plus que du sable sur les fonds côtiers, en l'absence de côtes rocheuses ou crayeuses susceptibles d'alimenter les fonds marins en galets.

On peut donc conclure que la puissance de transport des courants marins dans le Pas-de-Calais n'est pas négligeable, mais qu'elle est surtout locale. Elle ne peut provoquer le déplacement, depuis la Bretagne jusqu'à la Mer du Nord, de gros galets de roches schisteuses ou granitiques.

Revenons à l'hypothèse du transport par les glaces flottantes. La connaissance des fonds marins de la Manche et de la Mer du Nord apporte ici une importante documentation. (1)

Dans la Manche depuis le Varne, au N. jusqu'au Vergoyer au S., et de la côte française à l'E. jusqu'au Roc d'Angleterre à l'W., sur les fonds marins essentiellement constitués par du Jurassique supérieur (Portlandien), avec sable et vases, M. Haliez a dragué un peu partout, mais surtout sur les fonds de 15 à 20^m formés par le Muroquoi et l'Huitrière, (2) en bordure de la Bassure de Baas, des blocs *non roulés*, à *arêtes vives*, de roches d'origine normande ou bretonne (granites, diorites, porphyres). Ces blocs constituent deux traînées parallèles à la côte boulonnaise, sur 55 km. de longueur.

Dans la Mer du Nord, le long de la côte belge, des faits identiques ont été relevés au cours des campagnes du capitaine de vaisseau Petit, plus tard, au cours des recherches de M. Van Mierlo.

MM. Van Beneden et Renard (3) ont reconnu, dans les roches draguées, des silex, de la craie, des grès calcaireux albiens, des calcaires à *O. virgula*, des syénites du type de Coutances, des granites du type de Vire, de Cherbourg et des Iles Anglo-Normandes, des diorites armoricaines, des roches porphyriques analogues à certains porphyres de Jersey.

Tous les blocs trouvés sont angulaires non roulés, enduits d'une croûte calcaire avec Bryozoaires, Serpules, Aleyonnaires, ce qui tend à prouver qu'ils ne sont plus l'objet d'un transport quelconque. Aucune roche exotique d'origine scandinave n'a été signalée dans la Manche ni au large d'Ostende.

(1) LAPPARENT, POMIER et DUCHANOY. Explorations 1875 et 1876; — HUNT. Submarine Geol. *Trans. Devon Ass.* (1880-1889); — RENARD. Roches draguées large d'Ostende. 1886; — GOSSELET [5] *id.*; — HALIEZ [2] 3, 4, 5]. Dragages P.-de-C., *Rev. Biol. N. Fr.* 1888-1892; — [6]. Fonds détroit P.-de-C. *A. S. G. N.*, 1899 cf. principalement, carte p. II et coupe p. 17); — RENAUD Sondages P.-de-C., 1891; — PRIVOT [2]. Fonds Manche Occidentale, 1898; — VAN MIERLO [3, 4, 5]. Carte Mer du Nord, 1897-1899; — WORTH Dredgings English Channel. *J. of Marine Biol. Ass.*, 1907; — CRAWSHAY. Rocks remains, *ibid.*, 1907; — LEMOINE. Géol. Fond des Mers. '912; — DANGEARD. Notes géol. sous-marines, 1923.

(2) HALIEZ [2]. *loc. cit.* carte pl. I; — [6]. *A. S. G. N.* carte p. II.

(3) RENARD Roches draguées au large d'Ostende, *Bull. Ac. Roy. Belg.*, 1886; — GOSSELET [5]. *A. S. G. N.* t. XIII, 1886, p. 309-311; — VAN MIERLO [4]. Carte lithol. Mer du Nord, 1899, *B. S. Belg. G. Br., P. V. des Séances*, p. 157-158.

Il y a lieu de signaler en outre que c'est parmi ces blocs, ou dans un mode de gisement très analogue, que l'on a dragué, dans le Pas-de-Calais et la Mer du Nord, des restes de Mammouth (1) de la forme froide. *E. primigenius sibiricus*, (2) *Rh. tichorhinus*, *R. tarandus* et d'autres types de faune froide glaciaire déjà signalés plus haut. A la lumière de ces observations, il est aisé de reconstituer la série d'évènements qui ont amené des galets exotiques en si grande abondance à Etaples ou à Calais dans le Flandrien.

I. *Les galets exotiques du Flandrien.* — J'envisagerai d'abord les galets des cordons littoraux du Flandrien moyen (cordons littoraux des Pierrettes et de Bel-Air).

Des glaçons chargés de blocs armoricains et détachés du rivage N. de l'Armorique flottaient dans la Manche au cours de la dernière période glaciaire würmienne et surtout lors de la période de retrait des glaces würmiennes (senglacial des géologues scandinaves), période qui fut particulièrement froide ainsi que l'ont démontré de nombreuses observations effectuées dans le N. W. de l'Europe.

Cette phase de retrait a coïncidé avec le début de la transgression flandrienne, ainsi que je le montrerai plus loin. La Manche qui avait été exondée en tout ou en partie lors du maximum de la régression préflandrienne affectait alors l'aspect d'un bras de mer étroit et peu profond. Les vents d'W. ou du S. W. poussaient ces glaçons, avec l'aide du courant de flot, vers le N., le N. E. et l'E., c'est-à-dire vers le fond de la Manche et vers la Mer du Nord et principalement contre la côte boulonnaise ou flamande. Ces glaçons, en fondant au cours de l'été, abandonnaient sur place leurs blocailles non roulées qu'ils tenaient emprisonnées.

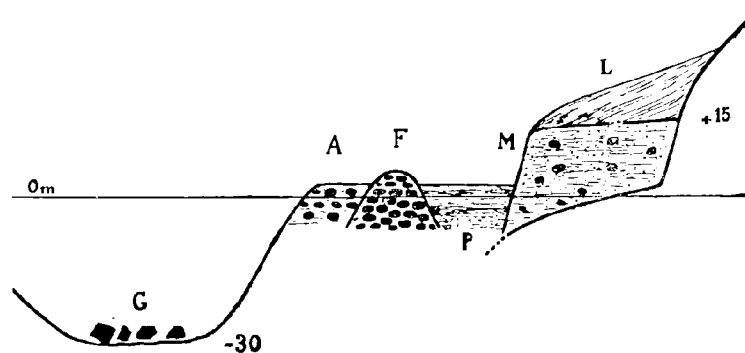


FIG. 36. — Schéma de la répartition des roches exotiques dans les différentes formations quaternaires et actuelles du littoral du Nord de la France

LÉGENDE. — M, Monastirien, avec galets exotiques rares et altérés ; — L, limons ; — G, blocs exotiques du fond de la Manche ; — F, flandrien, avec galets exotiques abondants ; — P, dépôts de la plaine maritime ; — A, cordon littoral actuel.

Au cours de la période suivante, lors de l'accentuation de la transgression flandrienne (Flandrien moyen), une partie des blocs a été mise en mouvement par la vague et les

(1) SAUVAGE [2]. Mammouth partie S. de la Mer du Nord, 1899.

(2) PONTIER [7]. Eléph. foss. d'Angleterre, C. R., t. 177, 1923, p. 830.

courants marins; c'est alors que ces blocs ont été transformés en galets, et jetés sur les cordons littoraux en formation, au fur et à mesure de l'élévation du niveau marin. (1)

Actuellement, le fond de la Manche et de la Mer du Nord cessant d'être alimenté en blocs exotiques nouveaux, le jet des galets exotiques sur les cordons littoraux de Picardie et de Flandre a diminué ou cessé.

Ainsi me paraît expliquée l'abondance des roches exotiques d'origine armoricaine en galets roulés dans les cordons littoraux *postglaciaires* à faune tempérée. (2)

Il est donc préférable de ne pas qualifier ces galets de « galets glaciaires » puisque leur dépôt sur les cordons littoraux n'est pas consécutif à la glaciation würmienne, mais au *remaniement secondaire* de blocs charriés par les glaçons lors des froids würmiens et principalement postwürmiens.

II. *Les galets exotiques du Monastirien*. — Je rappelle qu'ils sont rares et souvent dans un état d'altération très prononcé.

On peut reproduire ici l'explication précédemment donnée pour les galets exotiques flamandais, en transposant dans des temps plus anciens la même série d'évènements. Les blocs ont été transportés par les glaces lors de la glaciation rissienne, ou immédiatement après; les galets y ont été empruntés secondairement. Leur état d'altération est dû à la grande ancienneté de leur gisement dans des sables généralement décalcifiés.

Reste à expliquer leur rareté: on se souvient que jusqu'à présent, on n'a signalé de galets exotiques *monastiriens* sur nos côtes picardes et flamandes qu'à Menchecourt (deux galets d'après Prestwich) à Wissant (Petit-Phare), à Sangatte (quelques galets au total), aux Attaques (un galet). Ils semblent être plus fréquents dans certains dépôts de plages suspendues anglaises assimilables au Monastirien. (3) Cette rareté peut être due en partie à l'altération des couches monastiriennes (au même titre que la rareté des fossiles). Cette raison, qui n'est pas sans valeur, me paraît toutefois insuffisante: ainsi, à Colline-Beaumont, le cordon littoral m'a livré des fossiles et aucun galet exotique. Peut-être les conditions géographiques favorables à la divagation des glaçons dans le Pas-de-Calais et à leur échouage près des côtes picardes et flamandes n'étaient-elles pas pleinement réalisées au moment du début de la transgression marine monastirienne.

Il me paraît plus vraisemblable d'admettre que les glaces flottantes ont été plus rares aux temps rissiens et postrissiens qu'aux temps würmiens et postwürmiens, le refroidissement général du N. W. de l'Europe ayant été moins considérable à la suite de la glaciation rissienne qu'à la suite de la glaciation würmienne.

1) On sait en effet que les roches sous-marines peuvent être amenées à la côte par le flot, même celles provenant d'un gisement sous-marin relativement profond et situé assez au large par le travers du rivage considéré. C'est ainsi qu'on s'est d'abord rendu compte de l'existence d'un grand nombre de roches sous-marines que les sondages et les dragages ont mise ultérieurement en évidence. Cf. LEBESCONTE [1]. De l'apport par la mer sur les plages bretonnes de roches et fossiles du calcaire grossier et du crétacé, *A. S. G. F.*, 1881-1882; — PRUVOT G. [2]. Fonds et faune de la Manche Occidentale, 1898.

(2) Dans un dépôt littoral, d'âge glaciaire, on aurait surtout chance d'observer de gros blocs plus ou moins exotiques non roulés, plutôt que des galets roulés.

(3) PRESTWICH [6]. The Raised beaches and Head or rubble drift, *Q. J. G. S.*, vol. XLVIII, 1892, p. 269-272.

CHAPITRE XVI.

La position stratigraphique des limons

§ 1. — PRINCIPALES CLASSIFICATIONS DES LIMONS.

Dans le Nord de la France, les formations marines quaternaires, qui ont été étudiées précédemment, ainsi que les diverses nappes d'alluvions, ne couvrent que des aires très restreintes. Elles sont d'ailleurs souvent cachées par du limon que l'on trouve sur les plateaux, les pentes et les terrasses.

C'est généralement une roche meuble formée de quartz, d'argile et de limonite, parfois calcaire, parfois totalement dépourvue de carbonate de chaux, dont l'aspect et la composition varient considérablement suivant la nature de son soubassement géologique.

Bien souvent, en effet, le limon n'est en réalité que le résultat de la désintégration sur place, sans aucun remaniement ni apport exotique, de la roche sous-jacente. C'est le cas de beaucoup de *limons des plateaux*. Dans ce cas, il est tout à fait illusoire de fixer un âge géologique précis à la formation limoneuse, qui a commencé depuis l'époque où la roche a affleuré au sol et qui s'est continuée jusqu'à nos jours.

Certains limons offrent pourtant une position stratigraphique déterminée, et il y a lieu de les classer dans la série quaternaire. C'est ce que je tenterai de faire dans le présent chapitre, en utilisant surtout les résultats déjà acquis par Ladrière et Commont dans le Nord de la France, par M. Barrois en Bretagne, et en y ajoutant quelques notes personnelles; j'aurai aussi à mentionner les recherches stratigraphiques de MM. Rutot et Briquet.

C'est à Ladrière qu'on doit une première tentative de classification des limons, et cette classification généralisée à l'ensemble du quaternaire s'est imposée pendant longtemps à l'attention des stratigraphes.

CLASSIFICATION DE LADRIÈRE.

Ladrière avait observé aux environs de Bavai et dans le Cambrésis, quelques coupes nettes de limons; il sut y mettre en évidence les caractères de deux séries de limons distinctes, chacune d'elles possédant une zone d'altération superficielle. Avec une grande patience, il suivit ces divisions de proche en proche et les retrouva en de nombreux points de Picardie et de la région parisienne.

D'autre part, il avait reconnu que ces limons reposaient quelquefois sur des couches de « diluvium » avec sables et glaises.

Il eut alors pouvoir généraliser à toute la région du Nord, de la Belgique à la région parisienne, une classification du quaternaire en trois assises, que je rappelle ci-dessous:

Assise supérieure	}	Limon supérieur brun rougeâtre.
		Limon fin, jaune d'ocre (ergeron), contenant parfois des Succinées.
		Gravier supérieur, ordinairement simple lit de très petits éclats de silex, galets tertiaires et parfois instruments moustériens.
Assise moyenne	}	Limon gris-cendré ou blanchâtre, avec manganèse ou avec Succinées et débris végétaux.
		Limon fendillé, nettement divisé en petits fragments schistoïdes colorés par de l'ocre brun rougeâtre.
		Limon doux, jaunâtre, avec points noirs « charbonneux » (1)
		Limon panaché, argileux, grisâtre avec veines jaunes, très sableux à la base contenant souvent de nombreuses concrétions ferrugineuses filiformes.
Assise inférieure	}	Gravier moyen formé de galets tertiaires, de silex éclatés et usés et d'autres assez volumineux, peu roulés. On y voit, à l'état remanié, des débris d' <i>Elephas primigenius</i> , d' <i>Hyæna spelæa</i> , etc...
		Limon noirâtre tourbeux, ou tourbe, avec Succinées.
		Glaie gris-verdâtre ou bleue, argileuse ou sablo-argileuse, contenant quelques rares concrétions ferrugineuses, des débris végétaux, quelques éclats de silex, et parfois des Succinées.
		Sable grossier, argileux, verdâtre, renfermant quelques éclats de silex.
		Diluvium ou gravier inférieur forme de sable grossier et de blocs assez volumineux de roches provenant des bassins hydrographiques des cours d'eau, et de galets de même nature.
		On y trouve: <i>Elephas primigenius</i> , <i>Rhinoceros tichorhinus</i> , <i>Equus</i> , etc..., et parfois des instruments chelléens.

Cette classification est basée sur les caractères lithologiques des limons. La paléontologie n'y intervient que rarement, à titre auxiliaire, et cela, sans doute, en raison de la pénurie des documents paléontologiques récoltés. Enfin, si l'altitude des points d'observation est parfois notée, il est rare que la hauteur relative des dépôts par rapport au thalweg des vallées ait attiré l'attention de ce chercheur

Bien que de Mercey ait fait observer à Ladrière, dès 1882, qu'il n'y avait pas « un seul gravier de fond, une seule alluvion de rive » mais « plusieurs nappes étagées sur les flancs des vallées et en rapport avec leur creusement (2) » ; bien que l'auteur de la classification des limons lui-même ait signalé, à la fin de son mémoire de 1891, que l'« assise inférieure » caractérisée par *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus*, renferme quelquefois, en outre, « dans la vallée de la Seine » *E. antiquus* et *Rh. Mercki*, « ce qui indiquerait une subdivision possible de ce dépôt », Ladrière ne reconnut pas l'hétérogénéité de son assise inférieure qui correspond à toutes les nappes alluviales des différentes terrasses des vallées.

Souvent il a distingué les cailloutis des plateaux et des hautes terrasses à titre de

(1) En réalité manganèse.

(2) De MERCEY [9]. Nouvelles observations, *A. S. G. N.*, 1882, p. 146.

formations « pliocènes » ; mais il a constamment confondu les alluvions des deux moyennes terrasses, celles de la basse terrasse et celles du fond des vallées. En résumé le quaternaire inférieur de Ladrière correspond aux étages : *Sicilien* (rarement), *Milazzien*, *Tyrrhénien*, *Monastirien*, *Flandrien inférieur* sous leur facies fluvatile. Le quaternaire moyen et le quaternaire supérieur de Ladrière correspondent au manteau limoneux qui recouvre ces formations : je montrerai que ce manteau est tantôt *Tyrrhénien*, *Monastirien* ou *Flandrien*, surtout *Flandrien*.

Enfin, à la lecture des innombrables coupes publiées par Ladrière, il semble que, dans certains cas, les graviers de base de l'assise moyenne ou de l'assise supérieure sont en réalité des graviers d'une terrasse quelconque ou d'un fond de vallon et peuvent ainsi avoir un âge également quelconque.

Les formations quaternaires marines ont été négligées par Ladrière.

En somme la classification de Ladrière donne une image déformée du quaternaire : l'ensemble formé par les deux assises moyenne et supérieure et qui ne constitue en réalité qu'un manteau recouvrant tous les autres dépôts quaternaires, y prend une place disproportionnée à son importance stratigraphique réelle.

On en retiendra la subdivision de la masse de limons en deux séries distinctes : a) *l'assise moyenne* qui correspond aux limons qu'on peut appeler *anciens*, ou *inférieurs* ; b) *l'assise supérieure*, qui correspond aux limons *récents*, ou *supérieurs*.

CLASSIFICATION DE COMMONT ET DE M. RUTOT.

La classification de Ladrière a servi de point de départ aux recherches stratigraphiques ultérieures et a subi diverses tentatives de perfectionnement. Les modifications les plus importantes qui y ont été apportées sont dues à Commont et à M. Rutot.

Il résulte surtout des recherches de ces deux préhistoriens (1) que la série des limons supérieurs ou récents ne comprend pas seulement une assise de loess ou ergeron lehmifiée en surface sous forme de terre à brique, mais trois assises d'ergeron distinctes ; le lehm supérieur occupe la partie supérieure de la série et résulte de la lehmification de l'un de ces trois ergerons (celui qui se trouve en surface) ou de plusieurs de ces trois ergerons. Enfin le limon gris cendré à Succinées n'est qu'un facies de l'ergeron inférieur ou de la base de l'ergeron inférieur et doit en conséquence être classé parmi les limons supérieurs.

Le tableau ci-dessous résume ces données :

} <i>Limons récents ou supérieurs</i>	— (lehm d'altération de 1 ou plusieurs des ergerons = terre à briques)
	loess récent ou ergeron supérieur. (gravier)
	loess récent ou ergeron moyen. (gravier)
	loess récent ou ergeron inférieur — limon gris-cendré. (gravier)

(1) Je laisse ici de côté la discussion des termes *Hesbayen*, *Brabantien* et *Flandrien* à sens restreint à l'un des ergerons, qui sont maintenant abandonnés par M. Rutot et la plupart des géologues belges.

Limons anciens ou inférieurs } — (lehm = limon roux ou limon fendillé).
 } loess ancien = limon à points noirs.
 } limon panaché.

Il y a d'ailleurs lieu d'ajouter à ces limons les « limons de lavage » plus récents encore que les « limons récents », dont ils occupent quelquefois la place à la suite d'un remaniement ou qui recouvrent les alluvions tourbeuses des vallées ou de la plaine maritime flamande.

Commont et divers géologues à sa suite ont tenté de fixer la position de ces limons dans la série quaternaire. Mais comme ils ont attribué à l'archéologie une valeur prépondérante, les classifications proposées, bien que parfois très minutieusement mises au point, restent en fait assez imprécises.

§ 2. — LIMONS DE PICARDIE.

Il est assez facile de fixer la position stratigraphique de certains limons dans la vallée de la Somme, grâce à la connaissance des nappes fluviatiles que l'on possède depuis les recherches de Commont et de M. de Lamothe. Ces limons avaient été étudiés par Ladrière qui les a assimilés à ceux qu'il avait préalablement reconnus dans le Cambrésis. Commont a tenté de conserver les divisions admises par Ladrière.

Je discuterai cette interprétation en passant en revue les différents types de limons signalés dans la vallée de la Somme.

I. Série dite des limons anciens.

La série typique comprend d'après Commont :

3. — limon roux (assimilé au limon fendillé).
2. — loess à grandes poupees (assimilé au limon à points noirs).
1. — limon sableux (assimilé au limon panaché).

Limon sableux à faune chaude (assimilé au limon panaché). — Ladrière a assimilé à son limon panaché un sable roux argileux présentant à la partie supérieure des pénétrations de sable blanc en forme de cylindres irréguliers, et dont la base se présente soit en un cailloutis de silex, soit en un gravier fluviatile, ravinant les couches les plus anciennes, alternant parfois avec des lames d'éboulis crayeux ou presle. Ces graviers sont des produits de ruissellement torrentiel amenés par de petits affluents de la Somme. Ils renferment les éléments de faune chaude. Lorsque les lames d'éboulis ou de presle manquent, il est parfois difficile de séparer ces couches fluviatiles de la nappe d'alluvion de St-Acheul qui, elle aussi, contient la *faune chaude*.

Dans la masse du limon on trouve également la faune chaude à *E. antiquus* typique.

Il y a donc lieu d'attribuer ce limon avec son cailloutis ou son gravier fluviatile de base au Tyrrhénien (1).

Loess ancien à grosses poupees de moyenne terrasse (assimilé au limon à points noirs). —

(1) Je rappelle que c'est le niveau de l'industrie acheuléenne typique.

C'est un loëss typique à poupées grosses comme le poing (1), tacheté de manganèse, sableux vers la base, plus calcaire au sommet.

Ladrière assimile ce loëss à son limon à points noirs du Cambrésis. La faune est une faune tempérée peu caractéristique avec *Equus*, *Felis leo*, *Cervus elaphus*, *Lepus cuniculus*, *Elephas antiquus* (2).

Il recouvre la nappe alluviale de St-Acheul tyrrhénienne et semble s'être constitué lors de la phase négative tyrrhéo-monastirienne à une époque où la température commençait à baisser, puisque sa faune présente un caractère climatique intermédiaire entre celui de la faune chaude tyrrhénienne typique et celui de la faune froide monastirienne.

Limon rouge à faune froide (assimilé au limon fendillé). — Le limon rouge de la vallée de la Somme, qui a été assimilé au limon fendillé de Ladrière, est un produit de ruissellement totalement décalcifié et qui ravine les limons précédents s'étendant à la fois sur la moyenne terrasse (nappe de St-Acheul) et sur la basse terrasse (nappe de Montières). (3)

Il recouvre les sables *monastiriens* de Menchecourt.

Sur la nappe de St-Acheul il *ravine le loëss ancien* dont il est séparé par un lit sableux parfois caillouteux (4), riche en ustensiles, parfois cassés et à morceaux déplacés les uns, par rapport aux autres (5).

Commont a signalé que fréquemment les éléments caillouteux de ce limon ont été empruntés *directement* à l'argile à silex tertiaire.

Sur les plateaux, dans certains vallons, il recouvre parfois directement le sol crayeux ; dans ce cas, il n'est pas toujours entièrement lehmifié et l'on peut observer le limon calcaire dont il dérive. Ce n'est pas un loëss typique à poupées ; c'est un limon jaune à granules crayeux plus ou moins identique aux couches limoneuses inférieures de Sangatte ou un limon panaché.

Sa faune est une faune froide avec *E. primigenius*, *Rh. tichorhinus* (6).

Il est donc impossible d'y voir le lehm d'altération du loëss à grandes poupées ; c'est un limon de ruissellement ayant balayé le lehm d'altération du loëss ancien (7).

Jusqu'à présent ce limon rouge postmonastirien n'a pas encore fourni *Rangifer tarandus*. Cette espèce se montre pourtant en abondance sur le sol constitué par la surface de ce limon rouge, sous les limons récents.

(1) *Loesskindel*. Les poupées de loëss et des ergerons du N. de la France présentent surtout comme éléments minéralogiques, en dehors du ciment de calcite, du quartz de la limonite, un peu de glauconie, de l'anatase et de la brookite. (BARNOIS [15]. Extension limon quaternaire, p. 41).

(2) L'industrie est pauvre et paraît se rapprocher de l'industrie acheuléenne vraie.

(3) Cf. La coupe de la carrière Tellier-Bultel : fréquemment donnée par Commont ; — [14]. Saint-Acheul et Montières. p. 16 ; — [23]. Moustérien ancien, fig. 2.

(4) Ce niveau caillouteux était très net à Mautort dans la partie du gisement visible en 1910-1914 et qui correspond à la nappe de St-Acheul recouverte de limon.

(5) COMMONT [14]. St-Acheul et Montières, p. 19-20.

(6) Son industrie constitue l'« Acheuléen supérieur » de Commont, M. Rutot. Voir plus haut mes observations sur cette industrie.

(7) De même que certaines terres à briques très récentes (dites *limons de lavage*, avec ustensiles gallo-romains ou modernes) remplacent totalement le lehm d'altération de l'egeron.

D'autre part il ne descend pas à une altitude plus basse que la nappe de Montières ce qui tendrait à prouver sa formation antérieure à la phase de régression monastirienne ou sensiblement synchronique du début de cette régression.

Les caractères fauniques, stratigraphiques et topographiques de ce limon rouge m'engagent à le classer dans le *Monastirien*.

Exemple de limons rouges d'âge imprécis. — Certains limons rouges de la vallée de la Somme ont un âge qui ne peut guère être précisé. Tel est celui de la carrière Carpentier, (Moulin Quignon) à Abbeville (altitude +30 environ). Je rappelle que les alluvions anciennes de cette carrière ont été étudiées par Commont et rapportées par lui à sa terrasse de 40 m. J'ai pu visiter cette carrière en 1910 avec Commont ; et j'admets avec M. de Lamothe, conformément à la coupe publiée par Commont d'ailleurs qu'on y voit deux nappes alluviales différentes emboîtées l'une dans l'autre. Les couches les plus anciennes sont vraisemblablement milazziennes, les supérieures certainement tyrrhéniennes. Au-dessus de ces dernières, existe un gravier (avec industrie acheulénne) puis du limon rouge sans documents paléontologiques, puis du limon de lavage avec néolithique. Le limon rouge peut être ici tyrrhénien, monastirien, flandrien.

II. Série des limons récents ou supérieurs.

Ergerons. — Les ergerons que Commont a reconnu être au nombre de 3, sont des sables sableux, doux au toucher, à petites poupées calcaires grosses comme une noix ou une noisette, et riches en lits à Succinées et Pupas. Ils sont lehmifiés en surface sous forme de limons rouges constituant des terres à briques.

Ils reposent sur un cailloutis qui a fourni à St-Acheul *E. primigenius*, *Rh. tichorhinus*, *R. tarandus* et qui ravine tous les dépôts antérieurs y compris les limons rouges monastiriens.

On les connaît sur les plateaux, sur toutes les terrasses et sur les pentes, y compris celle qui descend de la basse terrasse jusqu'au niveau actuel de la vallée. Les couches les plus élevées des alluvions flandriennes s'appuient contre ces limons et les recouvrent.

Ces différents caractères permettent de synchroniser les ergerons avec les alluvions de fond des vallées qui, eux aussi, ont fourni la faune froide et de les attribuer ainsi au flandrien inférieur.

Terre à brique. — Les terres à briques sont des limons rouges décalcifiés, argilo-sableux, sans cailloux. Ladrière et Commont réservent généralement ce nom au lehm qui recouvre un ergeron et qu'ils appellent parfois aussi « limon supérieur ». Commont a montré que ce dernier limon résultait de la lehmification partielle ou totale de l'un ou des 3 ergerons reconnus par lui. (1)

III. Limons bruns dûs de lavage.

Ce sont des limons plus récents que les précédents, qu'on trouve un peu partout et à tous les niveaux sur les pentes. Ils ont remplacé souvent l'un ou l'autre des limons

(1) C'est dans la partie supérieure des ergerons et dans la terre à brique qu'on a signalé des rudiments des diverses industries paléolithiques post-moustériennes, qu'il est commode de grouper sous la désignation *Mésolithique* par rapport au *Paléolithique ancien* (ou *Archéolithique*).

précédents et contiennent des restes de la faune actuelle : le plus souvent *Equus caballus* et *Bos taurus*.

On les appelle généralement limons « de lavage » pour leur donner un nom. Mais ils le sont en réalité au même titre que beaucoup de terres à briques, que beaucoup de limons panachés et que les limons roux ou rouges à faune chaude.

Pour Comment, les limons qui contiennent du néolithique rentrent par principe dans la catégorie des limons de lavage, différents de la terre à briques supposée en place. Ces mêmes limons peuvent contenir aussi des restes archéologiques gallo-romains ou plus récents encore. Les limons de lavage très récents forment souvent le pied des pentes qui unissent les terrasses, et peuvent en conséquence recouvrir les dépôts tourbeux flandriens moyens ou supérieurs de la vallée.

Mais on conçoit très bien que de tels limons ont pu se former à toutes les phases de la transgression flandrienne. Ce sont donc des limons flandriens moyens et supérieurs, ou actuels (1).

Classification des limons de la Vallée de la Somme.

<i>Flandrien</i>	}	Moyen et supérieur. — Limons dits de lavage à faune actuelle.
		Inférieur. — Ergerons et terre à brique à faune froide.
<i>Monastirien</i>		Limon rouge à faune froide.
<i>Tyrrhénien</i>	}	Læss ancien de moyenne terrasse à faune tempérée.
		Limon sableux panaché à faune chaude.

§ 3. — LIMON DE THIÉRACHE ET DU CAMBRÉSIS.

C'est dans la région où coulent les hautes vallées de l'Escaut, de la Somme, de la Sambre et de l'Oise (Cambrésis et Thiérache) que Ladrière a observé les divisions de la masse limoneuse qu'il a tenté de retrouver dans toute la région du Nord. Je passerai en revue chacune de ces divisions.

Limon panaché. — Le limon panaché est un limon sablo-argileux gris, veiné de jaune et de rouge ; il est riche en limonite et manganèse. Il paraît être un remaniement presque *in situ* des assises tertiaires qui étaient autrefois développées dans toute la région considérée. Comment a très nettement mis ce fait en évidence par de nombreuses coupes qu'il a décrites avec soin. J'en ai donné récemment un exemple dans l'Artois (2).

Ce limon panaché peut être de tout âge. On a vu dans la vallée de la Somme du limon panaché tyrrhénien. Dans les hauts vallons, le limon panaché est souvent le limon d'origine des limons rouges et recouvre un gravier appelé « gravier moyen » par Ladrière et qui fournit une faune froide à *Rh. tichorhinus* et *E. primigenius*. Dans ce cas, il est Monastirien. Mais sur les hauts plateaux il peut être plus ancien ou plus récent, au même titre que le

(1) *Limons prétyrrhéniens.* Il s'est vraisemblablement formé des limons prétyrrhéniens autres que les limons de plateau déjà nommés. Mais ils ont été généralement enlevés par l'érosion et n'ont pas encore été mis nettement en évidence.

(2) COMMENT [22]. Quat. N. de la Fr., Rhin, Belgique, 1912 ; — DUBOIS [43] Mt. St. Eloy.

limon rouge des plateaux calcaires. C'est le cas, en particulier, des limons panachés qui recouvrent les têtes de banc des roches paléozoïques non calcaires (schistes, grès, psammites) de la région d'Avesnes par exemple.

Les massifs de tuffeau donnent fréquemment naissance par désintégration sur place avec faible transport, à du limon panaché très typique. J'en ai observé de fort beaux exemples dans la plaine de la Scarpe, au Nord de Bruille-lez-Marchiennes, Villers-Campeau, Sessevalle, Somain, où il paraît être un équivalent de l'ergeron.

Dans la Flandre le limon qui recouvre l'Yprésien est souvent panaché aussi bien sur les hauteurs que dans les vallons. Il est d'ailleurs considérablement plus argileux que le limon panaché du plateau de Thiérache. On pouvait l'observer assez bien ces dernières années à la faveur des tranchées encore ouvertes, en certains points de la basse terrasse de la Lys, qui s'étend entre Pérenchies et Armentières, principalement aux environs d'Houplines et de Frelinghien. Ce limon panaché est ici un équivalent stratigraphique de l'ergeron : c'est ce limon que l'on a parfois désigné sous le nom de *limon bariolé* afin de tenter une subtile distinction d'avec le *limon panaché* qui, par définition, était admis comme représentant le quaternaire moyen.

En résumé il y a lieu de retenir que le limon panaché (ou bariolé) peut être de tout âge, et demande à être daté en chaque point particulier par des données fauniques et par la considération des limons qui le recouvrent. Il provient essentiellement de la désintégration des roches *non calcaires*.

Limons doux à points noirs. — Le limon à points noirs est toujours très fin, doux au toucher, quelquefois un peu feuilleté, avec petits points de manganèse, assez voisin des loess à poupées. Mais les grosses poupées sont ici assez rares.

Dans les vallées hautes du Cambrésis il repose souvent sur du limon panaché monastirien ; il est lui-même recouvert par les ergerons. Il doit être alors attribué au Monastirien. Parfois il repose directement sur les couches plus anciennes ; son âge est alors assez imprécis. Entre Havrincourt et Mœuvres, Comment a décrit deux bancs de limon doux à points noirs, simplement séparés par une zone de limon altéré (1), sans pouvoir fixer l'âge d'aucun de ces deux bancs. En Flandre, il est inconnu.

Limons rouges fendillés. — C'est un lehm décalcifié assez argileux, schistoïde, brun rougeâtre, qui apparaît souvent comme le lehm d'altération du limon à points noirs monastirien ; mais il peut être aussi bien le lehm d'altération d'une couche plus ancienne : un loess tyrrhénien par exemple. A Noyon, Cugay, Crèvecœur, Hautmont, il repose directement sur du diluvium ; son âge est alors imprécis.

Souvent il est remplacé par un limon sableux ne présentant plus le fendillement caractéristique qui avait attiré l'attention de Ladrière. C'est le limon sableux rouge ou limon rouge semblable à celui qui a été étudié dans la vallée de la Somme où il est monastirien.

Dans les têtes de vallons où les limons sont peu développés, ce limon rouge représente à lui seul la masse des limons anciens : il contient la faune froide, il est monastirien ou flandrien.

(1) COMMENT [22], *loc. cit.*, p. 40.

Ergeron. — L'ergeron typique est semblable à celui qui a été étudié dans la vallée de la Somme ; c'est un loess pulvérulent à petites poupées, avec *Succinea oblonga*, *Pupa muscorum*, *Helix hispida*.

Souvent il est remplacé par un limon de ruissellement sablo-argileux, chargé de grains de craie.

Dans la région éocène du bord N. du bassin parisien il est quelquefois remplacé par du sable presque pur. J'ai déjà signalé que, en Flandre, il passe à du limon panaché argileux.

Son extension géographique et sa faune froide à *E. primigenius*, *Rh. tichorhinus*, *R. tarandus*, permettent de l'attribuer au Flandrien inférieur de même que dans la vallée de la Somme.

Terre à brique ou lehm supérieur. — Je n'ai rien de particulier à ajouter sur ce limon aux indications qui ont déjà été données à son sujet dans la vallée de la Somme.

Faune de la base des ergerons. — Il y a généralement vers la base des ergerons, ou sous les ergerons, un niveau faunique important qui a fourni une riche faune arctique à Catigny et surtout à Cambrai (gisement du faubourg St-Druon) (1). Le dernier gisement a fourni avec *E. primigenius*, *Rh. tichorhinus* et *R. tarandus*, le Spermophile de Sibérie (*Citellus rufescens* K. et Bl.), un Putois de Steppe et les deux types de Lemmings *D. torquatus*, *M. lemmus*.

Cette faune a déjà fait l'objet de plusieurs notices auxquelles je renvoie le lecteur (2). Une étude détaillée qui n'a pu trouver place dans ce mémoire en sera publiée ultérieurement.

La faune froide de Cambrai rappelle celle d'Ightham, de Teyat, de Châteauneuf-sur-Charente, de nombreuses cavernes belges, d'Achenheim, de Mauer, de Schweizersbild, de Quedlinburg, de Zechowic, où des mammifères de steppe froide sont associés à des mammifères de toundra (3).

Elle se rapproche également de celle de Nørre Lyngby (en Vendsyssel) où *C. rufescens* a été trouvé en même temps que des plantes hautement arctiques (4).

Le tableau ci-joint indique les interprétations variées qu'il est possible de donner à chacune des assises définies par Ladrière, suivant chaque cas particulier envisagé.

PRINCIPALES DIVISIONS DE LADRIÈRE		SIGNIFICATION
Assise supérieure	Limon supérieur	= Flandrien
	Ergeron	= Flandrien
	Gravier supérieur	= Flandrien (Monastirien ou étage plus ancien)

(1) GODOIN. A. S. G. N., t. XXXV, 1906, p. 189-190.

(2) DUBOIS [2]. Spermophile quat. Cambrai ; — [3]. Arvicolidés et Léporidés quat. Cambrai ; — [6]. Faune quat. base ergeron ; C. R., t. 17, 1920 p. 83 ; — [17]. Rats d'eau foss. N. France ; — Cf. également [1]. Lemming collier Maubeuge ; — [5]. Notes compl. Lemm. coll.

(3) NEHRING. Tundren und Steppen ; — BEYER. Verbreit. Tierformen arkt. Region ; — NEWTON. [3, 4]. — Ightham ; — HINTON [1]. British foss Voles and Lemmings ; — [2]. New late pleist. Voles and Lemmings, p. 34-35 ; — BOULE et CHAUVER. Anim. arct. Charente ; — RUTOT [14]. Rongeurs arct. ; — SCHUMACHER. Achenheim, p. 323-344 ; — WURM. Steppenfauna v. Mauer ; — NUESCH [1, 2, 3, 4] Schweizersbild ; — BOULE [1]. Schweizersbild ; — MAYET et PISSOT. La Colombière, p. 88 ; — HENSEL [1, 2]. Kenntniss foss. Säugethiere ; — ZELISKO, Steppenitlis.

(4) NORDMANN [2]. Danmarks Pattedyr i Fortiden, p. 56, fig. 23 ; — JESSEN et NORDMANN, Ferskv. Nørre Lyngby, p. 36, 44-45, 59-61.

Assise moyenne	Gravier moyen	= Flandrien
	Limon panaché	= Monastirien
	Limon doux à points noirs	= Tyrrhénien, Monastirien (Flandrien).
	Limon fendillé	= Tyrrhénien, Monastirien (Flandrien).
Assise inférieure	Limon gris cendré	= Tyrrhénien, Monastirien ou Flandrien (ou étage plus ancien).
		= Flandrien, Monastirien, Tyrrhénien, Milazzien, (Sicilien).

§ 2. — POSITION STRATIGRAPHIQUE DES LIMONS DE BRETAGNE.

La répartition des limons a été étudiée par M. Barrois en Bretagne (1) :

Un vaste manteau de limon recouvre l'W. de la péninsule, la région de la Basso-Loire et une étroite bande du littoral septentrional de St-Brieuc et Plouguerneau. C'est un limon brun ayant fourni fréquemment des Succinés et des Pupas, et, en outre (surtout près des massifs de diabase ou de porphyrite, à feldspaths très calciques) des poupées ou concrétions calcaires, semblables à celles des loess du Nord de la France, mais contenant de l'orthose, du plagioclase et de la biotite qui proviennent des roches granitiques et diabasiques de la Bretagne, ce qui indique bien l'origine locale de ce limon. Il repose sur des alluvions à *E. primigenius*.

Le limon recouvre toutes les îles qui sont situées à l'intérieur de la courbe de profondeur marine de 25 mètres ; il est presque toujours absent sur les îles situées à l'extérieur de cette courbe.

Or on sait que la courbe de profondeur marine de 25 mètres correspond approximativement à la position du niveau de base atteint lors du maximum de la régression monastirienne-flandrienne, avant la transgression flandrienne. Elle paraît être un peu supérieure à ce niveau.

Les limons ont donc recouvert les grandes surfaces continentales avant la transgression flandrienne, y compris des points actuellement insulaires qui firent partie du continent lors du maximum de régression préflandrienne, à l'exception des îles qui lors de cette phase régressive étaient séparées du continent.

Ces limons sont donc post-monastiriens. Ils se sont formés au cours de la période qui correspond à la régression préflandrienne et sans doute à l'extrême début de la transgression flandrienne. Ils constituent en somme un ensemble de formations continentales monastiro-flandriennes. Ils correspondent à une partie de la masse de limons picards et plus particulièrement aux plus récents de ces limons.

§ 3. — LIMONS DIVERS.

Certains limons sont assez différents de ceux qui viennent d'être décrits pour mériter d'être distingués par des noms spéciaux, qui doivent être définis dans chaque cas spécial. J'en donnerai quelques exemples :

(1) BARROIS [15]. Extension limons quat. Bretagne, fig. 1.

1° *Limon de Sangatte*. — L'épaisse masse de limon qui recouvre les sables monastiriens de Sangatte est tellement riche en bancs de silex et de grès diestiens qu'on l'a généralement appelée « Diluvium », le terme diluvium ayant été pris ici avec le sens « alluvions anciennes » que lui donnent en général les géologues français.

J'ai montré que c'est une masse complexe due au ruissellement, composée de boues crayeuses, de limons jaunes calcaires stratifiés à *Succinea* et *Pupa*, de bancs de loess de ruissellement, de limons crayeux empâtés de silex (Diluvium blanc), de limons très sableux bruns avec ou sans bancs de silex peu roulés ou non roulés (Diluvium rouge). On peut y observer plusieurs masses limoneuses calcaires, couronnées chacune par du diluvium rouge ou limon rubéfié.

La plus ancienne peut être assimilée aux limons rouges monastiriens de Menchecourt, les plus élevées, aux limons récents flamandais.

Mais cette manière de voir est en réalité schématisée ; la formation des limons de l'escarpement de Sangatte a dû se faire par tranches successives pendant la régression post-monastirienne et le début de la transgression flamandaise avec de multiples périodes d'arrêt et de rubéfaction.

2° *Limons de Petit-Phare à Wissant*. — J'ai déjà décrit les singuliers limons qui recouvrent la terrasse fluvio-marine de Petit-Phare et qui résultent du lavage successif des différentes assises représentées dans le bassin de Wissant. Une première formation limoneuse est surtout composée d'argile et de sables glauconieux résultant du remaniement d'argile et de sables albiens, puis de sables wealdiens. Une deuxième série limoneuse paraît être un remaniement des mêmes couches et, en outre, d'un diluvium ancien qui recouvre les hauteurs avoisinantes.

A défaut de documents paléontologiques, on peut attribuer la base au Monastirien au même titre que le limon roux de Menchecourt et que les marnes crayeuses à *Succinées* et *Pupas* de Sangatte ; mais la masse principale est évidemment flamandaise comme la plupart des limons de basse terrasse de la vallée de la Somme et comparable alors aux ergerons.

3° *Argile glauconifère de l'Argonne*. — Un type extrêmement curieux de limon d'origine très locale, est à signaler aussi dans l'Argonne, en plein pays de Gaize vraconnienne. Ce sont des argiles glauconifères que l'on pourrait être tenté, au premier examen, d'attribuer à du crétacé marin.

Le plus beau gisement que j'en connaisse se trouve à Senuc (1), près du confluent de l'Aisne et de l'Aire. On exploite cette argile en vue de la fabrication des briques. Elle contient des poupees qui peuvent atteindre la grosseur d'un œuf de poule.

Un affleurement moins beau, mais plus instructif, est visible à Vouziers à peu de distance du passage à niveau de la route de Savigny, vers l'altitude 110 mètres au pied de la pente qui unit le plateau de gaize vraconnienne de Vouziers à la vallée de l'Aisne. On y voit :

(1) Déjà signalé dans DOUXAMI (1). Compte-rendu Exc. 1908, Argonne et Champagne, p. 31.

3. Limon argileux gris roux	0 ^m 40
2. Argile sableuse gris-verdâtre glauconieuse à <i>Pupa muscorum</i> , <i>Helix hispida</i> et nombreuses poupées	0 ^m 20 à 0 ^m 40
1. Gravier dans un sable glauconieux, avec débris de fossiles vraconiens ou cénomaniens	0 ^m 05 à 0 ^m 10
a. Gaize.	

Les fossiles qu'on trouve dans ces argiles indiquent nettement qu'on se trouve en présence d'un limon.

Les poupées accusent l'origine locale de ce limon par la forte proportion de glauconie qu'elles présentent.

La couche 1 est assimilable au gravier de base des limons récents.

La couche 2 est homologue à l'erguson ; la couche 3 à la terre à brique.

La série de ces limons est flandrienne typique.

§ 4. — RELATIONS DES LIMONS RÉCENTS ET DES DÉPÔTS FLANDRIENS MARINS OU PLUVIO-MARINS.

J'ai indiqué déjà que les dépôts flandriens alluviaux les plus élevés reposent sur les limons récents, et que ceux-ci présentent d'évidentes relations fauniques avec les alluvions flandriennes inférieures. D'autre part un banc limoneux s'intercale à Ostende entre les dépôts marins de l'assise d'Ostende et les dépôts marins, saumâtres ou tourbeux de l'assise de Calais.

J'ai examiné les échantillons de ce limon qui ont été donnés par M. Dollfus aux collections géologiques de l'Université de Lille : c'est le limon du type « erguson à facies flamand ».

Ces faits confirment l'attribution des limons récents au Flandrien inférieur.

§ 5. — CONCLUSIONS. POSITION STRATIGRAPHIQUE DES LIMONS.

Les limons du Nord de la France sont des formations issues principalement de la désintégration et du remaniement à faible distance du socle préquaternaire.

Il en est de tous âges, et certains limons de plateaux ont pu se former depuis l'époque pliocène jusqu'à nos jours.

Le caractère lithologique d'un limon n'indique nullement son âge géologique. Toutefois on peut reconnaître sur une grande étendue du Nord de la France deux séries principales de limons :

1° Une série ancienne qui est très hétérogène et dont le seul caractère positif est d'être formée d'un ensemble de masses limoneuses plus anciennes que celles de la série récente.

On y observe principalement des limons panachés, des limons crayeux, des loess à poupées, des limons rouges de ruissellement, des lehms rouges fendillés d'altération sur place des loess sous-jacents et, en outre, les limons divers très différents des précédents.

Il n'existe aucune relation fixe entre le caractère et l'âge de chacun de ces limons ; il n'y a que des cas particuliers et locaux.

Certains de ces limons ont été reconnus tyrrhéniens à faune chaude, d'autres monastiriens ou postmonastiriens à faune froide ; certains ont un âge totalement indéterminé. On ne les trouve guère que sur les moyennes et basses terrasses parce que sur les terrains plus élevés et les plateaux, ils ont souvent été enlevés par les ruissellements ultérieurs à leur dépôt.

2° Une série dite récente aussi hétérogène que la précédente au point de vue lithologique, mais assez homogène au point de vue stratigraphique et paléontologique.

On y reconnaît aussi des limons panachés, des limons crayeux, des loess à poupées (ergerons typiques), des limons de ruissellement, du lehm d'altération sur place des ergerons sous-jacents, des limons divers.

Cette série de limons dits souvent ergerons par voie de généralisation est *flandrienne* et date, plus particulièrement, du début du Flandrien. Elle recouvre de vastes étendues et cache souvent les limons plus anciens.

Elle est caractérisée par une faune froide parfois arctique.

Les limons bretons semblent appartenir également surtout à cette série récente.

Dans certains cas, l'ensemble formé par certains limons anciens postmonastiriens et les limons récents, constitue un groupe de formations continentales monastiro-flandrien dans lequel la distinction stratigraphique de chacune des couches de limons élémentaires est impraticable en l'absence de documents paléontologiques précis.

3° Enfin il faut mentionner les limons dits de lavage qui sont postérieurs à la nappe principale des ergerons et se sont formés dès le Flandrien moyen jusqu'à nos jours.

CHAPITRE XVII

Relations du quaternaire du Danemark et du quaternaire du Nord de la France

§ 1. — APERÇU SOMMAIRE SUR LA SUCCESSION DES TERRAINS QUATERNAIRES EN DANEMARK.

J'ai indiqué déjà dans l'Introduction du présent mémoire, les raisons qui m'ont engagé à comparer attentivement les différentes couches quaternaires de la Plaine maritime flamande avec celles qui ont été reconnues au Danemark.

Avant de tenter cette comparaison, je donnerai un aperçu très rapide de la constitution du quaternaire danois.

Pour justification des faits annoncés, je renverrai aux différents travaux des géologues danois et scandinaves, cités au cours du présent chapitre, ou consignés dans la liste bibliographique ; j'envisagerai d'abord les glaciations, puis les périodes interglaciaires, et enfin les formations après-glaciaires sur lesquelles j'insisterai davantage et qui ont tout particulièrement attiré mon attention lors des courses géologiques que j'ai faites en Danemark en compagnie de MM. Madsen, Axel Jessen et Nordmann.

A. — *Glaciations.*

On connaît en Danemark les traces de 3 glaciations, qui ont été simplement numérotées I, II, III par les géologues danois.

I^e *Glaciation danoise* (Mindélienne ou Saxonienne). — Ses dépôts sont presque toujours recouverts par des couches plus récentes. C'est à cette glaciation que se rapporte l'argile à blocs d'Esbjerg.

Elle semble correspondre à la glaciation mindélienne (ou saxonnienne).

II^e *Glaciation danoise* (Rissienne ou Polonienne). — Ses dépôts recouvrent la plus grande partie du Jutland occidental et du Slesvig et se continuent dans les landes du N. de l'Allemagne.

Il n'y a pas de doute relativement à son identité avec la glaciation polonienne, et par suite avec la glaciation rissienne.

III^e *Glaciation danoise* (Würmienne ou Mucklenbourgienne). — C'est au cours de cette glaciation que se sont constituées les *moraines baltiques* ; on les suit dans tout le Jutland selon une traînée N. S. jusqu'à Viborg d'où elles se dirigent vers la côte du Skagerrack (fig. 37).

La continuité de ces moraines avec les moraines du N. de l'Allemagne doit les faire attribuer, par définition, à la glaciation mecklenbourgienne, c'est-à-dire à la glaciation würmienne.

Stades de retrait postwürmiens. — Les stades de retrait de la calotte glaciaire décrits par De Geer dans la péninsule scandinave (Gothiglacial et Finiglacial) n'intéressent qu'à peine la région danoise. De même on n'y voit aucune formation glaciaire susceptible d'être rapportée aux récurrences postwürmiennes qui ont été décrites dans les Alpes.

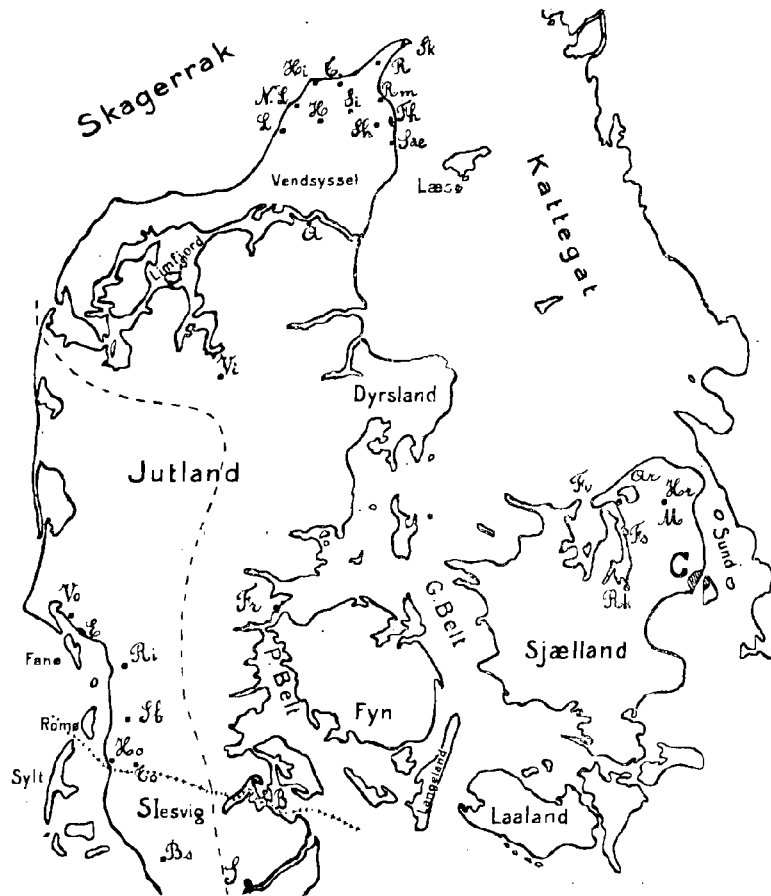


FIG. 37. — Carte du Danemark

LÉGENDE. — Principales localités citées dans le texte. *Vendsyssel* : Sk, Skagen ; — R, Raabjerg ; — Rm, Rimmen ; — Fh, Frederikshavn ; — Sæ, Sæby ; — Sh, Skærumhede ; — Si, Sindal ; — H, Hjörning ; — L, Lökken ; — N., Nørre-Lyngby ; — Hi, Hirshals ; — T, Tversted ; — *Jutland et Slesvig* : — A, Aalborg ; — Vi, Viborg ; — Vo, Vognsbøl ; — E, Eshjerg ; — Ri, Ribe ; — S, Skærbek ; — Ho, Höjer ; — To, Tønder ; — Bs, Bredsted ; — S, Slesvig ; — B, Broager ; — *Sjælland*, C, Copenhague ; — Rk, Roskilde ; — Fs, Frederikssund ; — Fv, Frederiksværk ; — Ar, Arresø ; — Hr, Hillerød ; — M, Maglemose.

Le trait discontinu indique la limite d'extension du glacier scandinave würmien.

Absence de formations marines attribuables au préglaciaire et au premier interglaciaire de la classification générale. — On ne connaît aucune formation quaternaire marine susceptible d'être attribuée soit au préglaciaire soit au premier interglaciaire alpin.

Le Miocène est le terrain marin le plus récent que l'on connaisse sous le 1^{er} glaciaire danois (ou Mindélien) aux environs d'Esbjerg.

Les couches ligniteuses à ambre des sables fluvio-glaciaires de Sjælland (Rav-Pindelag) les blocs à plantes remaniés dans le glaciaire du port libre de Copenhague et de Valby-Bakke, les couches à Corbicules de Førslevgaard, ne peuvent être datés exactement (1).

Les géologues danois les considèrent volontiers comme préglaciaires, et M. Depéret y voit en conséquence les traces d'un équivalent du Cromer-Forest-bed (2). Mais cette assimilation, qui est très possible d'ailleurs, n'est nullement démontrée, car on n'a trouvé jusqu'à présent dans ces dépôts aucun élément caractéristique des couches de Cromer, ni même de Tegelen (3). Il y a lieu d'attendre encore de nouvelles découvertes à ce sujet avant d'émettre une opinion bien arrêtée.

B. — Interglaciaires.

1^{er} Interglaciaire danois. — C'est l'interglaciaire compris entre les glaciations I et II danoises, c'est-à-dire l'interglaciaire mindelo-rissien.

Il comprend en Danemark la série suivante (4) :

4. Couches d'Eem (Eemaflejringer = Etage Eemien) à faune lusitanienne.
3. Dépôts continentaux ou saumâtres de l'Eemien inférieur.
2. Couches de Vognsbøl {
b) — faune boréale.
a) — faune boréo-arctique.
1. Couches d'Esbjerg. (Esbjerg Yoldialer) {
b) — faune boréo-arctique.
a) — faune arctique.

La mer glaciaire à *Portlandia arctica* a envahi le territoire abandonné par les glaces mindéliennes, et paraît avoir atteint immédiatement une assez grande profondeur; ultérieurement, tandis qu'elle diminuait de profondeur, elle est devenue moins froide.

Vers le milieu de la période interglaciaire il s'est produit une émergence qui a déterminé le dépôt des formations tourbeuses et saumâtres de la base du système eemien. Puis la transgression marine eemienne, qui a couvert les Pays-Bas, une partie de l'Allemagne du Nord et le Danemark, a amené le dépôt de couches à caractère de plus en plus marin avec une faune à caractère lusitanien très marqué par la présence de deux formes méditerranéennes.

(1) HARTZ [2]. Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. 1909, p. 91-137, fig. 12-14, pl. IV-V, (English Summ., p. 277-281); - MULHERS [2]. Nordøstsjællands Geologi, 1922, p. 37-46, fig. 16-17.

(2) DEPÉRET [1]. Coordination générale, C. R., t. 170, 1920, 19 janvier, p. 159. (Extr. p. 4.)

(3) Il ne faut pas oublier que le préglaciaire des géologues danois comprend toute la période antérieure à la glaciation mindélienne.

(4) NORDMANN [5]. Det Marine Diluvium ved Vognsbøl.

néennes : *Mytilus lineatus* Gm. et *Tapes senescens* Dod = *Tapes aureus* var. *eemiensis* Nordmann (1).

C'est la faune interglaciaire la plus chaude que l'on connaisse dans la région baltique.

Le territoire danois a subi à la fin de cette période interglaciaire une émergence qui a précédé l'invasion de l'inlandsis polonien-rissien. Cette émergence a été suffisamment précoce pour que la faune du sommet des couches eemiennes n'offre aucune marque du refroidissement qui a dû se produire lors de l'invasion glaciaire.

2^e Interglaciaire danois. — C'est le 3^e interglaciaire de la classification générale ou interglaciaire rissio-würmien.

En Jutland méridional les tourbes des environs de Brörup représentent le faciès continental de cet interglaciaire (2).

Le faciès marin n'est connu en entier qu'en Vendsyssel (3) dans le sondage de Skaerumhede.

Les formations de Skaerumhede sont superposées à un dépôt morainique et recouvertes de dépôts glaciaires würmiens. Comme d'autre part elles n'offrent aucun caractère faunique rappelant les couches de l'interglaciaire précédent, leur attribution à l'interglaciaire rissio-würmien est totalement justifiée.

La série de Skaerumhede (4), épaisse de 140 m. environ, montre les 3 zones suivantes formant une succession continue de dépôts, sans interruption dans la sédimentation.

3. Zone à *Portlandia arctica* (Ældre Yoldialer des anciens géologues), à faune et flore arctiques ; formée à des profondeurs: a) d'au moins 20^m à la base; b) d'au moins 10^m au sommet. (Épaisseur: environ 60^m).
2. Zone à *Abra nitida*, à faune boréo-arctique; formée à des profondeurs d'au moins 20 à 40^m. (Épaisseur : 8^m50).
1. Zone à *Turritella terebra*, à faune boréale; formée à des profondeurs: a) d'au moins 40 à 60^m à la base ; b) d'au moins 60 à 80^m pour sa partie principale. (Épaisseur: environ 75^m).

En raison de l'épaisseur des couches d'une part, et de leurs caractères bathymétriques d'autre part, il est de toute évidence que la série de Skaerumhede s'est constituée dans un bassin en voie d'affaissement général (ou, pour ne préjuger de rien, au cours d'une vaste oscillation positive de la ligne de rivage). L'affaissement du bassin de sédimentation a été considérable, puisqu'un bassin dont la profondeur était primitivement voisine de 40-60 m. s'est trouvé approfondi davantage après l'accumulation de 75 m. de sédiments à *Turritella terebra*.

Mais à la fin du dépôt de ces sédiments, le fond du bassin de sédimentation s'est soulevé assez rapidement de la profondeur 60-80 m. à celle de 20 à 40 m. environ. Ultérieurement,

(1) MADSEN, NORDMANN et HARTZ. Eem Zonerne, 1938 ; — NORDMANN [3]. *Tapes senescens* og *Tapes aureus* Gm. var. *eemiensis* Nordm. Med. fra Dansk Naturl. For., 1913, p. 1-65.

(2) HARTZ [2]. Bidrag til Danmarks tertiare og diluviale Flora, p. 138-240, fig. 15-33, pl. VI, English Summ. p. 281-286 ; — JESSEN, MADSEN, MILTHERS, NORDMANN. Brörup-Moseernes lejrinsforhold, 1918.

(3) Région insulaire du Nord du Jutland, située au N. du Limfjord.

(4) JESSEN, MILTHERS, NORDMANN, HARTZ, HESSELBO. Skaerumhede, 1910 ; — NORDMANN [3]. Vognsbøl tableau.

bien que la profondeur ait continué à diminuer lentement de 20 m. à 10 m. environ l'affaissement du bassin a repris puisque 60 m. de sédiments à *Portlandia arctica* ont pu s'y accumuler. Le bassin étant presque comblé, un léger mouvement négatif a provoqué l'émersion des couches à *Yoldia* qui se formaient, tandis que du N. ou de l'E. s'avavançait peu à peu le glacier würmien.

Ainsi au cours du 2^e interglaciaire danois, comme lors du 1^{er} interglaciaire, le niveau marin subit une vaste oscillation positive, interrompue toutefois par une oscillation secondaire négative, au cours de l'oscillation positive principale. Cette oscillation négative fut particulièrement importante lors du premier interglaciaire puisqu'elle s'est traduite par une émersion de tout ou partie du territoire danois. Elle est moins sensible dans la série de Skaerumhede parce que l'émersion de Vendsyssel ne s'est pas produite alors ; elle est pourtant à mentionner.

En outre, lors de chacune des deux périodes interglaciaires, une oscillation négative, avec émersion, a précédé l'invasion glaciaire suivante.

C. — *L'après glaciaire.*

Les formations postérieures à la dernière glaciation danoise sont divisées en 2 séries par les géologues danois.

La première série fait encore partie du « *Diluvium* » parce que la faune présente des différences assez prononcées avec la faune actuelle. C'est le *senglacial*, ou *glaciaire postérieur*.

La deuxième série n'est autre que l'« *Alluvium* » ou *postglacial*.

J'envisagerai successivement chacune des deux séries.

Senglacial ou *Glaciaire postérieur*. — Dès le retrait du glacier baltique würmien, la mer glaciaire a envahi une partie du territoire abandonné par les glaces et y a déposé le complexe suivant :

3. Sable supérieur à *Saxicava arctica* (Oevre Saxicavasand).
2. Argile à *Portlandia arctica* et *Saxicava arctica* (Yngre Yoldialer).
1. Sable inférieur à *Saxicava arctica* (Nedre Saxicavasand).

Une grande partie de Vendsyssel non occupée par des dépôts glaciaires est couverte de l'argile glaciaire postérieure à *Yoldia (Portlandia) arctica*, qui est exploitée dans de nombreuses briqueteries (1), près de Hjörning, (Gjølstrup, Sindal) et qu'on voit particulièrement bien dans la falaise de Nørre Lyngby.

L'altitude atteinte par les sables supérieurs à *Saxicava* dans le S. de Vendsyssel est voisine de 10 à 15 m. Dans le N. de Vendsyssel, elle est voisine de 30 m.

Les dépôts glaciaires postérieurs danois correspondent à peu près au stade de retrait *Gothiglacial* de la classification de de Geer.

La fin du glaciaire postérieur s'est manifestée par une oscillation négative ou phase d'émersion importante qui a suivi le dépôt des sables à *Saxicava*, de telle sorte qu'une partie des temps glaciaires postérieurs n'est représentée en Danemark que par des dépôts continentaux sur lesquels je reviendrai plus loin.

(1) JESSEN Axel. [4]. Vendsyssels Geologi, 1918, p. 137-152, 2 cartes.

Dans le fjord de Christiania, les couches senglaciales sont représentées par une série complexe d'argiles à *Yoldia* et à *Arca*. La « *middle re Arcaler* » (argile moyenne à *Arca*) et une partie de la « *Yngre arcaler* » (argile récente à *Arca*) correspondent aux couches supérieures à Saxicava de Vendsyssel et atteignent une altitude moyenne de 130^m en Jarlsberg, de 150^m en Smaalenene, (1) de 200^m aux environs de Christiania et encore représentent-elles généralement des dépôts non littoraux, ce qui tend à fixer la ligne de rivage correspondante à des altitudes plus élevées encore aux différents points considérés. (2)

Le maximum d'altitude atteint actuellement par la ligne de rivage de la mer à *Yoldia*, est voisin de 275^m dans la région du golfe de Bothnie. (3)

Couches à Zirphæa crispata. — Pourtant dans le N. de Vendsyssel une légère oscillation positive se manifeste par le dépôt des couches à *Zirphæa crispata*, à faune boréale. On peut les observer, assez difficilement d'ailleurs, car elles sont très peu étendues, entre Frederikshavn et la côte du Skagerrak, près de Tversted. C'est aux environs de cette dernière localité que j'ai pu les étudier sous l'aimable et savante direction de M. Axel Jessen, et y récolter les formes les plus caractéristiques, qui sont : *Zirphæa crispata*, et *Cyprina islandica*, avec d'innombrables fragments de *Balanus*. (4)

Les couches à *Zirphæa* atteignent une altitude de 15 à 20 m. entre Tversted et Frederikshavn.

Ces couches sont considérées par les géologues danois comme situées à l'extrême limite du Senglacial (glaciaire postérieur récent), et du Postglacial (postglaciaire). Elles sont immédiatement antérieures aux couches à *Ancylus* qui sont classées dans le Postglaciaire.

C'est en effet après la courte phase transgressive de la mer à *Zirphæa crispata* que se produit la grande régression marine de la région baltique connue comme « émerision de l'époque à *Ancylus* ».

Dans la région de Christiania, correspondent aux couches à *Zirphæa* des argiles à *Arca* (connues aux environs de Christiania) vers l'altitude 175 et en Smaalenene à des altitudes variant entre 130 et 175. Certains bancs à *Mya truncata* de Smaalenene correspondent également à l'assise à *Zirphæa*. (5).

La ligne de rivage correspondante semble avoir atteint également une altitude un peu supérieure.

Facies continental du Senglacial. — Passage au Postglacial. — En fait, la limite entre le Senglacial et le Postglacial est extrêmement difficile à établir et très sujette à discussion surtout si l'on prend en considération les facies continentaux de ces terrains. On a pu établir dans ces formations continentales les subdivisions suivantes :

5. Dépôts de la grande période continentale à *Ancylus lacustris* (*Fyrreperiode*) à *Pinus silvestris*, avec *Bos urus*, *Bos primigenius*. — Disparition du Renne. — Climat tempéré.
4. Couches de Nørre Lyngby à *Betula nana*, avec *Rangifer tarandus*, *Alces machlis*, *Citellus rufes-*

(1) Contrées situées au S. de Christiania, respectivement à l'W. et à l'E. du Fjord de Christiania.

(2) BRÜGGER [1]. Nivafor., p. 143 et suivantes, p. 308.

(3) DE GEER. [1]. Skandinavien geografiska ; — RAMSAY. Entwicklung der Halbinsel-Kola.

(4) Voir la liste complète des fossiles des couches à *Zirphæa* dans JESSEN Axel. [4]. Vendsyssels Geologi, p. 248.

(5) BRÜGGER [1] loc. cit., p. 220 et suivantes, p. 308

- cens*, *Lepus variabilis*, *Castor fiber*. — Passage du climat subarctique au climat tempéré.
3. Couches supérieures à *Dryas octopetala* (*Yngre Dryas tid*) avec *Lagomys*. — Climat subarctique, puis arctique, puis subarctique à nouveau.
 2. Couches de l'Aller d tid à *Betula nana* et *Populus tremula*, avec *Alces machlis*, *Castor fiber*. — Climat tempéré froid ou boréal.
 1. Couches inférieures à *Dryas octopetala* (*Ældre Dryas tid*), avec *Rangifer tarandus*. — Climat subarctique.

Les trois premières assises sont nettement glaciaires postérieures, je ne m'y arrête rai pas.

Assise de Nørre Lyngby. — Les couches d'eau douce de Nørre Lyngby offrent un intérêt considérable. On y trouve une flore d'allure arctique sans éléments de forêt (sauf du pollen de *Pinus silvestris*), une faune de steppe froide (avec, en particulier, *Citellus rufescens*) sans *Castor in situ*, et des branches rognées par des Castors, ce qui indique la proximité de la forêt.

Ces couches de Nørre Lyngby emplissent un petit bassin isolé, creusé dans des couches glaciaires postérieures ; elles possèdent des caractères fauniques et botaniques qui les placent à l'extrême limite du Senglacial et du Postglacial : les géologues danois considèrent qu'elles sont à peu près contemporaines des couches marines à *Zirphæa* (partie supérieure du « Diluvium » c'est-à-dire du « Pleistocène »), ou qu'elles correspondent à l'extrême base des tourbes de la période à *Ancylus* (Alluvium ou « Holocène »).

A noter ici la correspondance approximative du stade de retrait *Finiglacial* de De Geer avec les couches supérieures à *Dryas*, les couches à *Zirphæa* et les couches de Nørre Lyngby (1).

Les couches de Nørre Lyngby constituent donc un dépôt de transition entre les deux groupes de terrains quaternaires que les géologues ont généralement séparés jusqu'ici, sous les noms de « Pleistocène » et « d'Holocène ».

Assise à Ancylus. — Il n'existe pas, en Danemark, de couches à *Ancylus* sous leur forme typique de dépôts lacustres. Mais on connaît en de nombreux points des dépôts tourbeux offrant une faune qui rappelle celle dite « de la tourbe » en France, avec le *Castor*, les deux Bœufs qui la caractérisent (*Urus* et *Bison*) et en outre *Alces machlis*. La température paraît avoir été très légèrement inférieure à la température actuelle (1° ou 2° pour la température moyenne de juillet).

Ces tourbes désignées par le service géologique de Danemark sous le nom d'alluvions d'eau douce inférieure (*Nedre Ferskvands-Alluvium*), sont datées grâce à leur faune, leur flore et leur position stratigraphique sous les couches marines à *Littorines*.

Dans le Marsk de Ribe, sur la côte occidentale du Jutland méridional, la tourbe de l'époque à *Ancylus*, qui est recouverte par de l'argile de polders ou « marsk », dont le début

(1) C'est à Nørre Lyngby que l'on a découvert la plus ancienne trace d'industrie humaine certaine du Danemark, (1 pointe de flèche en silex taillé de type industriel très spécial, mais rappelant assez certains types auignaciens). Cet instrument est donc bien antérieur à ceux de Maglemose et à ceux des Kjoekkenmoeddings. Sa découverte date de 1913 ; elle est signalée in JESSEN et NORDMANN. Nørre Lyngby, 1915, p. 52-56, fig. 3 ; — 4 et 5. Engl. Summ., p. 62.

de formation date de l'époque à Littorines, se trouve à une altitude très voisine de zéro mètre (fig. 38) (1).

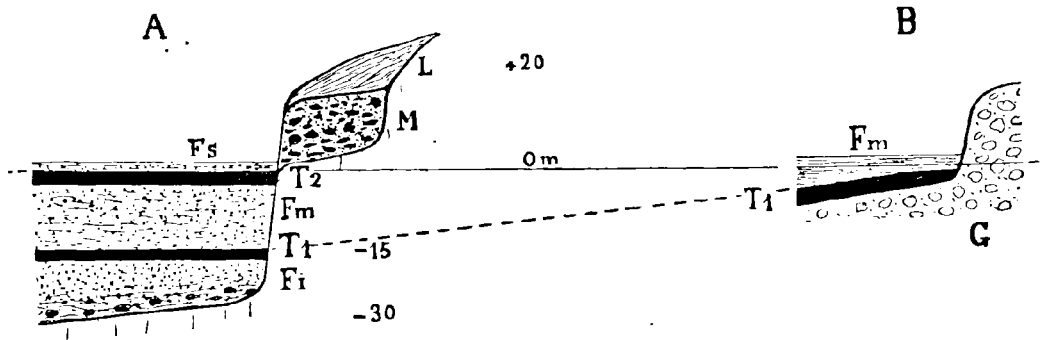


FIG. 38. — Structures comparées de la Plaine Maritime Flamande et du Marsk de Ribe.

LÉGENDE — A, Flandre ; — B, Marsk de Ribe ; — G, glaciaire ; — M, Monastirien marin ; — L, limons ; — Fi, ass. d'Ostende (Flandrien inf.) ; — T₁, tourbe de Coquelles et tourbe de l'ass. à *Ancyclus* (id.) ; — F_m, ass. de Calais et arg. du Marsk de Ribe (Fl. moyen) ; — T₂, tourbe pré-gallo-romaine (id.) ; — F_s, sables à *Cardium*, historiques (Fl. sup.).

Dans le N. du Jutland, en Vendsyssel, les tourbes de l'époque à *Ancyclus* atteignent une altitude très peu supérieure à 0m (+ 2 à + 3 en général, parfois 5 à 7 m.) ; on connaît des bancs de tourbe submergés sur la côte du Skagerrack (2)

Près de l'embouchure de la Tversted Aa, on a pu observer la superposition directe suivante (3) :

4. Alluvions marines de l'assise à <i>Tapes</i> (ou à Littorines)	2 ^m 00
3. Tourbe de l'assise à <i>Ancyclus</i> (alt. + 6 à + 7)	0 ^m 05 à 0 ^m 10
2. Sable à <i>Zirphæa</i>	environ 3 ^m 00
1. Argile à <i>Yoldia</i> .	

Cette coupe qui fixe l'âge respectif de ces différentes formations, montre en même temps un dispositif d'emboîtement des plus remarquables, puisque aux environs de Tversted même, les couches à *Yoldia* et à *Zirphæa* atteignent respectivement les altitudes de 20-25 m. et de 14-17 m.

La ligne de rivage du lac à *Ancyclus* qui n'est encore que de — 20^m en Courlande, est susceptible d'atteindre une altitude voisine de + 100 aux abords du golfe de Bothnie. (4)

Dans la région de Christiania, il n'y a pas de dépôts continentaux ou lacustres attribuables à l'assise à *Ancyclus* qui est pourtant représentée sous un facies marin par des bancs à *Mya trunc-*

(1) C'est aux temps à *Ancyclus* que correspondent l'industrie à pointes de flèche de Vig et l'industrie de Maglemose.

(2) Axel JESSEN [1]. Kortbladene Skagen, Hirshals, p. 243-258, résumé, p. 360-361 ; — [4]. Vendsyssels Geologi p. 173-184 ; — [5]. Stenalderhavets Udbredelse, p. 1-60, Summ., p. 101-110.

(3) Axel JESSEN [1] *loc. cit.*, p. 216-250.

(4) DE GEER [1]. Skandivaniens geografiska ; — MUNTZE [1] Phys. Geogr. of the Litorina Sea. ; — [2]. Gottlands Semkvart. historia ; — [3]. Late quat. hist. Southern Sweden.

cata (1) dont les altitudes décroissent de 185 à 110^m aux abords de Christiania et de 185 à 160^m en Smaalenene. On connaît en outre des bancs argileux à *Cardium* dans lesquels se montrent quelques types lusitaniens. Dans cette série marine de Christiania la séparation du Diluvium ou Pleistocène et de l'Alluvium ou Holocène est impraticable: les bancs à *Mya truncata* à faune boréo-arctique ou boréale apparaissent dans les couches à *Arca glacialis* du Senglacial et se multiplient ensuite à des altitudes décroissantes jusqu'aux niveaux où s'installe la faune boréo-lusitanienne des couches à *Tapes* qui appartiennent déjà à l'« Holocène » nettement caractérisé (avec faune continentale « de la tourbe » et industrie néolithique).

La Mer à Littorines. Litorinasaenkning. Asisse à Tapes.

C'est après ce dépôt des tourbes de la période à *Ancylus* que se produit le dernier grand mouvement positif du niveau marin dans la région baltique avec submersion générale des côtes; les détroits danois, qui étaient asséchés ou occupés par des canaux d'eau douce, sont transformés en bras de mer, de nombreuses vallées capricieusement découpées sont noyées par la mer, le lac à *Ancylus* devient la mer Baltique dans laquelle s'introduisent les Littorines et dont la salure est plus élevée que la salure actuelle.

Cette grande phase de submersion est connue sous le nom « d'affaissement de la période à Littorines » ou « Litorinasaenkning ».

Le long des côtes danoises on observe, en de nombreux points, différents types de dépôts de l'époque à Littorines.

Dans le Marsk de Ribe, les dépôts de la période à Littorines sont constitués par de l'argile des polders ou *marsk*, dont la formation s'est continuée jusqu'à nos jours, sur une épaisseur de quelques mètres seulement (2), en raison du peu de déplacement vertical relatif que le littoral semble avoir éprouvé dans cette contrée (fig. 38).

Dans les îles et dans le N. du Jutland, les dépôts de la période à Littorines couvrent des étendues assez considérables, et peuvent atteindre en Vendsyssel une altitude voisine de 14 m. en raison du mouvement d'élévation qu'a subi cette région après le dépôt des couches mentionnées.

En réalité, dans la péninsule danoise (et la région de Christiania), les Littorines ne sont pas particulièrement caractéristiques des couches dites à « Littorines ». Je reviendrai plus loin sur ce point de détail.

C'est pourquoi d'ailleurs, les géologues danois ont préféré prendre comme forme caractéristique de ces dépôts les *Tapes*, qui y sont représentés par plusieurs espèces: *T. pullastra*, *T. decussatus*, *T. aureus*, *T. edulis*, tandis que le *T. pullastra* est le seul *Tapes* vivant actuellement sur les côtes danoises.

La faune des couches à *Tapes* est constituée par des types boréaux et lusitaniens, et quelques types arctiques (3) mais les types lusitaniens dominent légèrement. La faune indique donc une température un peu plus élevée qu'à l'époque actuelle; le maximum

(1) BRÖGGER [1], p. 244 et suivantes.

(2) JESSEN Axel. [3] Marsk. ved Ribe.

(3) En ne tenant pas compte, bien entendu, des coquilles arctiques remaniées de la Yngre Yoldialer ou des sables à *Saxicava arctica*, qui sont assez fréquents dans les couches à *Tapes* de Vendsyssel et se reconnaissent très aisément.

paraît avoir été atteint au moment du maximum de la transgression. La période à Tapes présente une phase transgressive et une phase régressive.

Caractères généraux de la phase transgressive ou d'affaissement (Litorinasaenkning). Couches anciennes à Tapes. --- Pendant toute la phase transgressive, les formes de mollusques marins les plus typiques sont : les *Tapes* déjà cités et *Ostrea edulis*.

La faune continentale connue par des dépôts tourbeux en relations avec les couches à Tapes offre comme types particuliers : *Bos urus*, *Castor fiber*, *Alces machlis*, *Alca impennis*, *Pelecanus crispus*⁽¹⁾.

Au point de vue botanique, c'est par excellence la période du Chêne ; on voit aussi apparaître le Hêtre.

Caractères généraux de la phase régressive ou d'émersion. --- (Couches récentes à Tapes ou couches à *Dosinia exoleta*. — Mais bientôt un mouvement d'émersion s'est manifesté et les dépôts précédemment formés ont été portés à des altitudes variées.

Ainsi dans le Nord du Jutland on voit les couches à *Tapes* portées à une altitude voisine de 6 à 7 m. dans la péninsule de Dyrslund (plage actuelle à 2 m. 50 ou 3 m.), de 7 ou 8 m. près de Aalborg (Limfjord), de 11 m. dans l'île de Læsø (en face de Sæby) qui avait été complètement submergée lors du maximum de submersion, de 14 m. à Hirshals, de 14 m. 70 près de Raabjerg dans la presqu'île de Skagen⁽²⁾.

La curieuse presqu'île de Skagen est formée de dépôts de l'époque à Littorines établis en cordons littoraux successifs, recouverts ou non de dunes, et entre lesquels s'est déposée souvent de la tourbe.

On voit particulièrement bien ces cordons littoraux parallèles près de Rimmen, au N. W. de Frederikshavn. Ils sont d'altitude décroissante à mesure que l'on se rapproche du littoral actuel du Kattegat, les plus occidentaux ayant une altitude d'environ 10 m. les plus voisins de la côte n'ayant qu'une altitude de 4 m. environ.⁽³⁾

La presqu'île s'est donc constituée progressivement au cours de la phase d'émersion qui portait peu à peu les couches à *Tapes* jusqu'à l'altitude actuelle 14 m., les cordons les plus voisins du rivage actuel, les plus récents par conséquent, ayant été portés à une altitude moins élevée que les plus anciens.

La faune des cordons littoraux les plus récents de la mer à *Tapes* qui, en Skagen Odde, n'ont qu'une altitude de 4 m. environ, est légèrement différente de celle des bancs anciens à *Tapes* qui atteignent + 10 à + 14. Ces cordons récents sont connus sous le nom de bancs à *Dosinia exoleta*, en raison de l'abondance de ce mollusque. On cite aussi comme fossiles plus particulièrement caractéristiques de ces bancs : *Tapes edulis*, *Lutraria elliptica*, *Psammobia vespertina* ; mais dans l'ensemble la faune n'est guère différente de celle des bancs anciens à *Tapes*.

(1) C'est l'époque des industries de Brabrand, d'Ertebølle (Néolithique danois ancien), puis celle des Kjøkkenmoeddings (Néolithique danois récent), rappelant le type campignyen. D'où le nom de Mer de l'âge de la Pierre, donné quelquefois à la mer à Littorines ou à Tapes.

(2) JESSEN A. [5]. Stenalderhavets udbredelse, 1920, Carte, Engl. Summ., p. 106-111.

(3) Voir la carte Nord de Vendsyssel dans JESSEN A. [4]. Vendsyssels Geologi.

La faune marine est encore boréo lusitanienne, avec un caractère lusitanien prononcé, ce qui indique un climat un peu plus chaud que le climat actuel.

La faune continentale ne diffère guère de la précédente, sauf par la disparition d'*Alces machlis* (1).

Le Charme apparaît, et l'Homme emploie le millet (*Panicum miliaceum*) pour son alimentation.

Dans la région de Christiania, le réchauffement qui caractérise l'époque de la mer à Littorines et qui s'était manifesté au cours des temps précédents par l'immigration sporadique et temporaire de quelques types lusitaniens, se traduit nettement par la formation de bancs à *Ostrea edulis* qui se trouvent à l'altitude 65-70^m près de Christiania, entre 35 et 50^m plus au S. dans le Jarlsberg. Ces bancs sont classés à la limite de l'assise à *Ancylus* et de l'assise à Littorines. Puis s'installe la faune boréo-lusitanienne, à caractère lusitanien accentué des couches à *Tapes* du Danemark.

On peut distinguer successivement :

1^o les couches supérieures (2) à *Tapes* qui s'élèvent à l'alt. 30-45^m près de Christiania, et plus au S., en Jarlsberg, à 15-20^m seulement ;

2^o les couches inférieures (2) à *Tapes* dont l'altitude varie entre 13^m près de Christiania et 3 ou 5^m plus au S. en Jarlsberg et en Smaalenene ;

3^o les bancs à *Scrobicularia* dont l'altitude ne dépasse guère 5^m près de Christiania et s'abaisse encore au S. jusqu'à zéro ou 3^m en Smaalenene.

J'ajouterai qu'en certains points de la péninsule scandinave, la ligne de rivage de la mer à Littorines se trouve à l'alt. + 80.

Remarques sur la répartition des Littorines dans les couches à Tapes de Danemark. — Très souvent, bien que les Littorines n'en constituent pas les fossiles caractéristiques, elles abondent dans les couches à *Tapes* lorsque celles-ci se présentent sous forme de graviers littoraux, riches en fossiles. Je citerai, à titre d'exemple le gisement de Billidt, près de Frederkssund sur la rive orientale du fjord de Roskilde (île de Sjælland) où m'ont conduit MM. Madsen et Nordmann. On y trouve en abondance, parmi d'autres espèces en grand nombre : *Littorina littorea* L., *L. obtusata* L., *L. rudis*, ainsi que *C. edule* L., *C. exiguum* Gm., *Mytilus edulis* L., *Ostrea edulis* L., *Nassa reticulata* L., *Bittium reticulatum* L., *Hydrobia ulvae* L., sans oublier les Balanes et *Polydora ciliata* dont les perforations couvrent certains galets. Les *Tapes* sont moins communs.

Je citerai encore les gisements de faluns à *Dosinia exoleta* des environs de Frederikshavn en Vendsyssel (côte du Kattegat) que j'ai visité avec M. Axel Jessen, et où abondent, outre les mêmes espèces que précédemment, *Dosinia exoleta* L., *Venus gallina* L., *Tellina balthica* L., *Macra truncata* D. C. *Aporrhais pes pelecani* L.

Dans d'autres gisements, les Littorines sont au contraire beaucoup plus rares: tel est celui de Lökken sur la côte occidentale de Vendsyssel (Skagerrack), que j'ai visité avec M. Axel Jessen. On peut y observer un falun formé presque exclusivement d'*Ostrea edulis* plus ou moins fragmentées et de *Bittium reticulatum*, et qui semble s'être constitué au fond d'une ancienne ramification du Limfjord. Parmi les espèces communes, on peut y signaler en outre: *Nassa reticulata* L., *C. edule* L., *C. exiguum* Gm., *Mytilus edulis* L., *Hydrobia ulvae* Pennant, *Rissoa parva* D. C., *Utriculus truncatulus*, *Onoba striata*, *Montacuta bidentata*; les *Tapes* sont moins fréquents. Quant aux Littorines, elles font partie des espèces rares du gisement, et lorsque M. A. Jessen m'a conduit à Lökken, nos recherches conjuguées ne nous ont permis d'y récolter que quelques exemplaires de *L. obtusata* de petite taille.

Les *Tapes* sont parfois eux-mêmes très rares dans certains gisements (Lökken, par exemple).

(1) Au point de vue archéologique, c'est l'époque de belle civilisation du Bronze danois.

(2) Topographiquement parlant.

Couches à Mya arenaria. — La phase d'émersion qui s'est manifestée au cours du dépôt des couches à *Dosinia exoleta* a continué dans les îles Danoises, le Jutland et la Scandinavie jusqu'à nos jours.

En même temps la faune des couches à *Tapes* s'appauvrit de plusieurs formes lusitaniennes, telles que les différents *Tapes* autres que *T. pullastra* ; en revanche on voit apparaître *Mya arenaria*. Bien que toujours boréo-lusitanienne, elle accentue son caractère boréal. C'est la faune actuelle des côtes danoises (1). La faune continentale est également la faune actuelle (2).

La Baltique est devenue moins salée et les Limnées survenues y vivent associées aux Littorines ; *Mya arenaria* y a pénétré à son tour.

Au point de vue botanique, l'assise à *Mya* est contemporaine du grand développement du Hêtre et de la disparition du Pin (3).

§ 2. — INCLINAISON GÉNÉRALE DES TERRASSES MARINES ET DES LIGNES DE RIVAGE EN SCANDINAVIE ET EN DANEMARK.

Les recherches de MM. Gignoux et de Lamothe, puis de Depéret ont établi d'une façon des plus nettes que, si l'on met de côté certains points particuliers dénivelés secondairement par des accidents locaux, les côtes méditerranéennes et atlantiques présentent des lignes de rivages et des terrasses marines quaternaires, sensiblement horizontales et d'équidistance sensiblement constante.

J'ai confirmé ces indications dans le présent mémoire en ce qui concerne les lignes de rivage monastirienne, préflandrienne, et flandrienne sur les côtes N. W. de France, du Poitou à la Flandre.

A ce dispositif que l'on peut qualifier d'*atlantique*, on doit opposer le dispositif *scandinave*, qui est caractérisé par l'*obliquité*, le *gauchissement*, et l'*inéquidistance* des terrasses marines et des lignes de rivages.

Ces caractéristiques sont maintenant bien connues grâce aux nombreuses recherches des géologues scandinaves et danois.

Dans les terres arctiques, certaines lignes de rivage, non datées exactement d'ailleurs, mais d'apparence très jeune, sont portées actuellement à des altitudes extraordinairement élevées.

Spitzberg. — Au Spitzberg, on a relevé de semblables lignes de rivage jusqu'à l'altitude 340 m. (4).

Novaïa-Zemlia. — En Novaïa-Zemlia, le long du rivage oriental de l'île et sur les bords du détroit de Matotchkin, Roussanoff a fait connaître jusqu'à six lignes de rivage étagées, ayant toutes une faune identique à la faune actuelle de la mer arctique voisine; la plus élevée atteint l'altitude de 150 m. (5).

(1) Sauf l'immigration toute récente de *Petricola pholadiformis* Lmk.

(2) Au point de vue archéologique la mer à *Mya arenaria* est contemporaine de l'âge du fer danois et de diverses périodes historiques.

(3) Cet arbre a été réintroduit, en Danemark, à l'état cultivé, par l'Homme.

(4) HOEL. Expédition norvégienne au Spitzberg ; Rapport de 1920, p. 28.

(5) ROUSSANOFF. Oscillation des lignes de rivages en Nouvelle Zemle. fig 1, p. 3-6.

Péninsule scandinave. — Dans la péninsule scandinave les déplacements et déformations des lignes de rivage ultérieurs à leur établissement offrent une intensité également considérable : la ligne de rivage glaciaire postérieure atteint l'altitude 275 m. près du golfe de Bothnie, en Suède. La ligne de rivage du lac à *Ancylus* est susceptible d'atteindre l'altitude 100 m., et la ligne de rivage de la mer à Littorines, l'altitude 80 m.

Ile de Bornholm. — Je citerai également l'allure des cordons littoraux anciens de l'île de Bornholm. (1)

La ligne de rivage de l'assise à Littorines qui se trouve à l'altitude 3^m50 au S. de l'île est portée à 11^m dans la partie N. Elle possède une pente de 8^m sur 20 km., soit 0,04 %. La ligne de rivage senglaciale est à l'altitude 9^m50 dans le S. de l'île près Rønne; au contraire, elle atteint au N. l'altitude de 21^m50 près de l'Hammer-Odde; soit une pente N.-S. de 12^m pour 20 à 22 km., soit 0,05 à 0,06 %. L'exhaussement de la ligne de rivage senglaciale a donc été plus considérable que l'exhaussement de la ligne de rivage de l'assise à Littorines.

Il est aisé d'ailleurs de se rendre compte sur les cartes publiées par MM. Grönwall et Milthers que le plan idéal correspondant à la ligne de rivage senglaciale a été gauchi et cela antérieurement au dépôt des couches à Littorines.

Région danoise et fjord de Christiania. — Je reviendrai enfin à la péninsule danoise où les déplacements récents des lignes de rivages ont eu une intensité très variable au N. et au S.

Si, partant de la région de Christiania, on suit les différentes couches senglaciales et postglaciales jusque dans le Slesvig, on peut observer le dispositif suivant:

A *Christiania*, les couches senglaciales (ou glaciaires postérieures), atteignent une altitude voisine de 200 m. ; ce ne sont pas des couches littorales d'ailleurs, de telle sorte que l'on doit placer la ligne de rivage correspondante à une altitude plus élevée encore. Les bancs à *Mya* correspondant aux assises *Zirphæa* et à *Ancylus* se présentent à des altitudes décroissantes, jusque vers 110 m., de telle sorte que les couches les plus anciennes sont les plus élevées.

Les couches à *Tapes* se présentent beaucoup plus bas vers 45 m. seulement ; elles se succèdent également à des altitudes décroissantes jusqu'au voisinage du niveau marin actuel.

On trouve d'ailleurs un grand nombre de bancs à des altitudes diverses : chacun d'entre eux ayant été surélevé dès sa formation.

Au S. de *Christiania*, on retrouve le même dispositif, les différents bancs étant toute fois portés à des altitudes moins fortes qu'à *Christiania*.

Dans le N. de *Vendsyssel*, l'altitude des dépôts du senglacial ne dépasse pas 40 m., celle des couches à *Zirphæa* 20 m., celles des tourbes de l'époque à *Ancylus* 7 m. Puis, fait capital, les couches de l'assise à *Tapes* se montrent à des altitudes plus élevées que les tourbes : 14 m. A partir des plus anciennes couches à *Tapes*, on retrouve des bancs nombreux, de plus en plus récents à des altitudes régulièrement décroissantes (dans la presqu'île de Skagen, par exemple).

(1) RÖRDAM [3]. Geol. undersøg. paa Fraennemark ved Svaneke, paa Bornholm, 1875 ; — GRÖNWALL et MILTHERS. Kortbladet Bornholm, 1916 ; — MILTHERS [1]. Bornholm Geologi, 1916.

Dans le S. de Vendsyssel, dans le Jutland et le Slesvig, les différentes couches reconnues s'abaissent du N. au S. En particulier les couches à *Tapes* et les tourbes de l'assise à *Ancylus* tendent vers une altitude assez voisine de zéro dans le Slesvig, le niveau des tourbes à *Ancylus* restant constamment inférieur en chaque point considéré au niveau atteint par les couches à *Tapes*. Ainsi la région de Vendsyssel montre une sorte de charnière, au S. de laquelle les dépôts de l'assise à *Ancylus* sont à peine inclinés et altimétriquement inférieurs à ceux de l'assise à *Tapes*, selon la succession stratigraphique normale, tandis qu'au N. les couches de l'assise à *Ancylus* sont brusquement pliées et portées, en Norvège, au-dessus des couches de l'assise à *Tapes*.

Il n'est pas sans intérêt de constater que cette charnière est située très peu au N. de la limite d'extension du glacier würmien.

Conclusions. — Ces différents faits suffisent à prouver que dans les régions baltes, scandinaves et arctiques, qui furent recouvertes par les glaces de la dernière glaciation, les lignes de rivage ont été déplacées, inclinées et déformées ultérieurement à leur établissement ; les déformations étant d'autant plus considérables que ces lignes de rivage sont plus anciennes.

Ces faits étant acquis, on conçoit que la méthode de classification générale des terrains quaternaires proposée par M. Depéret, basée sur l'altitude des lignes de rivage, et qui donne des résultats si remarquables dans le domaine atlantique des côtes européennes, fasse complètement défaut dans le domaine scandinave, pour les couches les plus récentes du quaternaire, et a fortiori pour les couches les plus anciennes.

La comparaison des couches quaternaires du domaine scandinave avec celles du domaine atlantique ne pourra être basée que sur des caractères géologiques purs : stratigraphiques et paléontologiques. Les mouvements relatifs de la terre et de la mer ne pourront être pris en considération dans cette comparaison qu'à titre d'indication.

Il en sera de même des oscillations glaciaires dont l'utilisation ne pourra être qu'indirecte.

Il y a d'ailleurs lieu d'observer, surtout en ce qui concerne les faunes marines, que les comparaisons fauniques des différentes couches ne pourront être faites espèces par espèces. En effet la faune actuelle de l'Atlantique diffère sensiblement de celle des côtes danoises, à plus forte raison devait-il en être ainsi lorsque l'inlandsis s'étendait en Angleterre et aux Pays-Bas. Il y aura lieu d'utiliser surtout les grandes modifications générales des faunes marquant les grandes oscillations de la température des mers.

§ 3. — COMPARAISON DES DÉPÔTS QUATERNAIRES DANOIS AVEC LES DÉPÔTS QUATERNAIRES DU NORD DE LA FRANCE.

I. *L'Eemien correspond au Tyrrhénien.* — La succession des couches marines qui font partie du 1^{er} interglaciaire danois (2^e interglaciaire de la classification générale, ou mindelo-rissien) montre qu'un réchauffement considérable de la mer s'est opéré au fur et à mesure de la fonte du glacier mindélien. La mer néerlando-danoise est devenue plus chaude que la mer du Nord actuelle, lors du dépôt des couches eemiennes. L'époque eemienne est la plus chaude de tout le quaternaire danois.

Or il est établi qu'en Méditerranée les couches tyrrhéniennes renferment également la faune la plus chaude que les dépôts quaternaires méditerranéens aient fournis. J'ai été amené à rapporter au Tyrrhénien le soubassement des dunes de Ghyvelde, pour cette raison climatique.

L'assimilation de l'Eemien à tout ou partie du Tyrrhénien, déjà proposée par M. Depéret ⁽¹⁾, est la conclusion logique de cette observation. Elle est vérifiée par ce fait que l'Eemien est postmindélien ; de même que le Tyrrhénien marin se relie à des nappes fluviales tyrrhéniennes nettement plus jeunes que les terrasses fluvio-glaciaires mindéliennes dans le bassin du Rhône.

II. *La série de Skaerumhede correspond au Monastirien.* — L'interglaciaire danois II (3^e interglaciaire général ou risso-monastirien) est représenté par l'étage de Skaerumhede. La faune marine y est primitivement froide, essentiellement boréale, un peu plus froide que la faune actuelle des mers danoises bien qu'assez voisine dans l'ensemble ; elle se refroidit encore d'ailleurs dans la partie supérieure de l'étage. J'ai reconnu qu'à Sangatte la faune marine des couches monastiriennes est un peu plus froide que la faune marine actuelle bien qu'assez voisine dans l'ensemble. La faune continentale monastirienne de la France est de même plus froide que la faune actuelle. Dans la Méditerranée on assiste à un refroidissement marqué de la faune, surtout le long de la côte européenne.

On peut donc conclure à l'assimilation de l'étage interglaciaire de Skaerumhede à tout ou partie du Monastirien. Cette assimilation est d'ailleurs vérifiée par le fait que l'étage de Skaerumhede est nettement post-rissien, de même les couches monastiriennes se relient à des nappes fluviales nettement postérieures aux cônes fluvio-glaciaires rissiens.

III. *Le Flandrien moyen (assise de Calais) correspond aux couches à Tapes (ou à Littorines).* — La faune marine du Flandrien moyen est boréo-lusitanienne de la Manche au Poitou. Il en est de même de la faune des couches à *Tapes*. En quelques points favorables j'ai pu mettre en évidence certains caractères lusitaniens plus marqués que dans la faune actuelle au point considéré : abondance de grandes *O. edulis* dans le cordon littoral des Pierrettes, présence de *Bittium reticulatum* dans le cordon littoral de Bel-Air, absence ou extrême rareté de *Tellina balthica* dans les cordons littoraux flamandriens moyens du Marais poitevin. De même la faune des couches à *Tapes* est voisine de la faune actuelle des mers danoises avec caractère lusitanien accentué grâce à la présence de quelques types (*Tapes*) aujourd'hui émigrés de la Mer du Nord.

J'ai suffisamment attiré l'attention sur le fait que les Littorines ne sont pas toujours présentes dans l'assise à *Tapes* (Assise à Littorines) du Danemark pour que l'absence de Littorines dans certains gisements du Flandrien moyen ne puisse être invoquée en défaveur de l'assimilation ici établie. Il en est de même d'ailleurs des *Tapes* qui sont rares dans certains gisements du Danemark (Couches à *Ostrea* de Lökken, argiles de polder).

La faune des dépôts continentaux en relation avec les cordons littoraux flamandriens

(1) DEPÉRET [4]. Coordination générale, C. R., t. 174, 1922, p. 1502, extr. p. 2.

moyens est la faune connue sous le nom de « faune de la tourbe ». Il en est de même pour les tourbes en relation avec l'assise à *Tapes*, sauf la présence de quelques types tels qu'*Alices machlis* qui émigrent d'ailleurs de la région danoise au cours des temps à *Tapes*.

On doit donc admettre la correspondance de l'assise de Calais avec les couches à *Tapes* (ou assise à Littorines).

IV. *Le Flandrien supérieur (assise de Dunkerque) correspond aux couches à Mya arenaria*
Le Flandrien supérieur en Flandre est caractérisé par *Mya arenaria* qui apparaît à l'orée de nos temps historiques. De même *Mya arenaria* apparaît en Danemark à l'âge du fer.

Ces repères stratigraphiques établis, il est aisé maintenant d'établir les correspondances respectives des différentes couches quaternaires du Nord de la France avec celles du Danemark en partant des plus anciennes.

Sicilien et Milazzien. Ces étages ne sont représentés par des dépôts marins ni dans le N. de la France ni en Danemark. J'ai noté d'autre part l'incertitude où l'on se trouve sur la place exacte des couches continentales danoises préglaciaires. Il n'y a donc pas à s'y arrêter.

Tyrrhénien. — Le soubassement des dunes de Ghyvelde qui paraît attribuable au Tyrrhénien correspond ainsi à l'Eemien, comme il a été dit.

D'autre part les assises inférieures de l'interglaciaire I danois (assise d'Esbjerg et de Vognsbøl) doivent être classées dans le Tyrrhénien en raison même de leur position stratigraphique, leur faune froide s'expliquant suffisamment par le fait du recul récent du glacier mindélien. Ils constituent le Tyrrhénien inférieur.

Monastirien. — La correspondance avec l'étage de Skaerumhede a été établie déjà.

Flandrien. — Le Flandrien correspond au senglacial et au postglacial, c'est-à-dire à l'ensemble de couches que j'ai désignées plus haut sous le nom d'*après-glaciaire*.

En effet le Flandrien moyen, on l'a vu, correspond à l'assise à *Tapes*.

On va voir que le Flandrien inférieur correspond au Senglacial.

Flandrien inférieur (assise d'Ostende). — L'assise d'Ostende, sous son facies marin, présente vers la base des formes actuellement émigrées de la Flandre (en particulier quelques formes arctiques).

D'autre part sous un facies d'estuaire, à Coquelles, ou sous un facies fluviatile (alluvions de fond des vallées), elle a livré une faune continentale arctique.

Bien que les couches senglaciales sous leur facies continental n'aient pas encore fourni *E. primigenius* en Danemark, le caractère arctique de la faune marine, de la faune mammalogique et de la flore du senglacial permet, au même titre que la position stratigraphique, d'admettre la correspondance du Flandrien inférieur et du senglacial.

La partie supérieure de l'assise d'Ostende qui, en certains points, a fourni *Zirphæa crispata* et *Mya truncata*, se parallélise ainsi aux couches à *Zirphæa* de Vendsyssel, et par suite aux bancs à *Mya truncata* correspondants des environs de Christiania.

Tourbes profondes (niveau de Coquelles). — Il en résulte que les tourbes profondes de Calais, Coquelles et des différents sondages de Picardie intercalés entre le Flandrien

inférieur = Senglacial, et moyen = assise à Littorines, correspondent exactement à l'assise à *Ancylus* ou alluvions d'eau douce inférieures des géologues danois.

Tourbes du Dogger-Bank. — Les tourbes du Dogger-Bank à faune arctique (*E. primigenius sibiricus*) qui sont situées à des profondeurs susceptibles d'atteindre 40 m., ne peuvent être assimilées aux tourbes de l'assise à *Ancylus* à faune tempérée ainsi qu'on l'a parfois proposé. Elles correspondent au senglacial ou Flandrien inférieur, ou sont plus anciennes que le Flandrien inférieur, ainsi que semble l'indiquer d'autre part leur altitude.

Les plus inférieures d'entre elles au moins se sont vraisemblablement formées au moment du maximum de régression préflandrienne.

Je montre plus loin que les glaciations ont été synchroniques des oscillations négatives du niveau marin ; il est donc rationnel de faire correspondre les tourbes du Dogger-Bank au moins en partie au glaciaire würmien.

S'il en est ainsi, il y a lieu d'admettre que l'inlandsis würmien n'a pas occupé cette région de la mer du Nord, et il se trouve confirmé que les moraines du Norfolk sont rissiennes et non pas würmiennes (opinion émise par J. Geikie et Wright) (1).

Flandrien moyen (= Assise de Calais) = Assise à Littorines ou à *Tapes*. — Cette correspondance a été établie plus haut.

Flandrien supérieur (= Assise de Dunkerque) = Assise à *Mya arenaria*. — Cette correspondance a été établie déjà.

Il resterait à noter les relations stratigraphiques des différents limons avec des couches correspondantes du Danemark. La rareté de Mammifères fossiles au Danemark dans les dépôts antérieurs au senglacial rend impossible toute précision à ce sujet pour les limons autres que les ergerons. En ce qui concerne ces derniers, leur faune et leur position stratigraphique permettent de les assimiler, au moins en partie, aux différents dépôts continentaux du Senglacial (présence de *Rangifer tarandus*) et de l'assise à *Ancylus*.

On notera d'ailleurs la présence de *C. rufescens* dans les ergerons du Nord de la France avec faune arctique, et dans les couches fluviatiles de Nørre Lyngby avec flore arctique.

Le fait qu'on n'a pas encore signalé au Danemark *E. primigenius* var. *sibiricus* dans les dépôts de tourbes du Glaciaire postérieur me paraît être une lacune paléontologique à combler.

On trouvera dans le tableau de comparaison générale qui termine ce travail, les relations stratigraphiques indiquées.

§ 4. — COMPARAISON DES MOUVEMENTS RELATIFS DE LA TERRE ET DE LA MER SUR LA CÔTE NORD-OUEST DE LA FRANCE ET DANS LA RÉGION DANOISE AU COURS DES TEMPS FLANDRIENS.

Les dépôts flandriens de la région gallo-belge et les couches qui leur correspondent dans la région danoise sont situées à des altitudes extrêmement différentes. Le tableau suivant rend compte de ces différences d'altitude :

(1) Cf. DEPÉRET [1]. Coordination générale, *C. R.*, t. 171, 1920, p. 212, extr.p. 6.

Altitude des différentes assises flandriennes dans le Nord de la France, en Danemark et dans la région de Christiania (1).

	Nord de la France	Slesvig Jutland S.	Jutland N. Vendsyssel S.	Vendsyssel N.	Jarlsberg Smalene	Christiania
Flandrien supérieur - Assise à <i>Mya arenaria</i>	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0
Flandrien moyen = Assise à Tapes = A. à Littorines	Récent	+ 0	+ 0	+ 4	+ 5	+ 13
	Ancien	(—)	+ 0	+ 5, + 10	+ 15, + 20	+ 30, + 45
Flandrien inférieur	Assise à <i>Ancylus</i>	- 15	- 0	+ 7	+ 60, + 185	+ 110, + 185
	Assise à <i>Zirphaea</i>	- 15, - 20		+ 15, + 20	+ 130, + 175	+ 175 +
	Senglacial	- 20, - 25		+ 10, + 15	+ 30, + 40	+ 130, + 150	+ 200 +

On remarquera que, au S. du Jutland, dans le Slesvig danois, les tourbes à *Ancylus*, les couches représentant l'assise à Littorines, les argiles de polders à *Mya arenaria* atteignent toutes une altitude voisine de zéro.

Dans le Slesvig allemand, à Bredsted, Husum, Frederichstadt, des sondages ont révélé une structure du Marsk différente de celle des environs de Ribe ; on a traversé une trentaine de mètres d'argiles de polders, de sables et de tourbes reposant sur des dépôts glaciaires. Parfois on a observé deux banes de tourbe le banc supérieur étant situé vers —3 m. environ (2). Les différentes couches n'ont pas été datées exactement, ni géologiquement, ni historiquement ; on doit toutefois noter la grande ressemblance de cette structure avec celle de la Plaine maritime flamande.

Plus au S., sur les côtes frisonnes, on pénètre d'ailleurs dans le domaine néerlandais où l'on a connaissance d'inondations marines historiques tardives analogues à celles qui ont été étudiées depuis la Flandre jusque sur les côtes bretonnes.

Au contraire, dans le Slesvig danois, plus au N. on n'a pu mettre en relief aucune submersion postgallo-romaine, ni même postérieure à l'âge du bronze : depuis cette époque on ne peut enregistrer que des phénomènes d'émersion.

De ces observations on peut conclure que le Slesvig constitue une sorte de charnière au S. de laquelle des submersions tardives historiques se sont produites, tandis qu'au N. il ne s'est produit synchroniquement que des phénomènes d'émersion. Au N. de cette charnière, les couches de l'assise à *Ancylus* sont brusquement relevées à des altitudes voisines de 0 qu'elles conservent ensuite jusqu'à la charnière de Vendsyssel.

(1) Les indications + 0 et - 0 signifient que la surface de la couche considérée se trouve un peu au-dessus ou un peu au-dessous de zéro ; l'indication (—) correspond à une altitude négative non déterminable ; l'indication + à la suite d'un nombre indique que l'altitude maxima de la ligne de rivage correspondante n'est pas exactement connue mais qu'elle est plus élevée que le chiffre inscrit.

(2) JESSEN A. [3]. Marsken ved Ribe, p. 39-42.

Cette conclusion confirme l'opinion émise à plusieurs reprises au cours de ce mémoire d'après laquelle les inondations postgallo-romaines des côtes flamandes et d'une façon générale du N. W. de la France et du S. de l'Angleterre n'étaient nullement dues à des accidents *locaux* de ruptures de digues à la suite de tempêtes violentes. La généralité du phénomène dans le domaine atlantique du N. W. de l'Europe et au contraire son absence dans le domaine scandinave indiquent bien que ces inondations relèvent d'un phénomène général de transgression marine qui s'est manifesté dans le domaine atlantique et qui ne s'est pas manifesté ou qui a été masqué par une élévation de la surface continentale dans le domaine scandinave.

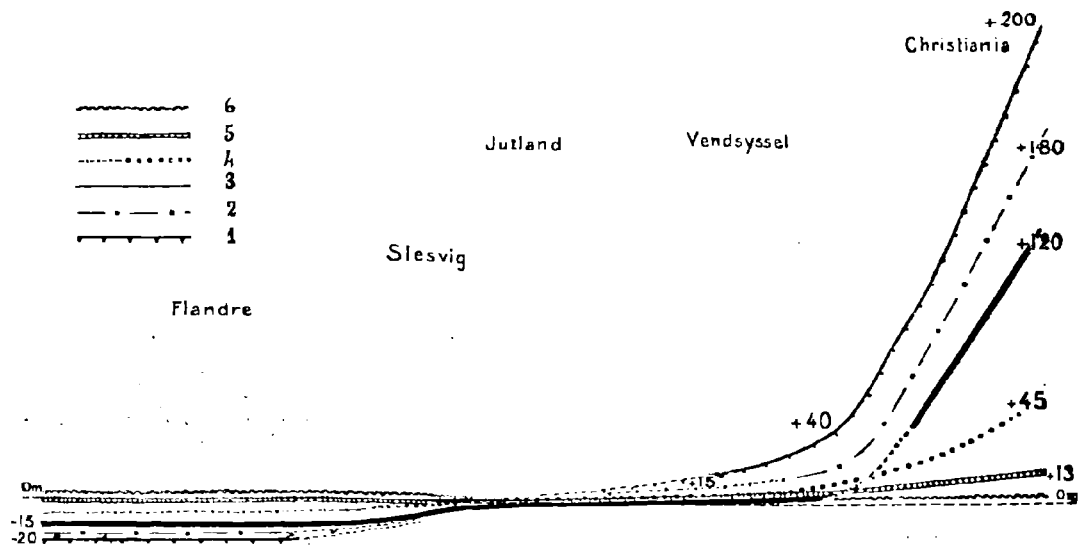


FIG. 39. — Altitudes des différentes lignes de rivages flamandaises de la Flandre à la Scandinavie.

LÉGENDE. — *Flandrien inf.* : 1, ass. d'Ostende, sen-glacial ; — 2, zone sup. de l'ass. d'Ostende, ass. à *Zirphæa* ; — 3, tourbe de Coquelles, ass. à *Ancylus* ; — *Fl. moyen* : 4, zone inf. de l'ass. de Calais, couches anciennes à *Tapes* ; — 5, zone sup. de l'ass. de Calais, couches à *Dosinia* ; — *Fl. sup.* : 6, ass. de Dunkerque, ass. à *Mya arenaria*.

On notera d'autre part que la charnière du Slesvig se trouve non seulement au N. des moraines rissiennes, mais aussi un peu à l'W. des moraines terminales würmiennes.

Ces données permettent maintenant de tracer dans ses grandes lignes l'histoire comparée des mouvements relatifs de la terre et de la mer sur la côte N. W. de la France et dans la région danoise au cours des temps flamandais. (fig. 40).

Après la glaciation würmienne, la ligne de rivage se trouve à l'altitude de —30 ; une grande partie de la mer du Nord et de la région danoise se trouve émergée (tourbes du Dogger-Bank). Une oscillation positive du niveau marin amène la ligne de rivage à une altitude assez voisine de —20, —15 ; il y a immersion plus ou moins marquée des régions atlantiques et scandinaves. Pourtant en Vendsyssel cette immersion est interrompue par

une émerision qu'on ne retrouve pas sur les côtes du domaine atlantique et qui marque la fin du senglacial proprement dit (sables à *Saxicava*). Mais la submersion s'y manifeste bientôt à nouveau par la formation des cordons littoraux à *Zirphæa crispata*.

Une oscillation négative du niveau marin se produit alors; elle est très générale, bien que dans le domaine atlantique elle paraisse peu intense; elle est marquée par la formation du banc de tourbe profonde de Calais et des limons d'Ostende. Dans la région baltique et scandinave, cette oscillation négative est considérable, elle se manifeste par une émerision générale; c'est la grande période continentale du lac à *Ancylus*.

Mais l'oscillation positive flandrienne se manifeste à nouveau par le dépôt des couches de l'assise de Calais, dans la région atlantique, — par celui des couches à *Tapes*, dans la région danoise. C'est ici la grande submersion du *Litorinasaenkning* qui se manifeste sur tout le pourtour du territoire danois, en Baltique, et sur presque toutes les côtes scandinaves. Cette phase de submersion se suit également avec une grande constance sur toutes les côtes de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique; elle se manifeste en Flandre, en Angleterre, dans le Pas-de-Calais, en Picardie, le long des côtes bretonnes et sur la côte atlantique du S.-W. de la France.

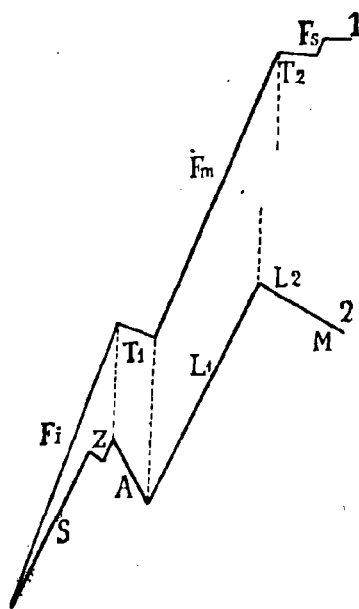


FIG. 40. — Oscillations de la ligne de rivage en Flandre et en Danemark aux temps flandriens

LÉGENDE. — 1, courbe des oscillations de la ligne de rivage en Flandre; — 2, en Danemark; — Fi, Fm, Fs, Flandrien inf., moyen et sup. (phases positives); — T₁, émerision du niveau tourbeux de Coquelles; — T₂, du niveau tourbeux prégallo-romain; — S, Senglacial; — Z, assise à *Zirphæa*; — A, émerision de la période à *Ancylus*; — L₁, période à Littorines (*Litorinasaenkning*); — L₂, émerision de la période à *Dosinia*; — M, à *Mya arenaria*.

REMARQUE. — Dans cette figure les courbes 1 et 2 figurent le mouvement relatif du niveau marin supposé seul mobile, par rapport au continent supposé immobile. Dans la figure 39 sont au contraire mises en évidence les déformations du continent dans la région scandinave.

La tendance à la submersion générale dans l'Europe occidentale et septentrionale est bientôt contrebalancée dans la région scandinave par un mouvement inverse d'émerision qui devient prépondérant en Danemark (à peu près au moment de l'introduction du bronze). D'ailleurs, la transgression générale est à ce moment aussi calmée dans tout le domaine atlantique, et cela depuis les temps protohistoriques.

Elle tend à reprendre, bien faiblement d'ailleurs, après les temps gallo-romains jusqu'au cours du Moyen-Age, mais ne se fait sentir que dans le domaine atlantique :

elle est évidemment masquée dans la région scandinave par le mouvement d'exhaussement du territoire scandinave.

Ainsi dans la région atlantique les phases positives de la transgression flandrienne ont été prépondérantes sur les phases négatives et ont provoqué une immersion des côtes d'une amplitude d'au moins 30 mètres. Dans la région scandinave, les mêmes phases se sont manifestées mais la tendance à la submersion a été masquée (depuis le retrait du glacier würmien) par un exhaussement propre du massif scandinave qui a provoqué l'émersion générale des formations flandriennes.

Un des résultats de ces phénomènes se manifeste par la position topographique des différentes assises flandriennes, (fig. 39): tandis qu'en Flandre elles se succèdent en position stratigraphique normale, dans le Nord du Danemark les plus anciennes sont les plus élevées en altitude, sauf les couches à *Ancylus* qui se trouvent normalement sous les couches à Littorines. Près de Christiania le mouvement d'exhaussement a été plus intense encore ; il y a inversion complète dans l'ordre normal de succession des couches.

Les mouvements relatifs de la terre et de la mer au cours des temps flandriens en Danemark semblent donc résulter de l'interférence de deux mouvements différents :

a) Un mouvement essentiellement positif du niveau marin, avec deux phases accessoires nulles ou légèrement négatives, général à tout le N.-W. de l'Europe.

b) Un mouvement local d'exhaussement du sol qui coïncide avec le recul du glacier würmien.

§ 5. — COMPARAISON DES OSCILLATIONS DES LIGNES DE RIVAGE DANS LE NORD-OUEST DE LA FRANCE ET EN DANEMARK AUX TEMPS PRÉFLANDRIENS.

Le grand mouvement transgressif flandrien est du même ordre que les oscillations positives sicilienne, milazienne, tyrrhénienne, monastirienne mises en lumière par MM. Depéret, Gignoux, de Lamothe, dans la Méditerranée et l'Atlantique. On peut dès lors se demander par comparaison s'il est possible de retrouver aux époques tyrrhénienne et monastirienne des phénomènes d'exhaussement du massif scandinave identiques à ceux qui se sont manifestés aux temps flandriens.

Pour faciliter l'exposé des faits et afin de ne préjuger d'aucune théorie, j'appellerai oscillations « *atlantiques* » les oscillations ayant provoqué les déplacements généraux des lignes de rivage dans la région N.-W. de l'Europe ; oscillations « *scandinaves* » les oscillations propres aux régions boréales.

La fonte du glacier mindelien est suivie d'une immersion d'une partie du Danemark, qu'on peut comparer à l'oscillation positive atlantique tyrrhénienne. Au cours de cette oscillation positive atlantique, un exhaussement scandinave produit l'émersion pré-eemienne, alors que la submersion des côtes atlantiques et méditerranéennes continue.

Le retrait du glacier étant effectué, l'effort transgressif atlantique tyrrhénien se manifeste à nouveau dans la région baltique par l'immersion eemienne à faune chaude.

Lors de la phase négative tyrrhéo-monastirienne, on constate l'émersion générale des formations tyrrhéniennes. C'est alors aussi que se produit l'avancée glaciaire rissienne dont les dépôts viennent reposer sur un sol formé de couches eemiennes.

La fonte du glacier rissien est immédiatement suivie d'une submersion du Danemark septentrional amenant le dépôt des couches inférieures de Skaerumhede ; elle coïncide avec le début de l'oscillation positive atlantique monastirienne. Au cours de cette oscillation positive atlantique, un exhaussement scandinave produit non pas une émergence, mais une diminution de profondeur du bassin de sédimentation. Puis l'effort transgressif atlantique se manifeste à nouveau dans la région baltique par l'accumulation des couches supérieures de Skaerumhede.

Au cours de la phase négative monastiro-flandrienne, les dépôts monastiriens émergent. C'est alors que se produit l'avancée glaciaire würmienne (mecklenbourgeoise.)

La fonte du glacier monastirien est suivie de l'immersion senoglaciale déjà étudiée à propos des mouvements relatifs de la terre et de la mer au cours du Flandrien.

Ainsi dans la région danoise, on constate que les phases glaciaires coïncident avec les oscillations négatives du niveau marin (émergence) et les phases interglaciaires avec les oscillations positives (submersion) avec, en outre, des mouvements d'exhaussement interrompant à différentes reprises les submersions.

On peut donc relever au cours des temps préflandriens des faits tendant à démontrer qu'il s'est produit dans la région danoise, au même titre qu'aux temps flandriens, des oscillations de type scandinave s'interférant avec des oscillations de type atlantique. Ces observations m'engagent à vérifier dans quelle mesure on peut expliquer les mouvements d'oscillations reconnus, par les théories eustatique, isostasique, épeirogénique.

La théorie eustatique peut s'appliquer parfaitement aux oscillations de type atlantique : elle admet que les oscillations des lignes de rivage sont dues à des oscillations du niveau marin. Parmi l'une des causes invoquées pour les expliquer, je rappelle la fonte des inlandsis qui, ramenant de l'eau aux mers, en ferait monter le niveau ; en fait il y a lieu de constater que le début des oscillations atlantiques coïncide avec la fonte des inlandsis dans la région danoise.

La théorie isostasique s'applique aux oscillations de type scandinave. Elle admet que l'exhaussement du massif scandinave et en général des contrées couvertes par l'inlandsis est en relation avec la décompression de l'écorce terrestre, due à la fonte de la calotte glaciaire.

En faveur de l'adoption de cette manière de voir, on a signalé que les phases principales de l'exhaussement scandinave postglaciaire sont synchrones des phases principales de recul du glacier scandinave würmien (de même que dans toutes les régions qui ont été occupées par les glaciers quaternaires).

On a vu que l'on peut également retrouver dans les temps préflandriens des exhaussements scandinaves en relation avec les stades de retrait des glaciers mindelien et rissien.

Enfin il est digne de remarque, que les « charnières » de Vendsyssel et de Slesvig que j'ai décrites plus haut, se trouvent près des moraines terminales de la dernière glaciation. Toutefois dans la série d'observations relatives aux oscillations préflandriennes, on peut aisément relever des indications d'exhaussement scandinave paraissant en relation avec les phases de recul des inlandsis, mais on ne peut mettre nettement en relief le phénomène inverse : affaissement du massif scandinave en relation avec l'avancée glaciaire.

Mais ici encore la théorie isostasique est applicable à l'explication des faits signalés : si les affaissements scandinaves isostasiques dus aux avances glaciaires sont moins sensibles que les exhaussements dus aux retraits glaciaires, peut-on dire, c'est que les trois glaciations danoises : mindelienne, rissienne, würmienne, ont été de moins en moins étendues ; dès lors l'affaissement provoqué par chacune des poussées glaciaires a dû être moins intense que l'exhaussement provoqué par le retrait glaciaire précédent : le résultat est un exhaussement général.

La théorie *épeirogénique* s'applique également aux oscillations de type scandinave ; elle considère simplement que le vieux bouclier scandinave s'est surélevé au cours des temps quaternaires sans que les glaciers en soient cause. Elle ne fait que traduire le fait observé.

En résumé les deux théories *épeirogénique* et isostasique peuvent également expliquer les phénomènes observés ; toutefois, la théorie isostasique, qui cadre particulièrement bien avec les faits d'avance et de recul de glaciers, est plus séduisante que la théorie *épeirogénique*.

§ 6. — RELATIONS DES GLACIATIONS ET DES MOUVEMENTS D'OSCILLATION ATLANTIQUE.

Quoi qu'il en soit, en dehors de toute théorie, il y a lieu de mettre en relief que, dans la région baltique, les avances glaciaires se sont manifestées au cours des oscillations atlantiques *negatives*, tandis que les reculs glaciaires correspondent au début des oscillations atlantiques *positives*. (fig. 41)

M. Depéret était arrivé à des conclusions légèrement différentes pour la région méditerranéenne, par l'examen des relations des dépôts fluvio-glaciaires et des terrasses fluviales. D'après lui les avances glaciaires correspondent à la fin des oscillations atlantiques *positives*, tandis que les reculs glaciaires correspondent à une partie de l'oscillation négative qui suit. Les faits observés par M. Depéret dans la région fluvio-glaciaire du Rhône par exemple me paraissent cadrer en réalité avec les conclusions que je viens d'émettre :

M. Depéret a bien observé que les dépôts fluvio-glaciaires étaient en relation avec les couches supérieures des terrasses fluviales, dans les régions fluvio-glaciaires. Mais il n'est nullement prouvé que les couches supérieures des terrasses fluvio-glaciaires dans les régions d'amont d'un grand fleuve comme le Rhône sont exactement synchroniques des couches supérieures des terrasses fluvio-marines correspondantes.

Dans un cours d'eau de grande dimension, l'élévation du niveau de base ne peut retentir dans les régions amont qu'après une certaine période qui varie avec les dimensions du cours d'eau considéré, avec le profil du fleuve acquis après l'oscillation négative précédente. Si le profil d'équilibre n'a pas été atteint à la fin d'une phase négative, on conçoit même que le creusement du lit du fleuve peut encore se produire en amont alors que l'oscillation positive suivante a déjà commencé en aval. Inversement, une terrasse fluvio-glaciaire peut encore être susceptible de s'accroître par adjonction des matériaux glaciaires remaniés par l'eau alors que dans la région fluvio-marine la phase de creusement peut être commencée. On peut donc admettre que les terrasses fluvio-glaciaires ont une formation tardive par

rapport à celle des terrasses fluviô-marines. En conséquence les phases glaciaires *suivent* les phases marines transgressives et ne leur sont pas contemporaines.

Cette interprétation a l'avantage de faire cadrer à la fois les faits observés par M. Depéret dans le bassin rhodanien et les faits sur lesquels je viens d'attirer l'attention dans la région danoise.

Conséquences locales diverses de cette interprétation.

En accord avec cette interprétation il y a lieu d'admettre dès lors :

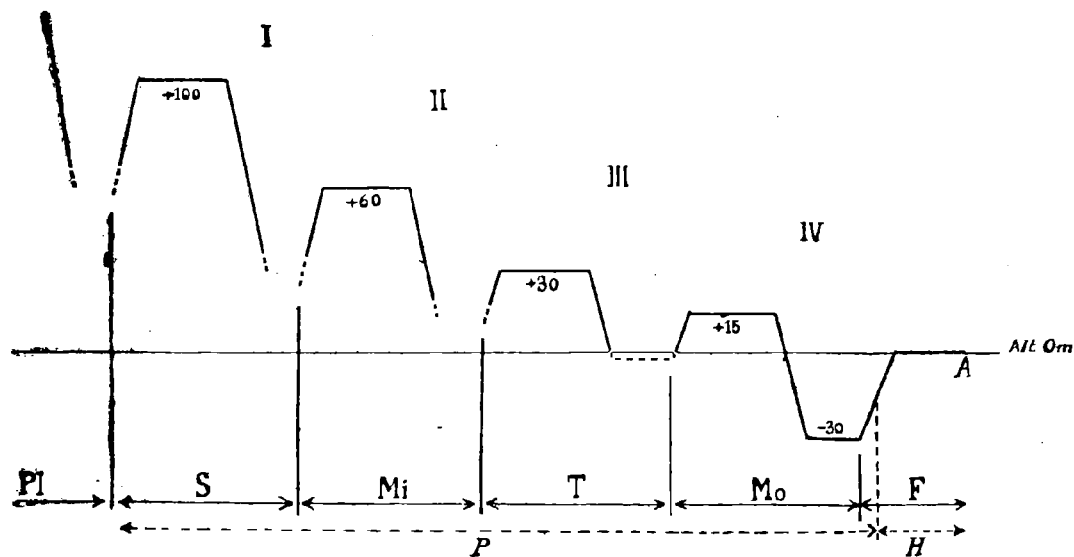


FIG. 41. — Rapports des glaciations et des oscillations principales de la ligne de rivage dans le N. W. de l'Europe

La courbe figure les oscillations de la ligne de rivage.

LÉGENDE. — Pl, Pliocène ; — S, Sicilien ; — Mi, Milazzien ; — T, Tyrrhénien ; — Mo, Monastirien ; — F, Flandrien ; — A, Actuel ; — I, II, III, IV, glaciations gūnzienne, mindelienne, rissienne, wūrmienne ; — P, Pliocène ; — H, Holocène.

1° Que les dépôts monastiriens marins de Sangatte, Coulogne, le Crotoy, Menchecourt sont interglaciaires, ainsi que l'indique d'ailleurs leur faune tempérée froide (mais non arctique).

2° Que les limons rouges à faune froide qui recouvrent les dépôts fluviô-marins ou fluviatiles monastiriens dans le bassin de la Somme et qui rentrent encore dans le Monastirien correspondent sensiblement au glaciaire wūrmien.

3° Que les limons panachés à faune chaude qui recouvrent les dépôts fluviatiles tyrrhéniens dans la vallée de la Somme correspondent sensiblement au glaciaire rissien.

4° Que la faune chaude à *E. antiquus* et Hippopotame a vécu dans le Nord de la France durant la glaciation rissienne, et n'a fait place à la faune froide à *E. primigenius* et *Rh. tichorhinus* que après la glaciation rissienne.

5° Que la faune froide a acquis son caractère arctique le plus prononcé après la glaciation wūrmienne.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

I. — Dans le Nord de la France, on reconnaît cinq subdivisions principales dans le quaternaire : Sicilien, Milazzien, Tyrrhénien, Monastirien, Flandrien. Les quatre premières ont été définies ou précisées par M. Depéret ; le dernier étage Flandrien, dont les limites ont été précisées dans le présent mémoire, correspond à la fois à la fin du Pleistocène et à l'Holocène (y compris l'actuel) tels que ces étages étaient définis jusqu'à présent.

Dans le Nord de la France, le Tyrrhénien est douteux à l'état marin ; le Monastirien marin est nettement représenté ; le Flandrien marin est particulièrement bien développé. Le Sicilien et le Milazzien ne sont que mal représentés par des dépôts fluviatiles.

II. — Le Flandrien correspond à l'après-glaciaire du quaternaire danois et peut se subdiviser comme suit :

3. *Flandrien supérieur* ou assise de *Dunkerque* = Assise à *Mya arenaria*. La phase moyenne de la transgression flandrienne correspond au Litorinasaenkning, submersion de l'époque à Littorines.

2. *Flandrien moyen* ou assise de *Calais* = Assise à Littorines et à *Tapes*.

1. *Flandrien inférieur* ou assise d'*Ostende* = Senglacial, assises à *Zirphæa* et à *Ancylus*.

III. — Les limons de tous les types ont pu se former à toutes périodes du quaternaire, et principalement pendant les phases régressives du creusement des vallées. Les plus anciens sont rarement conservés. On en connaît quelques-uns appartenant au Tyrrhénien. Les mieux conservés sont postmonastiriens : soit glaciaires (würmiens), soit post-glaciaires (flandriens).

Le facies lithologique d'un limon déterminé n'est nullement en rapport avec son âge, mais avec son soubassement géologique ou la nature géologique de la contrée environnante.

IV. — Dans les régions scandinaves et en particulier en Danemark, les mouvements relatifs de la terre et de la mer sont plus complexes que ceux des régions atlantiques et méditerranéennes de l'Europe. Ils résultent de l'interférence de deux types distincts d'oscillations : d'une part, d'oscillations générales du niveau marin qui sont celles de la région atlantique ; d'autre part, d'exhaussements et d'abaissements régionaux de la région scandinave (qui paraissent être en relation étroite avec les déplacements de la calotte glaciaire).

Dans le Nord de la France les oscillations sont du type atlantique.

V. — Les poussées glaciaires correspondent aux grandes phases négatives des oscillations marines, les retraits glaciaires aux oscillations positives.

VI. — La faune marine la plus chaude du quaternaire du N. W. de l'Europe est interglaciaire-tyrrhénienne.

La faune marine du Flandrien moyen de la région baltique est un peu plus chaude que la faune actuelle. Quelques indications en ce sens ont été fournies dans le Nord de la France ; elles sont toutefois moins nettes qu'en Danemark.

VII. — La faune continentale sicilienne du Nord de la France est mal connue. Les faunes milaziennes et tyrrhéniennes sont chaudes, y compris la faune glaciaire rissienne. L'apparition de la faune froide à *E. primigenius* est postrissienne, et la faune arctique de toundra postwürmienne (Flandrien inférieur).

C'est au cours du Flandrien moyen (assise de Calais) que la faune continentale est redevenue tempérée.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Abréviations les plus fréquemment employées

- A. F. A. S.* = Association française pour l'avancement des Sciences.
Anthr. = L'Anthropologie (Paris).
A. S. G. N. = Annales de la Société géologique du Nord (Lille); et *Mém. S. G. N.* = Mémoires de la....
A. S. Mal. B. = Annales de la Société royale malacologique de Belgique (1880-1904); et.... zoologique et malacologique de Belgique (depuis 1904) (Bruxelles).
B. S. Belg. G. (Brux.) = Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bruxelles).
B. S. G. F. = Bulletin de la Société géologique de France (Paris); — *C. R. Somm. G. F.* = Compte-rendu sommaire des séances de la....; et *Mém. S. G. F.* = Mémoires de la....
B. Serv. C. G. F. = Bulletin des Services de la Carte géologique de la France et des Topographies souterraines (Ministère des Travaux Publics) (Paris).
C. R. = Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences (Paris).
D. G. U. = Danmarks geologiske Undersøgelse (Copenhague)
F. J. Nat. = La feuille des jeunes Naturalistes (Paris).
Q. J. = Quarterly Journal of the geological Society of London (Londres).
-

- ARON. — Port de Calais. *Ports Maritimes de la France (Ministère des Trav. Publ.)*, t. I, de Dunkerque à Etretat, 1874, p 196-252.
ARON, CHARGUÉRAUD et BODIN. — Notice sur le Port de Calais. *Ibid.*, 1904, 234 p., 43 fig., 1 carte h. texte.
BARDOU Paul. — 1. Quelques galets de la plage d'Ault (Somme) *A. S. G. N.*, t. xxxi, 1902, p. 307-309.
— 2. Lettre sur les galets d'Ault adressée à M. Gosselet. *Ibid.*, t. xxxi, 1903, p. 124-128.
BARDOU P. et CONSTANT F. — Recherches sur la constitution des dunes du Nord de la France. *Ibid.*, t. xxxviii, 1909, p 360-368.

- BARRÉ O. — Origines tectoniques du Golfe de St-Malo. *Ann. Géogr.*, xiv^e année, 1905, p. 23-35, pl. II-III.
- BARROIS Charles — 1. Note sur les traces de l'époque glaciaire en quelques points des côtes de la Bretagne. *A. S. G. N.*, t. IV, 1877, p. 186-204, 1 fig.
- 2. Compte rendu de l'excursion de la Geologist's Association dans le Boulonnais. *Ibid.*, t. VI, 1879, p. 113-128.
- 3. Note sur la faune quaternaire de Sangatte. *Ibid.*, t. VII, 1880, p. 181-183.
- 4. Sur les formations quaternaires et actuelles des côtes du Boulonnais. *B. S. G. F.*, 3^e S., t. VIII, 1880, (*Réun. Extr.*), p. 552-557.
- 5. Sur les plages soulevées de la côte occidentale du Finistère. *A. S. G. N.*, t. IX, 1882, p. 239-268, Pl. V.
- 6. Légende de la feuille de Quimper (n^o 72) de la carte géologique de France, au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XVIII, 1890, p. 187-200.
- 7. Légende de la feuille de Vannes de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XVII, 1890, p. 210-226.
- 8. Légende de la feuille de Dinan (n^o 60) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXI, 1893, p. 25-40.
- 9. Légende de la feuille de Plouguernau et Ouessant (n^{os} 40 et 56) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXI, 1893, p. 382-391.
- 10. Légende de la feuille de Rennes (n^o 75) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXII, 1894, p. 21-38.
- 11. Légende de la feuille de Saint-Brieuc (n^o 59) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXIII, 1895, p. 66-87.
- 12. Sur l'origine de la Grande-Brière (Loire-Inférieure). *Ibid.*, t. XXIII, 1895, p. 194-197.
- 13. Légende de la feuille de Saint-Nazaire (n^o 104) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXIV, 1896, p. 137-160.
- 14. Sur les phénomènes littoraux actuels du Morbihan. *Ibid.*, t. XXIV, 1896, p. 182-226, Pl. IV-V.
- 15. Note sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne. *Ibid.*, t. XXVI, 1897, p. 33-44.
- 16. Légende de la feuille de Brest (n^o 57) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXXI, 1902, p. 16-32.
- 17. Découverte de galets de roches cristallines dans le banc de galets de St-Pierre-les-Calais. *Ibid.*, t. XXXIV, 1905, p. 111.
- 18. Légende de la feuille de Lannion (n^o 41) de la carte géologique de France au 1/80.000^e. *Ibid.*, t. XXXVII, 1908, p. 205-227.
- 19. Rapport sur les feuilles de Dinan et de Saint-Nazaire au 1/80.000^e. *B. Serv. C. G. F.*, t. XXV, n^o 143, 1920-21, p. 45-48.
- BAUDOIN, Les mégalithes submergés de la côte de la Vendée. *L'Homme préhistorique*, I, 1903, p. 130.
- BELPAIRE Antoine. — Mémoire sur les changemens que la côte d'Anvers à Boulogne, a subis tant à l'intérieur qu'à l'extérieur depuis la conquête de César jusqu'à nos jours. *Mém. couronnés en 1826 et 1827 par l'Acad. Roy. des Sc. et Belles-Lettres de Bruxelles*, t. VI, 1827, 177 p.

- BELPAIRE Antoine et Alphonse. — De la Plaine Maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark. — 1re Partie: Mémoire sur la Plaine Maritime depuis Anvers jusqu'à Boulogne, par Ant. Belpaire (2e éd.); — 2e Partie: Etude sur la Plaine Maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark, par Alph. Belpaire, 242 p., avec Notice historique sur la ville et le port d'Ostende, par Ant. Belpaire, (2e éd.), 27 p., et 26 p. de Notes, 1 coupe et 1 carte h. texte. Anvers 1855.
- BELTREMIEUX Ed. — Faunes de la Charente-Inférieure. *Ann. Soc. Sc., Nat Charente Inf.*, 1883, n° 20, p. 271-507.
- BERTRAND Alexandre. — Découverte d'un port gallo-romain et d'un port gaulois datés par l'étude des couches de vase dans le voisinage de Saint-Nazaire. *C. R.*, 1877, p. 690, 1 fig.
- BEYER Emil. — Zur Verbreitung der Tierformen der arktischen Region in Europa während der Diluvialzeit. *Inaugural Dissertation, Marburg*, 1894, 73 p. 1 carte h. texte.
- BIGOT Alexandre. — 1. Sur les dépôts pleistocènes et actuels de la Basse-Normandie. *C. R.*, t. 115, 1897, p. 380.
— 2. Sur les dépôts pleistocènes et actuels de la Basse-Normandie. *B. S. G. F.*, 3e S. t. xxvii, 1899, p. 360.
— 3. Rapport sur la feuille des Pieux. *B. Serv. C. G. F.*, t. xi, n° 73, 1899-1900, p. 16-18.
— 4. Normandie. *Livret-Guide*, VIII^e Congr. Géol. Int., 1900; ix. Boulonnais et Normandie, p. 27-59, 14 fig.
- BLANCHARD Raoul. — 1. La Flandre. Etude géographique de la Plaine flamande en France, Belgique et Hollande. *Soc. Dunkerquoise pour Av. Lettres, Sc. Arts*, 1906, 530 p., 76 fig., 48 phot., 2 cartes h. texte. (Thèse, Lille).
— 2. L'origine des Moères de la Plaine Maritime de Flandre. *La Géographie*, t. xxxi, 1916-1917, p. 337-342.
- BOUCHARD-CHANTEREAUX. — 1. Catalogue des Mollusques marins observés jusqu'à ce jour à l'état vivant sur les côtes du Boulonnais. *Mém. Soc. Agric. Sc. Arts, Boulogne-sur-Mer*, 1834, p. 99-160 (Extr. de 72 p., in-8°, Boulogne, 1835).
— 2. Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles observés jusqu'à ce jour à l'état vivant dans le département du Pas-de-Calais. *Ibid.*, 1836. (Extr. de 94 p. in-8°, 1 pl., Boulogne 1838).
- BOUCHER DE PERTHES. — Antiquités celtiques et antédiluviennes. Paris, 3 vol., 1847-1864.
- BOULE Marcellin. — 1. La Station quaternaire du Schweizersbild, près de Schaffouse (Suisse) et les fouilles du Dr Nüesch. *Nouvelles archives des Missions scientifiques et littéraires*, t. III, 1893, p. 87. (Extr. 25 p.), 19 fig., pl. I-IV.
— 2. Etude géologique et paléontologique des grottes de Grimaldi. Les Grottes de Grimaldi; (Baoussé-Roussé). Monaco. T. I, Fasc. III, 1910, p. 157-236, pl. XIV-XXIX. — T. I, Fasc. IV, 1919, p. 237-362, pl. XXX-XLI.
— 3. Les Hommes fossiles. Eléments de paléontologie humaine. 2e édition, 1923, 505 p., 248 fig.
- BOULE M. et CHAUVET G. — Sur l'existence d'une faune d'animaux arctiques dans la Charente à l'époque quaternaire. *C. R.*, 1899, t. cxxviii, p. 1188 (reproduit dans *l'Anthr.*, t. x, 1899, p. 315).

- BOULY DE LESDAIN. — 1. Les dunes pleistocènes de Ghyvelde (Nord). *F. J. Nat.* 5e S., 41e année, n° 493, 1912, 4 p., 2 fig., 1 pl.
- 2. Excursion aux dunes internes de Ghyvelde le 16 juin 1912. *A. S. G. N.*, t. xli, 1912, p. 161-170.
- 3. Limite septentrionale du *Crithmum maritimum* L. *F. J. Nat.* p. 163-164.
- BRETON Ludovic. — Puits artésien de Calais *A. S. G. N.*, t. xix, 1891, p. 48-52.
- × BRIQUET Abel. — 1. Observations sur le quaternaire dans le Sud du Bas-Bouloonnais et aux environs d'Ambleteuse. *Ibid.*, t. xxxii, 1903, p. 11-17.
- 2. Extension de la plage soulevée de Sangatte. *Ibid.*, t. xxxiv, 1905, p. 109-111.
- 3. Quelques phénomènes de capture dans le bassin de l'Aa. *Ibid.*, t. xxxiv, 1905, p. 111-120, pl. v.
- 4. La capture de l'Authie. *Ibid.*, t. xxxiv, 1905, p. 290-293; pl. xii.
- 5. Contribution à l'étude des origines du réseau hydrographique du Nord de la Belgique. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. xx, 1906, Mém., p. 71-82, 5 fig, numérotées de 1 à 4
- 6. Notes sur quelques formations quaternaires du littoral du Pas-de-Calais. *A. S. G. N.*, t. xxxv, 1906, p. 211-236, 2 fig.
- 7. Un tuf pleistocène dans la vallée de la Somme. *Ibid.* t. xxxv, 1906, p. 255-257.
- 8. Note préliminaire sur quelques points de l'histoire plio-pleistocène de la région gallo-belgé. (Essai de classification chronologique des niveaux d'alluvions, des dépôts de lœss et des gisements paléontologiques et archéologiques). *Ibid.*, t. xxxvi, 1907, p. 2-44.
- 9. Sur une excursion dans le pleistocène du Nord de la France en compagnie de M. le Prof. Frank Leverett. *Ibid.*, t. xxxvii, 1908, p. 293-296.
- 10. Sur l'âge des cordons littoraux anciens des Bas-Champs de Picardie. *C. R.*, t. 169, 1919, 10 nov., p. 860.
- 11. Les Bas-Champs de Picardie au Sud de la Somme. *Ibid.*, t. 172, 1921, 21 fév., p. 467.
- 12. Les Bas-Champs de Picardie au Nord de la Somme : la ligne de rivage actuelle. *Ibid.*, t. 172, 1921, 14 mars, p. 697.
- 13. Les Bas-Champs de Picardie au Nord de la Somme: la ligne de rivage ancienne. *Ibid.*, t. 172, 1921, 11 avril, p. 927.
- 14. Les dépôts quaternaires du Nord de la France: Conditions de Gisement. *C. R. Somm. G. F.*, 1921, n° 11, 6 juin, p. 161-162.
- 15. Les dépôts quaternaires du Nord de la France : Industrie et Faune. *Ibid.*, 1921, n° 12, 20 juin, p. 172-173.
- 16. Sur l'origine du Pas-de-Calais. *A. S. G. N.*, t. xlvi, 1921, p. 141-157, fig. 1,
- 17. La falaise morte d'Equihen. *Ibid.*, t. XLVII, 1922, p. 163-166.
- 18. Une formation littorale pleistocène à Wimereux. *Ibid.*, t. XLVII, 1922, p.167-169.
- BROGGER W. C. — 1. Om de sen glaciële og postglaciële nivåforandringer i Kristianafeltet (Mollusk faunan) (avec coll. de MUNSTER E. B. et OYEN P.). *Norges geologiske Undersøgelse*, Kristiania, n° 31, 1900-1901, 731 p., 65 fig. texte, 19 pl. (with english Summary of Contents, p. 679-714).
- 2. Strandliniens beliggenhed under stenalderen i det sydøstlige Norge. *Ibid.*, Kristiania, n° 41, 1905, 339 p., 9 fig. texte, 11 pl., 2 cartes. (Résumé en Allemand, p. 299-319).

- BROOKS Charles E. P. — The correlation of the quaternary deposits of the British Isles with those of the continent of Europe. *Smiths. Inst. (Washington) (Smith Report)*, 1917, publ. n° 2507, p. 277-375, (1919).
- BUTEUX. — Esquisse géologique du département de la Somme, *Mém. Acad. Sc. Agric. Comm., Belles-Lettres et Arts, du départ. Somme*, Amiens, 1843, p. 187-322, 1 tableau, 1 carte h. t.
- CALMAN, W. T. — Marine boring animals injurious to submerged structures. *British Museum (Nat. Hist.). Economic series*, n° 10, London (Print. by ord. of the Trustees), 1919, 1 br., in-8°, 35 p. 21 fig.
- CAREY A. E. et OLIVER T. W. — Tidal lands, a study of shore problems, London, 1 vol. in-8°, 284 p., 29 pl., 54 fig. texte, 1918.
- CAYEUX L. — Les tourbes immergées de la côte bretonne dans la région de Plougasnou-Primel (Finistère) (Note préliminaire). *B. S. G. F.*, 4e S., t. VI, 1906, p. 142-147, 1 figure.
- CHAPUT E. — 1. Recherches sur les terrasses alluviales de la Loire; et de ses principaux affluents. *Ann. Univ. Lyon, N. sér.*, I, Fasc. 41, 1917, 303 p., 23 fig., 3 pl., 1 carte (Thèse Lyon).
- 2. Les variations du niveau de la Loire et de ses affluents pendant les dernières périodes géologiques. *Ann. Géogr.*, 1919.
- CHELLONNEIX. — 1. Découverte de l'humérus d'un mammifère à Sangatte. *A. S. G. N.*, t. I, 1872, p. 9.
- 2. Note sur le Diluvium de Sangatte et les assises crétacées du Cap Blanc-Nez. *Mém. Soc. Sc. Arts, Agric. de Lille*, t. x, 3e S., 1872, p. 143 (Extr. 27 p., 1 pl. coupe).
- 3. Découverte d'un *Elephas primigenius* à Sangatte. *A. S. G. N.*, t. I, 1873, p. 38-40.
- CHEVALIER Marcel. — Note sur les oscillations du rivage de la Loire inférieure. *B. S. G. F.*, 4e S., t. 9, 1909, p. 326-333, 2 fig., pl. XII.
- CHÈVREMONT. — Les mouvements du sol sur les côtes occidentales de la France et particulièrement dans le golfe Normano-Breton. Paris, 1882, in-8°.
- CLOSMADÉUC DE. — Le Cromlech d'Er-Lanic. *Bull. Soc. polymathique du Morbihan*, Vannes, 1882.
- COMMENT Victor. — 1. Découverte d'un atelier de taille paléolithique ancien à Saint-Acheul. *Bull. Soc. Linn. N. Fr.* 1906, 26 p., 16 fig., 2 pl.
- 2. Industrie des graviers supérieurs à St-Acheul. *Rev. Ecole d'Anthr.*, t. XIII, 1907, p. 14-32, 27 fig.
- 3. Niveau stratigraphique des industries représentées à St-Acheul et Montières (Somme). *Congr. Préh. Fr.* (3e congrès) Autun, 1907, p. 115-130. (Extr. 16 p.).
- 4. Les industries de l'ancien St-Acheul. *Anthr.* t. XIX, 1908, p. 527-572, 75 fig.
- 5. Les gisements paléolithiques de St-Acheul. Coupe du quaternaire dans la vallée de la Somme (Géologie et Préhistoire). *A. F. A. S.*, Clermont-Ferrand, 1908, p. 454-465, 2 fig.
- 6. A propos d'éolithes. *Congr. Préh. Fr.* (5e congrès) Beauvais, 1909, p. 69-77, 4 fig.
- 7. Industrie des graviers inférieurs de la haute Terrasse de St-Acheul. *Ibid.*, 1909, p. 82-90, 1 fig.

- 8. L'industrie moustérienne dans la région du Nord de la France. *Ibid.*, 1909, p. 115-157, 34 fig.
- 9. Montières-les-Amiens (dépôts quaternaires). *A. F. A. S.*, Lille, 1909, p. 437, 3 fig.
- 10. La faune quaternaire dans le Nord de la France. *Ibid.*, Lille, 1909, p. 445-449.
- 11. Industrie des graviers inférieurs de St-Acheul. *Ibid.*, Lille, 1909, p. 774-777, 1 fig.
- 12. Industrie de l'âge du renne dans la vallée de la Somme. *Ibid.*, Lille, 1909, p. 798-802, 1 fig.
- 13. St-Acheul et Montières (compte-rendu de l'excursion du 11 juillet 1909). *Revue Préhistorique (Annales de Paléontologie)* 4^e année, 1909, n^o 10, p. 297-319, 7 fig.
- 14. Saint-Acheul et Montières. Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire. *Mém. S. G. N.*, t. VI, Mém. III, 1909, 68 p., 52 fig., 3 pl.
- 15. Le Moustérien dans le Nord de la France. *Congr. Préh. Fr.* (6^e Congrès) Tours, 1910, Extr. 9 p., 3 fig.
- 16. Les différents niveaux de l'industrie de l'âge du Renne dans les limons du Nord de la France. *Ibid.*, 1910, Extr. 1911, 2 p.
- 17. Niveaux industriels et fauniques dans les couches quaternaires de St-Acheul et de Montières. *Ibid.*, 1910, p. 99. Extr., 1911, p. 3-8.
- 18. Notice préliminaire sur les terrasses fluviales de la vallée de la Somme. Epoque de l'apparition de l'homme quaternaire. *A. S. G. N.*, t. xxxix, 1910, p. 185-210.
- 19. Note sur les tufs et les tourbes de divers âges de la vallée de la Somme. Mode de formation et chronologie d'après la faune et l'industrie que renferment ces dépôts. *Ibid.*, t. xxxix, 1910, p. 210-248.
- 20. Excursion de la Société Géologique du Nord et de la Faculté des Sciences de Lille à Abbeville, le 11 juin 1910. — Les gisements paléolithiques d'Abbeville. — Stratigraphie. — Faune. — Industries humaines. — Situation par rapport aux terrasses fluviales de la Somme. *Ibid.*, t. xxxix, 1910, p. 249-293, 11 fig.
- 21. Excursion de la Société Linnéenne dans la tranchée du canal du Nord à Ercheu, le 19 juin 1910. *Bull. Soc. Linn. N. Fr.*, 1910, p. 325-337, 1 fig.
- 22. Note sur le quaternaire du Nord de la France, de la vallée du Rhin et de la Belgique. *A. S. G. N.*, t. xli, 1912, p. 12-52.
- 23. Le moustérien ancien à St-Acheul et Montières. *Congr. Préh. Fr.* (8^e Congrès), Angoulême, 1912, p. 297-320, 14 fig.
- 24. Comparaison des limons belges et étrangers. *Ann. Soc. Géol. Belg. (Liège)*. t. xxxix, Bull., (Liège—Sainte-Walburge), 1912, p. 156-194, 3 fig.
- 25. Chronologie et Stratigraphie des industries protohistoriques, néolithiques et paléolithiques dans les dépôts holocènes et pleistocènes du Nord de la France et en particulier de la vallée de la Somme. — Remarques et comparaisons relatives aux lèss et aux glaciations. *Congr. I. Anthr. Arch. Préh.* (xiv^e S.), Genève, 1912, p. 239-254, 1 fig.
- 26. Moustérien à faune chaude dans la vallée de la Somme à Montières-les-Amiens. *Ibid.*, (xiv^e S.), Genève, 1912, p. 291-300.
- 27. Quelques remarques sur les Eléphants quaternaires de St-Acheul et Montières. *Bull. Soc. Linn. N. Fr.*, 1912, Extr. 6 p., 4 pl.

- 28. Les alluvions moustériennes de l'Oise à Pont l'Evêque. Découverte d'ossements et d'industries quaternaires. *A. S. G. N.*, t. XLII, 1913, p. 245-247.
- 29. Le limon gris à Succinées du quaternaire du N. de la France. *Ibid.*, t. XLII, 1913, p. 247-248.
- 30. Les hommes contemporains du Renne dans la vallée de la Somme. *Mémoires de la Société des Antiquaires de Picardie*, t. XXXVII, 1913.
- CRAWSHAY L. W.— On rocks Remains in the Bed of the English Channel. An account of the Dredgings carried out by S. S. « Oithona » 1906. *Journ. of the Marine Biological Assoc. of the United Kingdom*, (Plymouth), VIII, 1907, p. 99-117 ; carte, pl. v.
- DANGEARD LOUIS. — Notes de géologie sous-marine. — Découvertes de nummulites en Manche Orientale. *C. R. somm. G. Fr.*, 1923, 19 nov. p. 191-193.
- DAUTZENBERG Ph. — 1. Contribution à la Faune malacologique des Iles Açores. *Rés. des camp. sc. Albert I. Pr. souv. de Monaco*, fasc. 1, 1889, 112 p., 4 pl.
- 2. Description d'une nouvelle espèce de *Modiola* provenant du littoral occidental de la France. *F. J. Nat.*, 1895, III^e S., 25^e Ann., n° 295-296, 3 p., pl. I.
- 3. Atlas de poche des Coquilles des Côtes de France, communes, pittoresques ou comestibles. Ed. Paul Klincksieck, 1897, 143 p., 64 pl. couleurs, 8 pl. noires.
- DAUTZENBERG Ph., BUCQUOY et DOLLFUS. — Les Mollusques marins du Roussillon, t. I, Gastéropodes, 1882-1886, 1 vol. in-8°, 570 p., Atlas, 66 pl. — t. II, Pélécy-podes, 1887, 1 vol. in-8°, 884 p., Atlas, 99 pl.
- DAUTZENBERG Ph. et DOLLFUS Gustave. — Une plage soulevée aux environs de St-Malo. *C. R.*, t. 168, 1919, p. 169-171.
- DAUTZENBERG Ph. et DURÓUCHOUX P. — 1. Faunule malacologique des environs de Saint-Malo. *F. J. Nat.*, IV^e S., 31^e année, 1900, (Extr. 24 p.).
- 2. Supplément à la faunule malacologique des environs de Saint-Malo. *Ibid.*, IV^e S., 36^e année, 1906, p. 39-45; 53-60; 73-77, (Extrait 18 p.)
- 3. Les Mollusques de la Baie de Saint-Malo. *Ibid.*, 1913, (Extr. 64 p., 4 pl. h. t.)
- DAUTZENBERG Ph. et FISCHER H. — 1. Mollusques provenant des dragages effectués à l'Ouest de l'Afrique pendant les campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco. *Rés. des Camp. Sc. Albert I^{er}, Pr. souv. de Monaco*, fasc. XXXII, 1906, 125 p., 5 pl.
- 2. Mollusques provenant des campagnes de l'Hirondelle et de la Princesse-Alice dans les Mers du Nord. *Ibid.*, fasc. XXXVII, 1912, 529 p., 2 cartes, 11 pl.
- DAY H. — On an ancient beach and a submerged forest, near Wissant. *Geol. Magaz.*, t. III, 1866, p. 109.
- DEBRAY II. — 1. Tourbières entre Albert et Aveluy. *A. S. G. N.*, t. I, 1872, p. 8.
- 2. Poteries anciennes et Mammifères dans la tourbe de Nortkerque. *Ibid.*, t. I, 1872, p. 9.
- 3. Tourbières d'Ardres, Guemps, Nortkerque et Loobergue. *Ibid.*, t. I, 1873, p. 19.
- 4. Antiquités des tourbières d'Ardres et d'Aveluy. *Ibid.*, t. I, 1873, p. 29.
- 5. Étude géologique et archéologique de quelques tourbières du littoral flamand et du département de la Somme. *Mém. Soc. Sc. Agric. et Arts de Lille*, 3^e S., t. XI, 1873, p. 433-487., pl. I-XIII.

- 6. Altitudes de plusieurs couches de tourbe de Dunkerque et limite de leur prolongement vers la mer. *A. S. G. N.*, t. I, 1874, p. 84-85.
- 7. Note sur le terrain récent des communes de Calais et de Marck. *Ibid.*, t. III, 1875, p. 29-30.
- 8. Communications diverses au sujet des tourbières. *Ibid.*, t. V, 1878, p. 125.
- Carnets d'excursion (manuscrits). Bibliothèque Municipale de Lille.
- DEBY Julien. — Note sur l'argile des polders suivie d'une liste de fossiles qui y ont été observés dans la Flandre occidentale. *A. S. Mal. Belg.*, t. XI, 1876, Extr. 24 p.
- DELÉPINE G. — 1. Contribution à l'étude géographique du littoral de la Flandre française. *Bull. Comité Flamand*, 1904, 12 p., 2 fig.
- 2. Les cordons littoraux de la Flandre française. Etude géographique. *Séances du Comité Flamand*, 22 fév. 1906, 10 p., 1 fig.
- 3. Phénomènes géologiques récents du littoral de la Flandre française. *A. F. A. S.*, Congrès de Lille, 1909, p. 452-465.
- 4. Phénomènes géologiques récents du littoral de la Flandre française. *A. S. G. N.*, t. XXXVIII, 1909, p. 357-362.
- 5. Phénomènes actuels observés sur la Plage de Dunkerque. *Ibid.*, t. XIV, 1920, p. 179-192.
- DELÉPINE et LEBEAU. — Le littoral français de la Mer du Nord. *F. J. Nat.*, 4^e S., 34^e ann., 1904, p. 161-166, p. 189-197.
- DELESSE. — Les oscillations des côtes de France. *Bull. Soc. Géog.*, 6^e S., t. III, 1872, p. 14.
- DEMANGEON. — La Plaine Picarde. Picardie, Artois, Cambrésis, Beauvaisis. Etude de Géographie sur les plaines de craie du Nord de la France. (Thèse, Paris), (A. Colin). 1905, 496 p., 3 pl. cartes, 17 pl. phot., 42 fig.
- DENIZOT G. — 1. Description des alluvions des environs d'Angers. *Bull. Soc. Et. Sc. Angers*, 1913, (Extr. 27 p.), p. 87-111, 5 fig.
- 2. Supplément à la description des alluvions des environs d'Angers. *Ibid.*, XLVIII année, 1918, Extr. 7 p., 1 fig.
- 3. Les sondages de la Maine à Angers. *Ibid.*, 1919, Extr. 7 p. (avec collabor. L. GERMAIN).
- 4. Les alluvions du bassin de la Loire. *Bull. Soc. Géol. Min. Bretagne*, t. II, (fasc. 4), 1921, p. 430-477, 1 pl., 7 fig.; Note additive en Sept. 1922.
- DEPÉRET Ch. — 1. Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires. *C. R.*; t. 166, 1918, p. 480 (Extr. 7 p.); p. 636 (Extr. 6 p.); p. 884 (Extr. 6 p.); t. 167, 1918, p. 418 (Extr. 6 p.); p. 979 (Extr. 6 p.); t. 168, 1919, p. 868 (Extr. 5 p.); t. 170, 1920, p. 159 (Extr. 5 p.); t. 171, 1920, p. 212 (Extr. 7 p.); t. 174, 1922, p. 1502 (Extr. 4 p.); p. 1594 (Extr. 4 p.).
- 2. La classification du quaternaire et sa corrélation avec les niveaux préhistoriques. *C. R. Somm. G. F.*, 1921, n° 9, p. 125-127, (2 mai).
- 3. Essai d'une classification générale des temps quaternaires. *Bull. Soc. Hist. Nat. Savoie*, (1919-1921), 2^e S., t. XIX, 1922, p. 79-93, 2 fig.
- DEPÉRET C. et MAYET L. — Les rameaux phylétiques des Eléphants. *C. R.* t. 176, 1923, p. 1278 (7 mai).
- DEPÉRET, MAYET et ROMAN. — Les éléphants pliocènes. 1^{re} partie, *Elephas planifrons*. Falconer des sables de Chagny et faunes de Mammifères d'âge Villafranchien-

- Saint-Prestien par MAYET et ROMAN; 2e partie, Monographie des éléphants pliocènes d'Europe et de l'Afrique du Nord par DEPÉRET et MAYET. *Ann. Univ. Lyon*, 1923. Nouvelle série, I, Sc. méd., fasc. 42, 224 p., 47 fig., 11 pl.
- DEWEY et BROMEHEAD C. E. N. — Geology of South London. *Mém. Geol. Surv.*, 1921.
- DOLLFUS Gustave. — 1. Sédiments et faune du Sinus Itius. *A. S. G. N.*, t. I, 1872, p. 10-11.
— 2. Le terrain quaternaire d'Ostende et le *Corbicula fluminalis*. *A. S. Mal. Belg.*, (Mém.), t. XIX, 1884, p. 28-54, 1 fig. pl. I-II.
— 3. Les coquilles du quaternaire marin du Sénégal (avec Introduction géologique par A. DEREIMS). *Mém. S. G. F., Paléont.*, n° 44, 1911, 72 p., 4 pl.
— 4. Géologie de la vallée de la Vezère. *C. R.* (26 Déc. 1923), 1924, p. 105-107.
— 5. Les eaux potables du littoral français. *Ann. Hygiène Publ., indust. et sociale*, Nouvelle S., 1924, n° 3 (mars), p. 137-148.
- DORSMAN L. — De schelpen van ons strand. En hoe ze te herkennen. 1 vol. 158 p., fig. texte et pl., 2^e éd., 1915. Amsterdam.
- DOUVILLÉ Henri. — 1. Perforations d'Annélides. *B. S. G. F.*, 4^e S., t. VII, 1907, p. 361-370, 10 fig., pl. XII.
— 2. Les buttes de Saint-Michel en l'Herm. *Ibid.*, 4^e S., t. VIII, 1908, p. 545.
- DOUXAMI Henri. — 1. Compte-rendu de l'excursion dans la bordure jurassique de l'Ardenne, dans l'Argonne et la Champagne (du 27 avril au 2 mai 1908). *A. S. G. N.*, 1908, p. 140-179, 3 fig.
— 2. L'origine et la formation du Pas-de-Calais. *Congr. des Sc. Histor. de Dunkerque; Soc. Dunkerquoise Encour. Sc. Lettres et Arts*, t. II, 1908, p. 269-291.
— 3. Lille et la région du Nord en 1909. II. (Aperçu géologique du département du Nord). Les terrains quaternaires et récents du département du Nord. *A. S. G. N.*, t. II, 1909, p. 43-79. Reproduit dans *A. S. G. N.*, t. XXXVIII, 1909, p. 249-260.
— 4. Sur l'âge des dunes de Ghyvelde (Nord). *A. S. G. N.*, t. XLI, 1912, p. 101-109.
- DUBOIS Georges. — 1. Le Lemming à collier à Maubeuge. *Ibid.*, t. XLIV, 1919, p. 69-81, pl. I.
— 2. Le Spermophile du quaternaire de Cambrai. *Ibid.*, t. XLIV, 1919, p. 82-89.
— 3. Arvicolidés et Léporidés du quaternaire de Cambrai. *Ibid.*, t. XLIV, 1919, p. 90-98.
— 4. Remarques sur la Loutre des tourbières de la région du N. de la France. *Ibid.*, t. XLIV, 1919, p. 100-103.
— 5. Note complémentaire sur le Lemming à collier du quaternaire de Maubeuge. *Ibid.*, t. XLIV, 1919, p. 103-106.
— 6. La faune quaternaire de la base de l'ergeron à Cambrai. *C. R.* t. 170, 1920, p. 850.
— 7. Notes géographiques et géologiques sur l'estuaire de la Canche. *A. S. G. N.*, t. XLVI, 1921, p. 9-16.
— 8. Deux observations faites au cours d'une excursion à Sangatte et Etaples. *Ibid.*, t. XLVI, 1921, p. 40-43.
— 9. Résultats d'une campagne de sondages à travers les terrains quaternaires et récents du Calais. (Note préliminaire). *Ibid.*, t. XLVI, 1921, p. 67-78, pl. I.
— 10. Terrains quaternaires et modernes. Exploration de la partie occidentale de la Plaine Maritime flamande. *B. Serv. C. G. F.*, n° 150, 1921, t. XXVI, (1921-1922), 2 p.

- 11. Modifications apportées à la plage de Sangatte à la suite des tempêtes de décembre 1921. *C. R.*, t. 174, 1922, n° 4, p. 235-237.
 - 12. Les tempêtes de novembre et décembre 1921 sur la côte de Sangatte. *A. S. G. N.*, t. XLVII, 1922, p. 11-21.
 - 13. Remarques sur une coupe visible à Mont-St-Eloy. *Ibid.*, t. XLVII, 1922, p. 77-78.
 - 14. Compte-rendu de l'excursion du 17 juin 1922 à Etaples, St-Josse et St-Aubin. *Ibid.*, t. XLVII, 1922, p. 83-86.
 - 15. Remarques sur la coupe de la falaise du Crotoy. *Ibid.*, t. 47, 1922, p. 114-117.
 - 16. Terrains quaternaires et Modernes. Explorations de la partie occidentale de la Plaine maritime flamande. II. Région de Guines (Feuille de Boulogne). *B. Serv. C. G. F.*, n° 151, 1922, (1922-1923), t. XXVII, 7 p.
 - 17. Remarques sur quelques Rats d'eau fossiles du Nord de la France. *C. R. Somm. G. F.*, 1923, 11 juin, p. 122-123.
 - 18. Quaternaire marin fossilifère à Colline Beaumont (P.-de-C.). *A. S. G. N.*, t. XLVIII, 1923, (en cours de publication).
 - 19. Observations faites au cours d'une tempête dans le Marsk de Ribe. *Ibid.*, t. XLVIII, 1923, (id.).
 - 20. Sur la présence de Nummulites silicifiées dans les dépôts quaternaires marins de Paris-Plage. *Ibid.*, t. XLVIII, 1923, (id.).
- DUBOIS Georges et DUPARQUE André. — Les tufs calcaires de la Plaine Maritime entre Calais et Guines. *Ibid.*, t. 47, 1922, p. 117-132.
- DUPONT E. — L'Homme pendant les âges de la pierre dans les environs de Dinant-sur-Meuse. 1 vol., XXIII p. et 154 p., 38 fig., 2 Pl., 1871.
- DUROCHER J. — 1. Observations sur les phénomènes littoraux et remarques sur les agents erratiques, *B. S. G. F.*, 2^e S., t. VI, 15 Janvier 1849, p. 197-226, 8 fig.
- 2. Observations sur les dépôts stannifères de la Bretagne et sur les métaux précieux qu'ils renferment, *C. R.*, 1851, t. 32, p. 902.
 - 3. Observations sur les forêts sous-marines de la France occidentale et sur les changements de niveau du littoral. *Ibid.*, t. 43, 1856, p. 1071-1074.
- EBEN W. — De Weekdieren van België, 1884.
- FAUVEL Pierre. — Annélides Polychètes non pélagiques provenant des campagnes de l'Hirondelle et de la Princesse Alice (1885-1910). *Résult. des camp. sc. Albert I^{er}. Pr. souv. de Monaco.*, Fasc. XLVI, 1914, 432 p., 31 pl.
- FERRONNIÈRE Georges. — Etudes biologiques sur les zones supra-littorales de la Loire inférieure (Thèse, Paris), 1901. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, 2^e S., t. I, 1901, 451 p., 41 fig., 1 plan, 1 carte h. texte, 6 pl.
- 2. Galets provenant d'un puits creusé dans le lit de la Loire à Chantenay, trouvés à 25^m de profondeur. *Ibid.*, Proc. Verb. 6 déc. 1907.
 - 3. Sur un amas artificiel d'Huitres n'ayant pas servi à l'alimentation. *C. R. Somm. S. G. F.*, 1909, 15 mars, p. 40.
 - 4. Note préliminaire sur les changements du niveau de base de la Loire à Nantes au quaternaire récent, d'après les sondages faits au pont de Pirmil. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, 3^e S., t. III, 1913, p. II-V.
 - 5. Les terrasses fluviales et les terrasses marines à l'embouchure de la Loire. *Ibid.*, 3^e S., t. III, 1913, p. 169-173.

- 6. Comptes-rendus de la Session Extraordinaire de la Société géologique et minéralogique de Bretagne, à Nantes et au Croisic, du 25 mars au 2 avril 1921. — Le Croisic (29 et 30 mars). *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, t. II, 1921, fasc. sp., p. 130-138, 150-158, 5 fig.
- 7. Notes de Géologie marine. I. Sur le processus de formation des sables marins sur la côte granitique du Croisic. — II. Phénomènes transgressifs et pseudo-régression. — III. Essai préliminaire à propos de la feuille au 80.000^e du Pilier et des fonds sous-marins du Mor-Braz. *Ibid.*, t. II, 1921, fasc. sp., p. 187-245, 1 carte h. t.
- 8. Présence d'une nappe d'eau douce dans des sables situés au-dessous du niveau de la mer à Saille (Traict du Croisic, Loire Inf.). *Ibid.*, t. III, 1922, p. 196-200.
- 9. Ce qu'un géologue peut lire sur une carte marine. Etude de la passe de la Teignouse. *Ibid.*, t. III, 1922, p. 287-301, pl. XIV, (carte h. t.).
- FORBES et HANLEY. — A History of British Mollusca and their Shells. vol. 1-4, London, 1853.
- FRAIPONT Charles. — Le glaciaire en Belgique. *A. S. G. Belg.* (Liège), t. XLVI, 1^{re} livr., 1923, p. 42-43.
- FRUGLAYE DE LA. — Lettre (fragment d'une) de M. de la Fruglaye à M. Gillet-Laumont sur une forêt sous-marine découverte près de Morlaix en 1811. *Journal des Mines*, vol. 30, 1811, p. 389-391.
- GADECEAU Emile. — 1. Les tourbes marines submergées. (Suppl. à l'essai de Géogr. Bot. sur Belle-Isle en Mer). *Mém. Soc. Sc. Cherbourg*, t. XXXV, 1905-1906, p. 399-414.
- 2. Les forêts submergées de Belle-Isle-en-Mer. *C. R.*, t. CLXIII, 1916, p. 10-14.
- 3. Forêts submergées de Belle-Isle-en-Mer. *Bull. biologique de Fr. et de Belg.* 1919.
- 4. Les Forêts submergées de Belle-Isle-en-Mer. *La Nature*, 1922, 4 nov., p. 289-293, 5 fig.
- GALLE Louis. — Les stations néolithiques de la vallée de la Deûle. *A. S. G. N.*, t. XLIV, 1919, p. 151-164, Pl. III, Pl. c.
- GEER Gérard de. — 1. Om Skandinavians geografiska utveckling eft istiden. *Sveriges Geol. Undersökning*, ser. C., n° 161, 1896, 160 p., 6 pl.
- 2. On late Quaternary time and climate, *Geol. Fören. Förhandl.*, Bd. xxx, 1909, p. 459-464.
- 3. Dol's Ed. Some stationary ice borders of the last glaciation, *Ibid.*, Bd xxxi, 1910, p. 512-556, 8 fig., 3 pl.
- 4. Quaternary sea-bottoms of Western-Sweden, *Ibid.*, Bd xxxi, 1910, p. 1139-1195, 9 fig., 3 pl., 3 tabl.
- 5. Das Spätglaciale Süd-Sweden. Uebersichtskarte mit Osen, Endmoränen und Schrammen von den *Schwed. geologisch. Landesanst.*, 1 carte en h. f. 1/50.000, 1910.
- GEIKIE Archibald. — Address delivered at the anniversary meeting of the Geological Society of London, on the 19 th of february, 1904, (Continental elevation and subsidence) *Q. J.*, vol. 60, 1904, p. LXXX - CIV.
- GEIKIE James. — The great ice age and its relation to the antiquity of man, 3e éd., 1894, 850 p., 17 pl.

- GEOFFROY. — Port du Crotoy, *Ports Maritimes de la Fr.*, (Minist. Trav. Publ.), t. I, de Dunkerque à Etretat, 1874, p. 335-353.
- GERMAIN Louis. — Mollusques de France et des régions voisines, t. II, Gastéropodes pulmonés et Prosobranches terrestres et fluviatiles, *Encyclopédie scientifique, Bibl. Zool.*, 1913, 374 p., 25 pl.
- GIARD Alfred. — Coup d'œil sur la faune et note sur la flore du Boulonnais. (Extr. de : Boulogne et le Boulonnais, ouvrage offert par la ville de Boulogne aux Membres du xxviii^e congrès de l'A. F. A. S., 1899). (Réimprimé dans « Œuvres diverses réunies et rééditées... », t. II, 1913, p. 90-149).
- GIGNOUX Maurice. — Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. *Ann. Univ. Lyon*, Nouv. Série, I, Sc. Méd., Fasc. 36, 1913, 693 p., 42 fig., 21 pl.
- GODON Joseph. — Découverte d'une faune quaternaire à Cambrai. *A. S. G. N.*, t. xxxv, 1906, p. 189-190.
- GODWIN-AUSTEN R. A. C. — 1. Valley of the English Channel *Q. J.*, Vol. VI, 1850, p. 69-97, 1 fig. carte.
— 2. On the newer tertiary deposits of the Sussex coast. *Ibid.*, vol. XIII, 1857, p. 40.
- GOSSELET Jules. — 1. Sinus Itius. *Bull. Scientif. histor. et littér. du Nord*, t. III, 1871, p. 233.
— 2. Topographie ancienne de la Flandre. *Ibid.*, t. v, p. 147, 1873.
— 3. Objets de l'époque romaine à Lille. *A. S. G. N.*, t. x, 1883, p. 37.
— 4. Observations sur les formations marines modernes du port de Dunkerque. *Ibid.*, t. x, 1883, p. 38-49, Pl. I.
— 5. Sur des roches draguées au large d'Ostende. *Ibid.*, t. XIII, 1886, p. 309-311.
— 6. Ossements divers dans les alluvions de la Liane à Boulogne trouvés par M. Hamy. *Ibid.*, t. XVI, 1889, p. 203.
— 7. La Plaine maritime du Nord de la France et de la Belgique. *Ann. de Géogr.*, 1892-1893, p. 306-314, 1 carte h. t.
— 8. Galets de Coulogne. *A. S. G. N.*, t. XXI, 1893, p. 112.
— 9. Sable à Cardium edule. *Ibid.*, t. XXI, 1893, p. 112.
— 10. Compte-rendu de l'Excursion à Audruick et au Pont d'Ardres (Pont sans Pareil), le 23 avril 1893. *Ibid.*, t. XXI, 1893, p. 114-116.
— 11. Géographie physique du Nord de la France et de la Belgique : La Plaine Maritime. *Ibid.*, t. XXI, 1893, p. 119-137, 2 fig.
— 12. Carte Géologique. Feuille de Lille. *Ibid.*, t. XXIV, 1896, p. 165-174.
— 13. Coupe des terrains quaternaire et récent au Parvis-St-Maurice. *Ibid.*, t. XXVII, 1898, p. 58-59.
— 14. Etude préliminaire des récents sondages faits dans le Nord de la France pour la recherche du bassin houiller. *Ibid.*, t. XXVII, 1898, p. 139-149, pl. II.
— 15. De l'ouverture du Pas-de-Calais au Congrès de Boulogne-sur-Mer. *Ibid.*, t. XXVIII, 1899, p. 289-297.
— 16. Aperçu général sur la Géologie du Boulonnais. Extr. de « Boulogne et le Boulonnais ». Ouvrage offert par la ville de Boulogne-sur-Mer aux Membres du xxviii^e Congrès de l'A. F. A. S., 1899, 1 Br., 50 p., 9 fig.

- 17. Boulonnais. Livr. Guide, VIII^e Congr. Géol. Int., 1900, ix. Boulonnais et Normandie., p. 1-14, 1 pl.
- 18. Notes sur les sables de la plage de Dunkerque. *A. S. G. N.*, t. xxix, 1900, p. 128-134, p. 157-159.
- 19. Les galets glaciaires d'Étaples et les dunes de Camiers. *Ibid.*, t. xxxi, 1902, p. 297-307.
- 20. Un sondage à Merlimont (P.-de-C.). *Ibid.*, t. xxxii, 1903, p. 138-145, 1 fig.
- 21. Un sondage à Paris-Plage, près d'Étaples. *Ibid.*, t. xxxii, 1903, p. 252-254.
- 22. Esquisse Géologique du Nord de la France et des Contrées voisines. (*Publiée sous les auspices de la Soc. Géol. du Nord*), Lille, (1880-1903). 4^e Fascic. — Terrains quaternaires, 1903, p. 343-421, pl. xxix, xx B-xxii B.
- 23. Forêt sous-marine de Wissant. *A. S. G. N.*, t. xxxiii, 1904, p. 284.
- 24. Les sondages du littoral de l'Artois et de la Picardie. *Ibid.*, t. xxxiv, 1905, p. 75-85, pl. III.
- 25. Légende de la feuille de Montreuil (feuille 6 de la carte géologique de France au 1/80.000^e) suivie des Notes d'Excursions sur cette feuille et sur les parties voisines de la feuille d'Arras. *Ibid.*, t. xxxv, 1906, p. 7-105.
- 26. Captage des Sources du Pont-de-Metz pour la Ville d'Amiens, *B. Serv. C. G. F.*, N^o 128, t. xxi (1909-1910). C. R. collab. Camp. de 1910, (juin 1911), 5 p.
- 27. Notes d'excursion sur la Feuille de St-Omer. — La Flandre. *A. S. G. N.*, t. xliii, 1914, p. 99-161.
- 28. Le diluvium des hauteurs dans la Flandre et sur les parties voisines de l'Artois (*Mém. posthume*). *Ibid.*, t. xlv, 1920, p. 35-54.
- 29. La Plaine de la Lys. (*Mém. posthume*). *Ibid.*, t. xlv, 1920, p. 146-166
- 30. Les Alluvions quaternaires de la vallée de l'Escaut, d'après les sondages. (*Mém. posthume*). *Ibid.*, t. xlvi, 1921, p. 170-193.
- GOSSELET J. et LADRIÈRE J. — Note sur la coupe du canal d'Audruick et sur le tuf calcaire de Saint-Pierre. *Ibid.*, t. xxi, 1893, p. 139-145, 1 fig.
- GOSSELET J. et RIGAUD H. — Mouvement du sol de la Flandre depuis les temps géologiques. *Ibid.*, t. v, 1878, p. 218-226.
- GRANGER Albert. — Mollusques, *Hist. Nat. France*, 6^e partie, Cephalopodes, Gasteropodes, 272 p., 19 pl., 25 fig. ; 7^e partie, Bivalves, Tuniciers, Bryozoaires, 256 p. 18 pl., 15 fig.
- GRONWALL K. A. et MILTHEUS V. — Beskrivelse til Geologisk kort over Danmark (i Maalestok 1: 100.000). Kortbladet Bornholm. *D.G. U.*, I R, n^o 13, 1916, 1 vol. texte, 281 p., 13 fig. (Résumé en français, p. 267-281); 1 Atlas, xxx pl. 3 cart. coul.
- GROSSOUVRE, A DE.— Sur les buttes de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *C. R. somm. G. F.*, 1909, 18 janv., p. 13-15.
- GUILBERT Louis. — Forêts immergées de la Côte bretonne (Baie de Saint-Brieuc). *B. S. G. F.*, 4^e S., t. vii, 1907, p. 511-513, 3 fig.
- GULLIVER F. P. — Dungeness foreland, *Geograph. Journ.*, 1897, Extr. 11 p., 4 fig.
- HALET F. — Le Quaternaire dans le Nord de la Flandre belge. *B. S. Belg. G.* (Brux.), t. xxxii, 1922, p. 152-162, 1 fig.
- HALLEZ Paul. — I. Séance extraordinaire du 20 juin à Saint-Omer. Discours de M. Paul Hallez, Président. *A. S. G. N.*, t. vii, 1880, p. 217-228.

- 2. Draguages effectués dans le Pas-de-Calais pendant les mois d'août et septembre 1888. I, Carte des fonds explorés. *Rev. Biolog. N. Fr.*, t. I, 1888, p. 22-30, 1 carte h, texte (Pl. 1).
- 3. Draguages effectués dans le Pas-de-Calais pendant les mois d'août et septembre 1888. II, Les fonds côtiers. *Ibid.*, t. I, 1888, p. 102-108.
- 4. Draguages effectués dans le Pas-de-Calais pendant les mois d'août et septembre 1888 et 1889. III, Les Platiers. *Ibid.*, t. II, 1889, p. 32-40.
- 5. Dragages effectués dans le Pas-de-Calais. IV, La Bassure de Baas. *Ibid.*, t. IV, 1892, 6 p.
- 6. Sur les fonds du Détroit du Pas-de-Calais. *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1899, p. 4-23.
- HAMY, E. T. — 1. Etude sur l'ancienneté de l'espèce humaine dans le département du Pas-de-Calais. *Bull. Soc. Acad. Boulogne-sur-Mer.*, t. I, 1866, p. 217-248, pl. II.
- 2. Notice sur les fouilles exécutées dans le lit de la Liane en 1887 pour l'établissement du nouveau viaduc du chemin de fer. *Revue d'Anthropologie*, 3^e S., t. III, 1888, p. 257-271.
- 3. Boulogne dans l'antiquité. Extr. de Boulogne et le Boulonnais, ouvr. offert par la ville de Boulogne-sur-Mer aux Membres du XXVIII^e Congr. de l'A. F. A. S., 1899, 1 Br., 52 p.; 19 fig.
- HARMER F. W. — 1. On the range in time and space of *Fusus* (*Neptunea*) *antiquus* and its allies, *Proceedings of the fourth international Congress of Zoology*, Cambridge, 1898, p. 222-225, pl. 3.
- 2. The Pliocene Mollusca of Great Britain, being supplementary to S. V. Wood's Monograph of the Crag Mollusca. *Palaeontogr. Soc.*, vol. I, Pt. I, 1914, p. 1-200 pl. I-XXIV ; Pt. II, 1915, p. 201-302, pl. XXV-XXXII ; Pt. III, 1918, p. 303-461, pl. XXXIII-XLIV ; Pt. IV, 1919, p. 463-483, pl. I-XII ; vol. II, Pt. I, 1920, p. 485-652, pl. XLV-LII.
- HARTING P. — 1. De Bodem van het Eemdal. — *Verlagen en Mededeelingen der Koninkl Akad. von Wetenschappen*. — Tweede R., t. VIII, 1874, p. 282.
- 2. Le système eemien. — *Archives néerlandaises des Sciences exactes et Naturelles*, t. X, 1875, p. 443.
- HARTZ N. — 1. Bidrag til Danmarks sen-glaciële Flora og Fauna. — *D. G. U.*, 1902, II R., n^o 11, 80 p. (Résumé en français p. 69-80), 35 fig., 1 carte.
- 2. Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. — *D. G. U.* 1909, II R., n^o 20, 1 vol. texte, 292 p. (Engl. summary, p. 273-292), 1 vol. atlas, 13 pl.
- HAUG Emile. — *Traité de Géologie*. II, Les périodes géologiques, fasc. III, 1910-1911, p. 1397-2021, fig. 405 à 485, pl. CXX à CXXXV.
- HENSEL Reinhold. — 1. Beiträge zur Kenntniss fossiler Säugethiere. — Insektenfresser und Nagethiere der Diluvialformation. *Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch.* VII^e Bd., 1855, p. 458, pl. XXV.
- 2. Beiträge zur Kenntniss fossiler Säugethiere. I. Ueber das Gebiss des lebenden *Misothermus torquatus* (p. 279). II. Ueberreste von *Mus* in der Breccie von Cagliari (p. 281). *Ibid.*, VIII^e Bd., 1856, p. 279, pl. XIII.
- HINTON Martin A. C. — 1. A preliminary account of the British fossil Voles and Lemmings; with some remarks on the pleistocene climate and geography. *Proceedings of the Geologists Association*, Vol. XXI, part. 10, 1910, p. 489-507.

- 2. Some new late pleistocene Voles and Lemmings, *Annals and Magazine of Natural History*. Ser. 8, vol. vi, 1910, p. 34-39.
- HÖEL Adolf. — Expéditions norvégiennes au Spitzberg. (Rapports préliminaires sur les travaux des expéditions de 1919, 1920, 1921). Trad. Ch. Rabot. *Rev. Géogr.*, t. ix, (1916-1921). 1922, fasc. iv-v, p. 1-48, fig. 10.
- HOLST Nils Olof. — Le commencement et la fin de la période glaciaire. — Etude géologique et archéologique. *Anthr.*, t. xxiv, 1913, p. 353-389.
- HULL Edw. — 1. Des investigations récentes relatives aux anciennes vallées envahies par la mer, et à divers autres traits physiques des Iles Britanniques et de l'Ouest de la France. *C. R. du VIII^e Congrès Géol. Int.*, Paris, 1900, I, p. 321-325.
- 2. On the interglacial Gravel beds of the Isle of Wight and South of England and the conditions of their formation. *Geol. Mag.*, N. Ser., Déc. v, vol. ix, 1912, p. 100-106, carte, pl. vi.
- HUNT Arthur R. — Notes on the submarine Geology of the English Channel of the coast of South Devon. *Trans Devon Assoc.*, t. xii, 1880, p. 291-303; xiii, 1881, p. 163-172; xv, 1883, p. 353-367; xvii, 1885, p. 292 et suiv.; xxi, 1889, p. 461 et suiv.
- JEFFREYS. — British Conchology or an account of the Mollusca which now inhabit the British Isles and the surrounding seas. Vol. i-v., London, 1862-1869.
- JESSEN Axel. — 1. Beskrivelse til Geologisk kort over Danmark (i Maalestok 1: 100.000). Kortbladene Skagen, Hirschals, Frederikshavn, Hjøring og Løkken. *D. G. U.* I R., N^o 3, 1899, 368 p., 17 fig. texte, 7 cartes h. t., 1 pl. coupes h. t., (Résumé en français, p. 341-368).
- 2. Beskrivelse til Geologisk kort over Danmark (i Maalestok 1: 100.000). Kortbladene Aalborg og Nibe (nordlige Del). *Ibid.*, I R., N^o 10, 1905, 193 p., 10 fig., 3 cartes, 5 tableaux h. t., avec coll. de V. NORDMANN (Bemaerkninger om Mollusk faunaen, p. 145-164. (Résumé en Français, p. 181-193).
- 3. Marsken ved Ribe *Ibid.*, 1916, II^e R., n^o 27, 66 p. (Résumé en français p. 59-66), 1 carte, 4 pl.
- 4. Vendsyssels Geologi. *Ibid.*, 1918, V^e R., n^o 2, 260 p., 42 fig., 2 pl., 1 carte.
- 5. Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. *Ibid.*, 1920, II R. n^o 35, 112 p. (engl. summary, p. 103-112), 1 carte.
- 6. Beskrivelse til geologisk kort over Danmark (i Maalestock 1: 100.000). Kortbladet Varde. *Ibid.*, 1922, I R., n^o 14, 105 p. (Résumé en français, p. 97-105), 20 fig., 1 carte.
- JESSEN Knud. — 1. Moseundersøgelser i det nordøstlige Sjaelland. *Ibid.*, II R., n^o 34, 1920, 269 p., 41 fig. (Engl. Summ. p. 243-269).
- 2. En undersøisk Mose i rungsted Havn og de sen-glacial. Niveau forandringer i Oresund. *Ibid.*, 1923, IV R., Bd. I, n^o 18, 18 p. (Engl. Summary, p. 16-18), 1 fig.
- JESSEN A., MADSEN V., MILTHERS V., et NORDMANN V. — Brörup. Mosernes Lejringsforhold. *Ibid.*, 1918, IV R., Bd. 1, n^o 9, 44 p., (résumé en français, p. 42-44), 12 fig.
- JESSEN A., MILTHERS V., NORDMANN V., HARTZ N., et HESSELBO A. — En boring gennem de kvartaere Lag ved Skaerumhede. Undersøgelse af en Forekomst af naturlig Gas i Vendsyssel. *Ibid.*, 1910, II R., n^o 25, 175 p. (English summary, p. 153-175), 7 fig., 3 pl.
- JESSEN A. et NORDMANN V. — Ferskvandslagene ved Nørre Lyngby. *Ibid.*, II R., n^o 29, 1915, 66 p., 5 fig., 1 pl. h. t. (Engl. summary, p. 57-62).
- JOLY. — Description des Ports de France. Notice sur le port de Nantes, 1879.

- JUKES-BROWNE A. J. — 1. The building of the British Isles: A study in geographical evolution. London, 1888, 343 p., 15 pl., 8 fig.
- 2. Note on a boring through the chalk and gault near Dieppe. *Geol. Mag.* New S., Déc. IV, vol. VII, 1900, p. 25-28.
- KEILHACK K. — Die Verlandung der Swinepforte. *Jahr. der Königl. Preuss. Geol. Landesanst.* Bd. XXXII, 1911, T. II, H 2, p. 209-244, 2 fig., pl. 8-10.
- KERFORNE F. — Documents pour l'étude du gisement pleistocène du Mont-Dol. *B. S. G. Min., Br.*, t. II, 1921, p. 279-280.
- KERVILER René. — 1. L'âge du bronze et les Gallo-Romains à St-Nazaire. *Revue archéologique*, nouv. Sér., t. 33, 1877, p. 145-153 ; 230-239 ; 342-353.
- 2. Armorique et Bretagne. Paris, 1893.
- KING W. B. R. — Résultats des sondages exécutés par les armées britanniques dans le N. de la France. *A. S. G. N.*, t. XLV, 1920, p. 9-34, pl. I.
- LADRIÈRE Jules. — 1. Etude sur les limons des environs de Bavai (1^{re} et 2^e parties). *Ibid.*, t. VI, 1879, 1^{re} partie, p. 74-87, pl. III ; 2^e partie, p. 300-306, pl. VII.
- 2. Le terrain quaternaire du Nord. *Ibid.*, t. VII, 1879, p. 11-32.
- 3. Note sur les tranchées de chemin de fer d'Hénin-Liétard à Carvin. *Ibid.*, t. VII, 1880, p. 211-217.
- 4. Etude sur les limons des environs de Bavai (Suite). *Ibid.*, t. VII, 1880, p. 302-318.
- 5. Les anciennes rivières. *Ibid.*, t. VIII, 1880, p. 1-17.
- 6. Etude Géologique sur les tranchées du chemin de fer du Quesnoy à Dour. *Ibid.*, t. VIII, 1881, p. 135-176.
- 7. Le terrain quaternaire du fort du Vert-Galant comparé à celui des régions voisines. *Ibid.*, t. X, 1883, p. 86-99.
- 8. Comptes rendus de l'Excursion de la Société Géologique du Nord aux environs de Lille, et considérations sur les terrains quaternaires et récents des vallées de la Lys et de la Deûle. *Ibid.*, t. XII, 1885, p. 405-422.
- 9. Le terrain quaternaire de la vallée de la Deûle à Lille comparé à celui du Nord de la France. *Ibid.*, t. XIII, 1886, p. 266-287, pl. VI.
- 10. Note sur l'existence de la tourbe quaternaire à la Flamengries-lez-Bavai. *Ibid.*, t. XIII, 1886, p. 288-291.
- 11. Note sur le forage de l'Ecole nationale professionnelle d'Armentières. *Ibid.*, t. XIV, 1887, p. 181-184.
- 12. Note sur la découverte d'un silex taillé et d'une défense de Mammouth à Vitry-en-Artois. *Ibid.*, t. XV, 1888, p. 108-112.
- 13. L'ancien lit de la Scarpe. *Ibid.*, t. XV, 1888, p. 217-238.
- 14. Les alluvions récentes à Quiévrechain. *Ibid.*, t. XVII, 1890, p. 198-200.
- 15. Etude stratigraphique du terrain quaternaire du Nord de la France. *Ibid.*, t. XVIII, 1890, p. 93-149 ; p. 205-276, 20 fig., Pl. I-II.
- 16. Note pour l'étude du terrain quaternaire de la vallée de la Deûle. *Ibid.*, t. XVIII, 1890, p. 203-204.
- 17. Notes pour l'étude du terrain quaternaire en Hesbaye, au Mont de la Trinité et dans les collines de la Flandre. *Ibid.*, t. XIX, 1891, p. 329-344.

- 18. Essai sur la constitution géologique du terrain quaternaire des environs de Mons. *Ibid.*, t. xx, 1892, p. 22-43.
- 19. Le terrain quaternaire des environs de Douai. *Ibid.*, t. xxiv, 1896, p. 54-68.
- 20. Note pour servir à l'étude du terrain quaternaire de la Somme. *Ibid.*, t. xxvi, 1897, p. 210-225.
- 21. Sur une note de M. Mourlon, Directeur de la Carte Géologique de Belgique, annonçant la découverte d'Ossements de Mammouth en Condroz, dans la tranchée de la Station de Sovet. *Ibid.*, t. xxvi, 1897, p. 239-241.
- 22. Limons du Nord de la France, *Livret-Guide*, VIII^e Congr. Géol. Int., 1900, xvi. Picardie, p. 1-10, 8 fig.
- 23. Les fouilles de la Grand-Place de Lille. *A. S. G. N.*, t. xxxii, 1903, p. 213-216.
- 24. Etude géologique et hydrologique du terrain où doit être construit le Lycée de jeunes filles de Lille. *Ibid.*, t. xxxiii, 1904, p. 26-50, Pl. II.
- LAMEERE Aug. — Faune de Belgique, t. 1, 1895.
- LAMOTHE DE. — 1. Les anciennes nappes alluviales et lignes de rivage du bassin de la Somme et leurs rapports avec celles de la Méditerranée occidentale. *B. S. G. F.* 4^e S., t. xviii, 1918, p. 3-58.
- 2. Faune marine contemporaine en Algérie de la ligne de rivage de 148 mètres. (2^e note). *Ibid.*, 4^e S., t. xxii, 1922, p. 154-163.
- LANDRIN C. — Essais historiques sur le Calais depuis les temps les plus reculés jusqu'à la fin du xvi^e siècle, Calais, 1889, 128 p.
- LAPPARENT, A DE. — Traité de Géologie, 5^e édition, 1906, 3 vol.
- LAPPARENT, A DE, POTIER et DUCHANOY. — Rapports présentés aux Membres de l'Association sur les explorations géologiques faites en 1875 et 1876 pour le chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, 1877.
- LAVILLE A. — 1. Sur le dernier sol paléolithique aux environs de Paris. *F. J. N.* iv^e S., 33 a, 1902, n^o 385.
- 2. Pièces moustériennes typiques et couteau en croissant des couches à *Elephas antiquus*, Falc., de Cergy. *Bull. et Mém. Soc. Anthr., Paris*, 1910, p. 166-173, 8 fig.
- L. D. — Analyse des notes relatives aux buttes de Saint-Michel en l'Herm. *B. S. Sc. Nat. Ouest*, 2^e S., t. ix, 1909, Extr. et Anal., p. 23-25.
- LEBESCONTE P. — 1. De l'apport par la mer sur les plages bretonnes de roches et de fossiles du calcaire grossier et du crétacé. *B. S. G. F.*, 3^e S., t. x, 1881-1882, p. 68-72.
- 2. Périodes géologiques gallo-romaine et franque. Leurs relations avec le Quaternaire, le Pliocène et l'Epoque moderne. *Bull. Soc. Scient. et Médicale. Ouest*, Rennes, 1898, p. 354-405.
- 3. Epoque et mode de formation du détroit du Pas-de-Calais. Modifications subies par le littoral depuis l'origine du détroit jusqu'à nos jours. *A. F. A. S. Boulogne-sur-Mer*, 1899, p. 597-606.
- LEBESCONTE et BÉZIER. — Description stratigraphique des terrains quaternaires et des alluvions modernes de la Vilaine dans la partie Est de la ville de Rennes. *Bull. Soc. Sc. et Médic. Ouest*, 1897, p. 221-235.
- LEBRUN. — Coupe des fondations d'une maison rue du Sec-Arembault, à Lille. *A. S. G. N.*, t. xxx, 1901, p. 24-26.

- LELOIR. — Cailloux perforés par un Annélide. *Ibid.*, t. II, 1875, p. 73-74.
- LEMOINE Paul. — La Géologie du fond des mers (Manche et Atlantique du Nord). *Ann. Géogr.* XXI A, 1912, p. 385-392, 2 fig.
- LENNEL F. — Histoire de Calais. Calais des Origines à la domination anglaise. 1er volume. Calais, 1908, 319 p.
- LERICHE Maurice. — 1. Note sur la faune de la tourbe de Wissant. *A. S. G. N.*, t. XXVIII, 1899, p. 283-284.
- 2. Sur quelques points de la Géologie de la Flandre française. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XXXIII, 1923, p. 3-14, 1 fig.
- LESMAIRES A. — Dunkerque et la Plaine Maritime aux Temps Anciens, 3 fasc., Extr. de *Union Faulconier, Soc. hist. et Arch. de Dunkerque et la Flandre maritime*, t. XVIII-XX, 1920-1923, (Introd. t. XVIII, p. 117), 436 p., 1 carte, (avec préface de C. Jullian, p. I-IV).
- LESNE P. — La faune entomologique subfossile des Tourbières de Belle-Ile. *C. R.*, t. 167, 1918, p. 538-540.
- LIPPMANN Ed. et DOLLEUS G. — Un forage à Dives, Calvados. *B. S. G. Fr.*, 3^e Sér., t. XX, 1892, p. 386.
- LOCARD Arnaud. — 1. Contributions à la faune malacologique française: X. monographie des espèces de la famille des Buccinidae. Extr. *Ann. Soc. Linn. Lyon*, t. XXXIII, 1886 (Lyon, 1887), 115 p., 1 pl.
- 2. Les coquilles marines des côtes de France. Paris, 1892, 384 p., 348 fig.
- 3. Expéditions scientifiques du Travailleur et du Talisman. Mollusques testacés. Paris, 1898, 2 vol.
- LOË (A. DE) et RAETMAEKERS D. — Recherches malacologiques à l'embouchure de la Somme, à Saint-Valéry, au Crotoy, à Cayeux, au Bourg-d'Ault, à Mers et au Tréport. *A. S. Mal. Belg.*, Bull. des Séanc., 1885, p. xxxvii-xliv.
- LORIÉ J. — 1. Le diluvium plus récent ou sableux et le système eemien. (Contributions à la Géologie des Pays-Bas). *Archives du Musée Teyler*, 1887.
- 2. Sondages en Zélande et en Brabant. (Contributions à la Géologie des Pays-Bas; fasc. X), *B. S. Belg. G.*, t. XVII, 1903, (2^e S., t. VII, Mém., p. 203-258).
- 3. De geologische Bouw der Geldersche Vallei, benevens Beschrijving van eenige nieuwe Grondboringen VII. — Mededeelingen omtrent de Geologie van Nederland, verzameld door de Commissie van het geologisch Onderzoek. *Verhandelingen der kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam*, 1906.
- 4. Het Interglacialisme in Nederland. (De voorgestelde eenheid van het Ijstijdvak III). *Tijdschr. van het Konink. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, 2^e Sér., dl. XXIV, afl. 3, 1907.
- 5. Le diluvium de l'Escaut. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XXIV, 1910, Mém. p. 335-413, pl. XVII-XVIII.
- 6. Eene belangrijke Haff-studie. *Tijdschrift van het Koninkl. Nederl. Aardrijksk. Genootsch.*, 2^e Sér., dl. XXX, 1913, p. 475-483.
- LYELL Charles. — L'ancienneté de l'homme prouvée par la Géologie, 1864, 542 p., 53 fig., 2 pl. (Trad. M. Chaper).
- MADSEN V., NORDMANN V. et HARTZ N. — Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejringer i Danmark, Nord - Tyskland og Holland. *D. G. U.*, II R.,

- n° 17, 1908, 1 vol. texte, 302 p., 31 fig. (Résumé en français p. 265-302); 1 vol. atlas, 12 pl., 1 carte.
- MARTONNE E. DE. — *Traité de Géographie physique. Climat, Hydrographie, Relief du sol, Biogéographie*, 2^e éd., 1913, 923 p., 400 fig. et cartes texte, 48 pl. h. t., 2 cartes h. t.
- MASSART Jean. — 1. Les déplacements de la côte belge., *Revue. Univ.*, 15 nov. 1891, extr. 18 p., 5 fig.
- 2. La cinquantième herborisation générale de la Société Royale de Botanique de Belgique. — Sur le littoral belge, *Bull. Soc. Royale Botan. Belg.*, 2^e S., T. I, (T. LI), vol. jubill., 1912, p. 69-187, 54 fig. h. t. 3 pl. cartes.
- MAURICE Charles. — *Compte-rendu de l'excursion géologique du 29 Mars au 1er Avril 1880 dans le Boulonnais. 1^o Falaise du Blanc-Nez. A. S. G. N.*, 1880, t. VII, p. 350-360, pl. v.
- MAYET Lucien et PISSOT Jean. — *Abri sous-roche préhistorique de la Colombière, près Poncin (Ain). Ann. Univ. Lyon, Série I, vol. 39, 1915, 205 p., 102 fig., 25 pl.*
- MERCEY, N. DE. — 1. Note sur les éléments du terrain quaternaire aux environs de Paris et spécialement dans le bassin de la Somme. *B. S. G. F.*, 2^e S., t. XXII, 1864-1865, p. 69.
- 2. Classification de la période quaternaire en Picardie. Lecture faite dans la Séance générale de la Société Linnéenne du Nord de la France, du 14 août 1875). *Mém. Soc. Linn. N. Fr.*, 1874-1876, Extr. 16 p. 1 tableau h. t. (paru en 1877).
- 3. Sur les croupes de la Somme à Ailly-sur-Somme, Breilly, la Chaussée-Tirancourt. *Bull. Soc. Linn. N. Fr.*, t. III, 1876, p. 193.
- 4. Note sur les croupes de la Somme. *B. S. G. F.*, 3^e S., 1876-1877, p. 337.
- 5. Sur deux questions concernant les croupes de la Somme. *Bull. Soc. Linn. N. Fr.*, t. III, 1877, p. 336, Extr. 13 p., 1 fig.
- 6. Observations à l'occasion de quelques travaux publiés dans les Annales de la Société Géologique du Nord sur le Quaternaire ancien. *A. S. G. N.*, t. VII, 1880, p. 246-258.
- 7. Quelques mots sur le Quaternaire ancien du Nord de la France. *B. S. G. F.*, 3^e S., t. VIII, 1880, p. 330-335.
- 8. Sur la théorie du Quaternaire ancien dans le Nord de la France. *Ibid.*, 3^e S., t. VIII, 1880, p. 370-385.
- 9. Nouvelles observations sur quelques travaux relatifs au Quaternaire du Nord. *A. S. G. N.*, t. IX, 1882, p. 138-150.
- MELGY. — *Géologie pratique de la Flandre française. Mém. Soc. Sc. Agr. et Arts Lille*, 1^{er} S., t. xxx à xxxiii, 1851-1854.
- MILLER, S. H. et SKERTCHLY, S. B. J. — *Fenland past and present. London, 1878, 650 p.*
- MILON Y. et DANGEARD L. — *Compte-rendu des excursions de la Société Géologique et Minéralogique et de la Faculté des Sciences de Rennes en 1920. Excursion du Mont-Dol et Saint-Malo, 24 mai. Bull. Soc. Géol. et Min. de Bret.*, t. I, 1920, p. 187-192, fig. 9.
- MILNERS V. — 1. Bornholms Geologi. *D. G. U.*, V^e R., N^o 1, 1916, 122 p., 58 fig., 1 pl. h. t., 3 cartes couleur h. t.
- 2. Nordøstsjællands Geologi. *Ibid.*, V^e R., N^o 3, 1922, 182 p., 38 fig., 1 pl. h. t., 2 tableaux h. t., 2 cartes couleur h. t.

- MORGAN Jacques DE. — 1. Sur l'incertitude de la chronologie relative des faits préhistoriques. *Anthr.*, 1907, p. 380-383.
- 2. L'humanité préhistorique. Esquisse de préhistoire générale. *Biblioth. de Synthèse historique. — L'évolution de l'humanité*, n° 2, 312 p., 190 fig., 1921.
- MORTILLET Gabriel DE. — 1. Le chronomètre du bassin de Penhouët à Saint-Nazaire réduit à sa simple valeur (avec lettre de SIRODOT). *Revue d'Anthrop.* 1877, p. 67-76.
- 2. Critique du chronomètre de Penhouët (L. I.). *B. S. G. F.* 3° S., t. 6, 1878, p. 76-81.
- 3. Le Préhistorique. Origine et Antiquité de l'Homme. *Bibl. des Sc. contempor.*, n° 8, 642 p., 64 fig., Paris, 1883.
- MOURLON Michel. — 1. Géologie de la Belgique. Bruxelles, 1880, 1er vol., 312 p., 55 fig., 2 pl. — 1881, 2° vol., 392 p.
- 2. Les mers quaternaires en Belgique, d'après l'étude stratigraphique des dépôts flandriens et campiniens, et de leurs relations avec les couches tertiaires pliocènes. *Bull. Ac. Roy. Belg.*, 3° S., t. xxxii, n° 12 (décemb.), 1896, p. 671-711.
- 3. Découverte d'un dépôt quaternaire campinien avec faune du mammoth et débris végétaux dans les profonds déblais d'Hofstade à l'est de Sempst (Brabant belge). *Ibid.*, avril 1909, p. 427-434, 1 fig.
- MUNIER-CHALMAS et PELLAT Edm. — Falaises jurassiques du Boulonnais. *Livr. Guide*, VIII^e Congrès Géol. Int., 1900 ; IX. Boulonnais et Normandie, p. 15-26, 1 fig., 1 pl. h. t. avec légende.
- MUNTZE H. — 1. Preliminary Report on the Physical Géography of the Litorina-Sea. *Bull. of the Geol. Institution*, vol. II, 1895, p. 1-38, pl. I-II.
- 2. Studier öfver Gottlands semkvartära historia. *Sver. Geol. Unders. ser C a*, n° 4, 1910, 213 p., 62 fig., 2 pl. 1 carte, Engl. summ.
- 3. Studies in the late quaternary history of Southern en Sweden, *Geol. Fören. Förhandl.*, Bd xxxii, 1910, p. 1197-1293, 35 fig., 3 pl.
- NEHRING Alfred. — Ueber Tundren und Steppen der Jetzt-und vorzeit, mit besondere Berücksichtigung ihrer Fauna ; Berlin, 1890, 257 p., 1 fig., 1 carte h. t.
- NEWTON E. T. — 1. The Vertebrata of the Forest-bed series of Norfolk and Suffolk, *Mem. Geol. Surv. of Engl. and Wales*, 1882, 143 p., 19 pl.
- 2. The Vertebrata of the pliocene deposits of Britain. *Ibid.*, 1891, 137 p., 10 pl.
- 3. The Vertebrate fauna collected by M. Lewis Abbott from the fissure near Ightham, (Kent). *Q. J.*, Vol. L, 1894, p. 188-210, pl. x-xii.
- 4. Additional Notes on the Vertebrate fauna of the rock-fissure at Ightham (Kent). *Ibid.*, Vol. 55, 1899, p. 419-429, pl. 28.
- NOË, G. DE LA. — Note sur la géographie ancienne de l'embouchure de la Loire. *Bull. Géogr. histor. et descript.*, 1888, p. 20-30.
- NORQUET DE. — Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles du département du Nord. *Mém. Soc. Sc. Agric. et Arts de Lille*, 1872, 31 p.
- NORDMANN V. — 1. Bemærkninger om Molluskfaunaen. in JESSE« Axël (2) Kortbladene Aalborg og Nibe ; *D. G. U.*, I R., N° 10, 1905, p. 145-164, tabl. h. t. A. E.
- 2. Danmarks Pattedyr i Fortiden. *Ibid.*, III R., N° 5, 1905, 133 p., 53 fig.
- 3. *Tapes senescens* og *Tapes aureus* Gm. var. *ccmiensis* Nordm. — *Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.*, 1913, p. 1-65 (Engl. summary).

- 4. On remains of Reindeer and Beaver from the commencement of the Postglacial Forest Period in Denmark. *D. G. U.*, II R., n° 28, 1915, 24 p., 1 tableau h. t., 7 fig.
 - 5. Det marine Diluvium ved Vognsbøl. *Ibid.*, IV R., Bd 1, n° 14, 1922, 24 p. (Rés. en français p. 19-24), et tableau h. t. en français.
- NORDMANN V. JESSEN Knud et MILTHERS V. — Quartärgeologische Beobachtungen auf Sylt. *Meddelel. Dansk geologisk Forening*, Bd. 6, n° 15, 1923, 39 p., 1 fig.
- NUESCH Jakob. — 1. Fouilles au Schweizersbild. *C. R. LXXVI^e Session. Soc. Helvet. des Sc. Nat.*, Schaffouse, 1894.
- 2. Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus palaeolithischer, und neolithischer Zeit. *Neue Denkschrift. d. allgem. Schweizer. Gesellsch. f. d. ges. Naturwiss.*, Zürich, t. xxxv, 1896, 1 carte, 25 pl.
 - 3. Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus palaeolithischer, und neolithischer Zeit. *Ibid.*, 2te Aufl., 1902, 368 p., 1 carte, 30 pl., 35 fig.
 - 4. Stratigraphie du Schweizersbild et l'âge des différentes couches de cette station. *Congr. Int. Anthr. Arch. Préh.* — *C. R. XIII^e session, Monaco*, 1906, t. I, p. 416-419.
- OLRY A. — Travaux d'exploitation et de recherche exécutés dans le bassin houiller du Boulonnais et dans la région comprise entre le bassin du Pas-de-Calais et la mer. *B. serv. C. G. F.*, t. xv, (1903-1904), *Bull. n° 100*, 1904, 131 p., 18 fig., 2 pl.
- ORTLIEB J. — 1. Observations au sujet des deux sondages de Sangatte. *A. S. G. N.*, t. VII, 1879, p. 112-114.
- 2. Note sur les modifications récentes de la côte à Sangatte. *Ibid.*, t. VII, 1880, p. 117-120.
- OSBORN Henry Fairfield and REEDS Chester A. — Old and new standards of Pleistocene division in relation to the Prehistory of Man in Europe. *Bull. of the Geol. Soc. of America*, vol. 33, 1922, p. 411-490, 14 fig.
- PAGNIEZ et BRÉGI. — 1. Sondage à Calais St-Pierre, rue des Salines. *A. S. G. N.*, t. xxxv, 1906, p. 177.
- 2. Sondage de la Malterie de Virval, à Calais St-Pierre. *Ibid.*, t. xxxv, 1906, p. 381.
 - 3. Sondage à Cucq, près Etaples. *Ibid.*, t. XL, 1911, p. 333.
- PARENT H. — 1. Excursions dans le Quaternaire du Nord de la France et de la Belgique du 5 au 9 juin 1892. *Ibid.*, t. xx, 1892, p. 290-303.
- 2. Réunion annuelle extraordinaire de la Société Géologique du Nord, à St-Omer, le 10 juillet 1892. *Ibid.*, t. xx, 1892, p. 333-339.
- PELLAT Edm. — Compte-rendu de l'excursion du 16 septembre 1880, entre Wimereux et Boulogne. (Réunion extraordinaire de la Soc. Geol. de Fr. à Boulogne-sur-Mer). *B. S. G. F.*, 3^e S., t. VIII, 1880, p. 609-614.
- PLOCQ. — Etude des courants et de la marche des alluvions aux abords du détroit de Douvres et du Pas-de-Calais. *Ann. Ponts et Chaussées*, Paris, 1863, 74 p.
- PONTIER G. — 1. *L'Elephas primigenius* dans la vallée de l'Aa. *A. S. G. N.*, t. xxvi, 1897, p. 125-127.
- 2. La faune quaternaire de la vallée de l'Aa. (Note préliminaire). *Ibid.*, t. xxxvi, 1907, p. 347-355.
 - 3. Découvertes paléontologiques dans la vallée de l'Aa. *Ibid.*, t. xxxvii, 1908, p. 131-139.

- 4. Quelques observations sur les alluvions d'Arques. *Ibid.*, t. xxxviii, 1909, p. 171-175.
 - 5. Remarques sur les faunes d'Abbeville. *Ibid.*, t. xxxix, 1910, p. 293-303.
 - 6. Etude sur l'*Elephas primigenius* de la vallée de l'Aa. *Ibid.*, t. xliii, 1914, p. 30-89.
 - 7. Les Eléphants fossiles d'Angleterre: le Mammouth en Angleterre et dans la Mer du Nord. *C. R.*, t. 177, 1923 (22 octobre), p. 830-833.
- POTIER. — Résultats des deux sondages de Sandgatte. *A. S. G. N.*, t. vii, 1879, p. 112-113.
- PRESTWICH Joseph. — 1. On the Drift at Sandgatte Cliff near Calais. *Q. J.*, t. vii, 1851, p. 274-278, 1 fig.
- 2. On the occurrence of flint implements associated with remains of animals of extinct species in beds of a late geological period in France at Amiens and Abbeville and in England at Hoxne, *Philos. Trans.*, vol. 150, 1860, p. 277-317, pl. x-xiv, 12 fig.
 - 3. On the geology of the deposits containing flint implements: theoretical considerations on the conditions under which the Drift deposits containing remains of extinct Mammalia and flint implements were accumulated and on their geological age (1862). — On the lœss of the valleys of South of England and of the Somme and the Seine (1862). *Ibid.*, vol. 154, 1864, p. 247-309, 18 fig., pl. iv-v.
 - 4. Additional observations on the raised beach of Sangatte, with references to the date of the English Channel and the presence of lœss in the cliff section. *Q. J.*, t. xxi, 1865, p. 440-442, 1 fig.
 - 5. Note et observations théoriques sur la plage soulevée de Sangatte. *B. S. G. F.*, t. viii, 3^e S., 1880, p. 547-552.
 - 6. The raised beaches and « head » or rubble drift, of the south of England : their relation to the valley drifts and to the glacial period; and on a late post-glacial submergence. *Q. J.*, vol. xlviii, 1892, p. 263-343, 21 fig., pl. vii-viii.
 - 7. On the evidences of a submergence of Western Europe and of the Mediterranean coasts at the close of the glacial or so-called post-glacial period, and immediately preceding the Neolithic or Recent Period. *Phil. Trans.*, 1893, xviii, p. 903-984, 22 fig., pl. 33.
- PRUVOST P. et PRINGLE J. — A Synopsis of the Geology of the Boulonnais including a correlation of the Mesozoic rocks with those of England. *Proc. Geol. Assoc. London.* (Lim. issue in adv. of Publ.), 1923 jt, 28 p., 2 pl. h. t., 5 fig.
- PRUVOT G. — 1. Essai sur la topographie et la constitution des fonds sous-marins de la région de Banyuls. *Arch. de Zoologie expérimentale*, 1894, 3^e S., t. ii.
- 2. Essai sur les fonds et la faune de la Manche occidentale (côtes de Bretagne), comparés à ceux du golfe du Lion. *Ibid.*, 3^e S., V, 1898, p. 511-616, 4 pl. 2 cartes.
- PRUVOT G. et ROBERT A. — Sur un gisement sous-marin de coquilles anciennes au voisinage du Cap de Creus. *Ibid.*, 1897, 3^e S., t. v, p. 497-510.
- PUSSENOT Ch. — 1. Au sujet d'une submersion récente des côtes du Morbihan. *C. R.*, t. 169, 1919, p. 386-388.
- 2. Nouvelles observations au sujet d'une submersion récente des côtes du Morbihan. *Ibid.*, t. 189, 1919, p. 476.

- QUARRÉ-REYBOURBON L. — Dessèchement des wateringues et des moères dans l'arrondissement de Dunkerque. *Bull. Soc. Géographie, Lille*, 1892, t. 18, p. 159-199, p. 240-271.
- RAMSAY Wilhelm. — Ueber die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartierzeit, *Fennia*, xvi, n° 1, 151 p., 9 fig., 5 pl., 1 carte, 1898.
- REID Clement. — 1. The geology of the country around Cromer (Explanation of sheet 68 E). *Mem. G. Surv of England and Wales*, 1882, 143 p., 1 pl. h. t., 13 fig.
— 2. Sur des cailloux erratiques du diluvium de Sangatte. *A. S. G. N.*, t. xxxiv, 1905, p. 1-2
— 3. Submerged forests, 1913.
- RENARD A. F. Notice sur les roches draguées au large d'Ostende. *Bull. Acad. Roy Belg.*, t. xi, 3° S., 1886.
- RENAUT J. Sur les sondages exécutés dans le Pas-de-Calais en 1890. *C. R.* n° 16, 1891.
- RIGAUX Edmond. — 1. Notice stratigraphique sur le Bas-Boulonnais. *Bull. Soc. Acad. Boulogne.*, n° 4, 1863, p. 95-123.
— 2. Notes pour servir à la Géologie du Boulonnais. *Ibid.*, 1872, t. v, 1, p. 48-73, 1 pl.
— 3. Notice géologique sur le Bas-Boulonnais. *Ibid.*, 1889, vol. xiv, 1892.
— 4. Note sur la Plage de Wimereux. *A. S. G. N.*, t. xxxv, 1906, p. 114-117.
- RIGAUX Henri. — 1. Etude sur la topographie de l'arrondissement de Dunkerque, antérieurement au xii^e siècle. Golfes de Sangatte et de l'Yser. *Bull. Comité Flaman*, 1873, t. vi, n° 5 et 6,, 44 p.
— 2. Observations sur les poteries trouvées à Sangatte. *A. S. G. N.*, t. vii, 1880, p. 120-122.
— 3. Invasion de la Mer du Nord d'après la chronique de Lambert d'Ardes. *Ibid.*, t. xx, 1892, p. 375-376.
— 4. Les modifications de la plage de Wissant. *Ibid.*, t. xxviii, 1899, p. 84-92.
- RORDAM K. — 1. Saltvands alluviet i det nordostlige Sjaelland. *D. G. U.*, n° 2, 1892, 151 p., résumé en français (p. 138-151), 4 pl. h. t., 8 fig.
— 2. De Geologiske Forhold i det nordostlige Sjaelland (pour la carte, voir: Kortbladene « Helsingør » og « Hillerød ». *Ibid.*, n° 3, 1893, 110 p., 11 fig., 5 pl. (rés. français, p. 95-110).
— 3. Beretning om en geologisk Undersøgelse paa « Fraennemark » ved Svaneke paa Bornholm. *Ibid.*, n° 7 (II R., n° 5) 1895, 14 p., 2 fig., 1 pl. h. t. (rés. français de 2 p.).
— 4. Kortbladene Helsingør og Hillerød (i Maalestock 1: 100.000) Udgivne paa ny til De geologiske Forhold i det nordostlige Sjaelland.
1 carte.
— 5. Beskrivelse til Geologisk kort over Danmark (i Maalestock 1: 100.000) Kortbladene Kjøbenhavn og Roskilde. *Ibid.*, 1899, I R., n° 6, 107 p. (Rés. français, p. 101-107), 5 fig., 5 pl. 2 cartes.
- ROUSSANOF. (*Mém. Posth.*) — Les oscillations des lignes de rivages et le retrait des glaciers en Nouvelle-Zemble. *Rev. Géogr.*, t. ix, (1916-1921) — 1922 — Fasc. vi, 19 p., 18 fig., (appendice de Ch. VÉLAIN).
- RUTOR Aimé. — 1. Explication de la feuille de Wacken. *Carte Géol. Belg.* au 1/20.000°, 1885.

- 2. Résultats de l'exploration géologique de la région comprise entre Thielt, Roulers et Thourout. *Ann. Soc. Géol. Belg. (Liège)*, t. XIII, 1886, Mém.
- 3. Note sur quelques points nouveaux de la Géologie des Flandres. *B. S. Belg. G. (Brux.)* Mém., t. IX, 1895 (29 oct.).
- 4. Les modifications du littoral belge pendant la période moderne. *A. S. G. N.*, t. XXVI, 1897, p. 157-167.
- 5. Les origines du Quaternaire de la Belgique. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XI, 1897, Mém. 140 p., pl. I, 12 fig.
- 6. Nouvelles observations sur le Flandrien. *Ibid.*, t. XI, 1897. Proc. verb. 30 nov.
- 7. Etude des modifications du sol des Flandres depuis que l'Homme a pu y établir sa demeure. 27 p., 1897. Gand.
- 8. Sur le creusement de la vallée de la Lys. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XIII, (2^e S., t. III, 1899, Proc. verb., p. 94-101.
- 9. Comparaison du quaternaire de Belgique au glaciaire de l'Europe centrale. *Ibid.*, t. XIII, (2^e S., t. III), 1899, Mém. p. 307-321.
- 10. Note sur la position stratigraphique de la *Corbicula fluminatis* dans les couches quaternaires du bassin anglo-franco-belge, *Ibid.*, t. XIV, 1900, Mém., p. 1-24, 7 fig.
- 11. Note sur la découverte d'importants gisements de silex taillés dans les collines de la Flandre occidentale. *Bull. Soc. d'Anthropol., Bruxelles*, t. XIX, 1900, p. 83.
- 12. Nouvelles observations sur le quaternaire de la Belgique. Echelle stratigraphique et projet de légende du quaternaire. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XV, (2^e S., t. V), 1901, p. 554-557.
- 13. Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du S. de l'Angleterre, *Ibid.*, t. XVII, 1903, Mém. p. 55-101.
- 14. Note sur l'existence des couches à Rongeurs arctiques dans les cavernes de la Belgique. *B. Ac. Roy. Belg. (Cl. des Sc.)* n° 5, 1910, p. 335-379.
- 15. La Préhistoire. — 1^{re} partie: Introduction à l'étude de la préhistoire de la Belgique. Eléments de préhistoire générale. *Les Naturalistes belges, Bruxelles*, 1918, 161 p., 230 fig.
- 16. Le Quaternaire du Nord de la France et de la Belgique d'après la classification de M. le Prof. V. Commont. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XXIX, 1919, Proc. Verb., p. 31-42, 1 fig.
- 17. Le Quaternaire de la Belgique et la classification de V. Commont pour les couches quaternaires du Nord de la France. *Ibid.*, t. XXIX, 1919, p. 151-196.
- 18. Sur la faune des Mammifères de l'époque de la période polie en Belgique. *B. Acad. Roy. Belg. (cl. des Sc.)*, 1920, n° 9-10, p. 456-471.
- RUTOT A. et VAN DEN BROECK E. — 1. Les phénomènes post-tertiaires en Belgique dans leurs rapports avec l'origine des dépôts quaternaires et modernes. *A. S. G. N.*, t. VII, 1879, p. 33-52.
- 2. Quelques mots sur le Quaternaire. *Ibid.*, t. VI, 1879, p. 215-225.
- 3. Note sur la nouvelle classification du terrain quaternaire dans la Basse et dans la Moyenne Belgique. *A. S. Mal. B.*, Bull. des Séances, 1885, p. LXXVIII-LXXXII.
- SAINT-QUENTIN L. DE. — Le Lac de Grand-Lieu ; in *La Ville de Nantes et la Loire-inférieure*. Nantes, t. II, p. 280-304.

- SALMON D^r J. — Esquisse géologique du bassin lacustre de Saint-Omer, (Note préliminaire). *A. S. G. N.*, t. XLII, 1913, p. 248-257, 3 fig.
- SAUVAGE H. E. — 1. Le terrain quaternaire du Boulonnais. *B. S. G. F.*, 3^e S., t. VIII, (*Réun. Extr.*), 1880, p. 591-606, 6 fig.
- 2. Le Mammouth dans la partie Sud de la Mer du Nord. *B. Soc. Acad. Boulogne*, 1899, Extr. 9 p.
- SAUVAGE et HAMY. — Sur les terrains quaternaires du Boulonnais. *B. S. G. F.*, t. XXIII, 2^e S., 1866, p. 643.
- SCHUMACHER E. — Bemerkungen über die Fauna des Loss von Achenheim im besonderen über die Lager von Ziesel und Murmeltier ; *Mitteil des Geologisch Landesanstalt von Elsass-Lothringen*. Bd. VII, 1911, p. 323-344.
- SHATTUCK, George BURBANK; CLARK, W., BULLOCK ; HOLLICK Arthur ; LUCAS Frédéric A. ; HAY O. P. ; SELLARDS E. H. ; ULRIK E. O. — Pliocene and Pleistocene. *Maryland Geol. Surv.*, 1906, 291 p., 9 fig., 75 pl.
- SIRODOT. — 1. Les fouilles du Mont-Dol en 1872 (Conférence faite en 1873). *Bull. Soc. Emul. des Côtes du Nord*, t. XI, 1874, p. 58-106, 7 pl. (paru en 1875).
- 2. De l'âge relatif du gisement quaternaire du Mont-Dol. *C. R.*, t. 112, 1891, p. 1180.
- SKERTCHLY S. B. J. — The geology of the Fenland. *Mem. G. Surv. of England and Wales*, 1877, XVI p., 336 p., 24 pl., 36 fig. texte.
- SOLLAS W. J. — 1. Man and the Ice Age. *Geol. Magaz.*, vol. IX, n° 703, 1923, Jv., p. 1-6.
- 2. Man and the ice Age. *Nature*, 1923, (March. 10), 7 p., 1 fig.
- SOWERBY G. B. — Illustrated index of british shells containing figures of all the recent species with names and other information., 1859, xv p., XXIV pl.
- STAMP L. Dudley. — An introduction to stratigraphy. 1 vol., 368 p., 84 fig., 1923.
- STEJNEGER Leonhard. — The origin of the so called atlantic animals and plants of Western Norway. *Smithson. Miscell. Collection*, vol. 48, 1907, (publ. n° 1695), p. 458-513, fig. 124, pl. LXVII-LXX.
- TERMIER Pierre. — La déformation de la surface terrestre au cours des âges. (Conférence faite à la Société Industrielle de Mulhouse, le 28 février 1923). *B. S. Industrielle, Mulhouse*, avril 1923, Extr. 25 p.
- TERQUEM O. — Essai sur le classement des animaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunkerque. Paris, 1875, 53 p., 6 pl.
- TOPLBY W. — The geology of the straits of Dover. *Quart. Journ. of Sc.*, 1872, vol. II, p. 208-223
- TORRIS, Ad. — Sondage de Gravelines. *A. S. G. N.*, t. XIII, 1886, p. 122-123.
- USSING et MADSEN V. — Beskrivelse til geologisk kort over Danmark (1 Maalestock 1: 100.000). Kortbladet Hindsholm. *D. G. U.*, I R., n° 2, 1897, 87 p., 6 fig., 1 carte, 4 pl. (Rés. français p. 81-87).
- VACHER A. — Sur un tracé ancien de la vallée de la Rance. *C. R.*, t. 168, 1919, p. 353-355.
- VAN BAREN J. — On the correlation between the fluvial deposits of the Lower-Rhine and the Lower-Meuse in the Netherlands and the glacial phenomena in the Alps and Scandinavia. *Mededeel. van de Landbouw-Hoogeschool*, vol. XXIII, n° 1, 1922, Extr. 30 p., 20 pl., 2 fig., 1 carte.
- VAN MIERLO C. J. — 1. Note sur les marées de l'époque quaternaire sur les côtes de Belgique. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, t. XI, 1897, Proc. verb., p. 144.

- 2. Les marées à la fin de l'époque quaternaire sur les côtes de Belgique. *Ibid.*, t. XI, 1897, Mém. p. 273-283.
 - 3. Carte générale de la partie méridionale de la Mer du Nord. Bruxelles, 1897.
 - 4. La carte lithologique de la Mer du Nord le long des côtes belges. *B. S. Belg. G. (Brux.)*, 1899, Proc. Verb., t. XIII (2^e S., t. III), p. 157-158.
 - 5. La carte lithologique de la partie méridionale de la Mer du Nord. *Ibid.*, t. XIII, 1899, p. 219-265, 4 fig., pl. XVI-XVII.
- VAYSON André. — 1. La plus ancienne industrie de St-Acheul. *Anthr.*, t. xxx, 1920, p. 441-496, 16 fig., 16 pl.
- 2. L'étude des outillages en pierre. *Ibid.*, t. xxxII, 1922, 38 p., 17 fig.
- VERCOUSTRE. — Sondage à Bourbourg. *A. S. G. N.*, t. VI, 1879, p. 34-35.
- VERHAS Georges. — Les coquillages du littoral belge. 2^e éd., 60 p., 72 fig., 1912.
- VILLAIN Paul. — L'énigme de St-Michel en l'Herm. Extr. de *Rev. du Bas-Poitou.*, 3 fig., 23 p.
- VLÈS. — Sur la présence de la Mye dans la Méditerranée. *Bull. Inst. Océanogr., Monaco*, n^o 94, 1907.
- VOISIN J. et DELMOTTE. — Notice complémentaire sur le port d'Etaples, (modifications survenues de 1873 à 1907). *Ports Marit. de la Fr. (Min. des Trav. Publ.)*, 1908, 31 p., 1 pl. h. t. de 2 cartes, 12 fig.
- WARREN S. Hazzledine. — 1. The classification of the prehistoric remains of Eastern Essex. *Journ. of the Roy. Anthropol. Institut, of Great Britain and Ireland*, Vol. XLII, 1912, p. 91-127, 3 fig., pl. XI-XVIII.
- 2. The dating of surface flint implements and the evidences of the submerged peat surface. *Proceedings of the Prehistoric Soc. of East Anglia*, vol. III, Pt I, 1918-1919, p. 94-104, fig. 19-20.
- WEBB, C. B., SIMMONS W. C., et WRAY D. A. — The Geology of Liverpool, with Wirral and part of the Flintshire coalfield. *Mém. G. Surv. of England and Wales*, (Explan. of sheet 96), 1923, 183 p., 6 fig., 2 pl.
- WEJSCH Jules. — 1. Sur les buttes coquillières des Chauds dites de St-Michel-en-l'Herm. *C. R. S. G. F.*, 1909, 15 fév., p. 31-32.
- 2. Sur les dépôts de tourbe littorale de l'Ouest de la France. *C. R.* t. 150, 1910, p. 1628-1631 (13 juin).
 - 3. La tourbe littorale du Croisic (Loire-Inf.) et les dépôts analogues de l'Ouest de la France. *B. S. Sc. Nat. Ouest.* 3^e S., t. I, 1911, p. 201-221.
 - 4. Fixité de la côte atlantique du Centre-Ouest de la France. *Ann. Géogr.*, t. XXIII, 1914, p. 193-218.
 - 5. Les lignites du littoral et les forêts submergées de l'Ouest de la France. *Anthr.*, t. XXVIII, 1917, p. 201-233, 7 fig.
 - 6. L'argile à Scrobiculaires des Marais maritimes du Centre-Ouest de la France. *B. S. G. F.*, 4^e S., t. XIX, 1919, p. 46 à 61, 2 fig.
 - 7. Le Marais Poitevin. Etude de terrains modernes. *B. Serv. C. G. F.*, n^o 137, t. XXIII (1914-1918), 1919, 68 p., 2 cartes h. t., 12 fig.
- WÉRY Joséphine. — Sur le littoral belge. — La Plage, les Dunes, les Alluvions, les Polders, les anciennes Rivières ; Excursions scientifiques (Géologie, Botanique et Zoologie) organisées par l'extension de l'Université Libre de Bruxelles et dirigées

- par M. le professeur Jean Massart. — Extr. de *Rev. de l'Univ. de Brux.* Nov. 1905 à Avril 1906; 119 p., 3 fig., xviii pl.
- WOOD Searles V. — A monograph of the Crag Mollusca, or descriptions of shells from the middle and upper tertiaries of the East of England. *Palaeontogr. Soc.*, vol. I, Univalves, 1848, 208 p.; Pl. vol. I, Univalves, 1848, 21 pl.; vol. II, Bivalves, 1857-1861, 341 p.; Pl. vol. II, Bivalves, 1850-1856, 31 pl.; vol. III, supplément Univalves and Bivalves, (with an introductory outline of the Geology of the same district, and map by WOOD Jun. and F. W. HARMER), 1872-1874, 231 p., 2 fig., 1 carte, 12 pl.; vol. IV, 2^e Suppl., Univalves and Bivalves, 1879, 55 p., 5 fig., 6 pl.; 3^e Suppl. Univalves and Bivalves, 1882, 24 p. 1 pl.
- WOODWARD Horace B. — The Geology of England and Wales. 1 vol., 476 p., 28 fig., 1 carte coul., London, 1876.
- WORTH R. Hansford. — The dredgings of the Marine biological Association (1895-1906) as a contribution to the Knowledge of the Geology of the English Channel. *Journ. of the Mar. Biological Assoc. of the Unit. Kingd* (Plymouth), vol. VIII, 1907, p. 118-188, 5 fig., cartes, pl. vi-xvii
- WRIGHT W. B. — The quaternary ice age, 1914, p. i-xxiv, p. 1-464, 23 pl., 155 fig.
- WURM A. — Ueber eine neu entdeckte Steppenfauna von Mauer a. d. Elsenz (bei Heidelberg) *Jahresbericht und Mitteil. des Oberrheinischen geolog. Vereins.* Neue Folge, 3, 1913, (Heft 1). p. 62-78, pl. vi.
- ZELIZKO J. V. — Der Steppeniltis (*Foetorius Eversmanni* Less) in Diluvium bei Wolin. *Acad. des Sc. (Ceska Akademie Ved a umeni) Bull. Intern. Resumés des trav. présentés.* Cl. des Sc. Math. Nat. et de la Méd., Prague, xxii^e année, 1920, p. 39-48, 1 pl. (Mém. déposé en Octobre 1917; pl. préparée p. la Bôhmische Akad. der Wissens ch., II kl., N° 59, 1917, (xxvi).
- Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France à Boulogne-sur-Mer. *B. S. G. F.*, t. x, 1839, p. 385-435.
- Réunion annuelle extraordinaire de la Société Géologique du Nord à Bourbourg, le 18 juin 1893. *A. S. G. N.*, t. xxi, 1893, p. 324-328. Pl. vi.
- Excursion à Wissant du 2 juillet 1899. *Ibid.*, t. xxviii, 1899, p. 142-147.

TABLE DES FIGURES

FIGURES	PAGES
1. — La Plaine maritime flamande et la Plaine maritime picarde.....	7
2. — Croquis panoramique demi-schématique de la côte calaisienne (pris en mer)	10
3. — Carte des abords de Sangatte et du Cap Blanc-Nez	18
4. — Coupe schématique de la falaise de Sangatte	32
5. — Coupe passant par le massif de la Petite-Rouge-Cambre et le sondage de Coquelles	36
6. — Coupe N. S. du massif de Coulogne et de ses abords	39
7. — Coupe du massif des Attaques	41
8. — Obliquité des bandes sableuses et caillouteuses du cordon littoral des Pierrettes relativement à la direction générale du cordon littoral près de la digue Camyn	47
9. — Carte des principales carrières de Fort-Nieulay	53
10. — Coupe demi-schématique du cordon littoral des Pierrettes (carrière D).	54
11. — Coupe levée dans la carrière du bastion 9 (carrière H)	57
12. — Coupe levée dans la carrière de la rue de Turenne	63
13. — Coupes demi-schématiques montrant les relations du cordon littoral des Pierrettes avec les dépôts poldériens et tourbeux du Calaisis	65
14. — Coupe schématique du Calaisis postérieur depuis le coteau crayeux de Guines jusqu'à la région de Marck	78
15. — Carte géologique de la Plaine maritime flamande entre Calais et Guines: principaux massifs de marnes calcaires à Linnées	85
16. — Coupe schématique montrant les relations géologiques d'un massif de marnes calcaires à Linnées	87
17. — Coupe du vallon de St-Tricat	94
18. — La plaine maritime de Wells (Norfolk)	109
19. — Essai de reconstitution du littoral de Sangatte à l'époque romaine....	110
20. — Schéma structural du Calaisis	112
21. — Les digitations du cordon littoral de Cayeux (Picardie)	114
22. — Coupe du massif de Fort-Château	157
23. — Les dunes internes de Ghyvelde et les Moères	159
24. — La Plaine maritime picarde	175
25. — Coupe levée dans une carrière à Rue (banc de galets de Lannoy-Larronville)	178

FIGURES	PAGES
26. — Coupe levée dans la partie S. de la carrière Robbezin à Colline-Beaumont.	181
27. — Coupe du bord de la Plaine maritime picarde à Colline-Beaumont	184
28. — Coupe de la praque de Quend et de ses abords	190
29. — Coupe théorique du gisement de Menhecourt	195
30. — Croquis géologique de la baie de Canche	212
31. — Relations stratigraphiques du cordon littoral de Bel-Air	220
32. — Gisements sous-marins de tourbe aux environs du Tréport	243
33. — La baie de Cancale, le marais de Dol et le cordon littoral de Cherrueix..	246
34. — Structures comparées du Marais de Dol et de la Plaine maritime picarde.	257
35. — Coupe schématique du Marais Poitevin montrant les relations stratigraphiques des différents cordons littoraux	271
36. — Schéma de la répartition des roches exotiques dans les différentes formations quaternaires et actuelles du littoral du Nord de la France	280
37. — Carte du Danemark	296
38. — Structures comparées de la Plaine maritime flamande et du Marsk de Ribe	302
39. — Altitudes des différentes lignes de rivages flandriennes, de la Flandre à la Scandinavie.....	313
40. — Oscillations de la ligne de rivage en Flandre et en Danemark aux temps flandriens	314
41. — Rapports des glaciations et des oscillations principales de la ligne de rivage dans le N.-W. de l'Europe	318

EXPLICATION DES PLANCHES

PL. I

- FIG. 1. — Extrémité occidentale de la Plaine maritime flamande à Sangatte. Vue prise de la mer vers le S. W. — Au premier plan, la plage à marée basse. Au second plan, à gauche la digue de Sangatte protégeant le Calaisis postérieur tourbeux et s'étendant vers la droite jusqu'à la falaise de limons quaternaire. A l'arrière plan, à gauche de l'église les trois Noires-Mottes; à droite de l'église, le massif crayeux du Blanc-Nez (juillet 1923).
- FIG. 2. — Extrémité occidentale de la Plaine maritime flamande à Sangatte. Vue prise de la mer vers le S. E. — Au premier plan la plage à marée basse. A l'arrière plan à gauche ligne de dunes protégeant le Calaisis antérieur poldérien. En P, emplacement de la section du cordon littoral des Pierrettes par le littoral actuel. A droite la digue protégeant le Calaisis postérieur (juillet 1923).
- FIG. 3. — Extrémité occidentale de la Plaine maritime flamande à Sangatte. Vue prise de la Digue Royale vers Sangatte; — M, falaise morte monastirienne; — P, position du cordon littoral des Pierrettes contre lequel est appuyée, en D, la digue royale; — A, littoral actuel. Le village de Sangatte à l'arrière plan (juillet 1923).
- FIG. 4. — Falaise de Sangatte. Falaise morte, plage suspendue et éboulis crayeux. Points I, II, III, IV, V de la section générale (Pl. B) (mai 1921).
- FIG. 5. — Plage suspendue de Sangatte. Falaise morte, plate-forme littorale et cordon littoral monastiriens éboulis crayeux — Points I et II de la section générale. — a, soubassement crétacé de la plate-forme littorale; — b, galets monastiriens; — e, éboulis crayeux; — e', gros blocs crayeux; — F.m, surface de la falaise morte nettement oblique par rapport à celle de la falaise actuelle (sept. 1922).

PL. II

- FIG. 6. — Plage suspendue de Sangatte. — Plate-forme littorale et cordon littoral monastiriens; éboulis crayeux. — Points II et III de la section générale — a, plate-forme littorale crayeuse; — b, galets monastiriens avec lames d' éboulis crayeux; — e, éboulis crayeux; — e', gros blocs de craie (sept. 1922).
- FIG. 7. — Falaise de Sangatte. — Falaise morte, plage suspendue, éboulis crayeux et limons. — Points I, VI, VIII de la section générale. En I, falaise morte avec plate-forme littorale crayeuse; en VI la plate-forme littorale n'est plus visible et la couche de galets monastiriens s'abaisse au niveau du cordon littoral actuel. (Les bâtiments du tunnel sous-marin sont visibles) (sept. 1922).

- FIG. 8. — Falaise de Sangatte. — Galets monastiriens et limons. — Point X de la section générale — b, galets monastiriens; — c, sables marins mélangés d'éboulis crayeux; — e, éboulis crayeux; — l, limons crayeux avec silex (sept. 1922).
- FIG. 9. — Falaise de Sangatte. — Limons. Point XX au premier plan. (Le pied de la falaise a été dégagé artificiellement des galets du cordon littoral actuel qui le cachent); — ls, limons à Succinées et Pupas; — l, limons calcaires; — d, limons calcaires riches en masses de silex (diluvium blanc); — r, limons plus ou moins rubéfiés avec ou sans silex (diluvium roux); — t, limon roux très sableux et terre végétale (sept. 1922).
- FIG. 10. — Falaise de Sangatte à sa terminaison orientale. — Au premier plan la plage à marée basse; au second plan à droite (point XXXIV), la petite falaise formée de limons; — en XXXV, la digue vient s'appuyer sur cette petite falaise. Emplacement de la tourbe et des puits submergés, sur la plage, au pied de cette digue. (Remarque : la tourbe submergée n'est pas visible sur la photographie) (juillet 1923).

PL. III

- FIG. 11. — Carrière ouverte dans le cordon littoral des Pierrettes à Fort-Nieulay (carrière Létendard). Flandrien moyen (= assise de Calais). — Au sommet terres rapportées et décombres remplaçant une masse de galets autrefois exploitée. En-dessous, couches de galets inclinées vers le N. (juillet 1923).
- FIG. 12. — Terrasse fluvio-marine monastirienne de Petit-Phare à Wissant; — A droite pente joignant la terrasse fluvatile tyrrhénienne (en dehors du cliché) à la terrasse fluvio-marine monastirienne de Petit-Phare; — au centre terrasse fluvio-marine monastirienne de Petit-Phare entaillée par une carrière; — à gauche plaine maritime de Wissant avec ligne de dunes en arrière plan (juillet 1923).
- FIG. 13. — Carrière ouverte dans la terrasse de Petit-Phare à Wissant. — Couches fluvio-marines : 1, couches fluvio-marines (avec galets exotiques); — 2, couches fluvio-marines sableuses. — Limons : 3, limon argileux avec gros silex; — 4, limon argileux; — 5, limon sableux; — 6, limon sableux et gros silex; — 7, sable éolien (juillet 1923).
- FIG. 14. — Carrière ouverte dans le banc de galets de Flandre, en Plaine maritime picarde (Monastirien). — La masse de galets visible atteint environ 6 m d'épaisseur (juillet 1922).

PL. IV

- FIG. 15. — Falaise du Crotoy. — Galets du Crotoy monastiriens surmontés de couches flandriennes marines et continentales. La superposition des deux formations est visible sous la villa, à l'extrémité de la petite digue de ciment. Voir les détails fig. 16 (juillet 1922).
- FIG. 16. — Détails des couches monastiriennes et flandriennes de la falaise du Crotoy sous la villa à l'extrémité de la petite digue cimentée : 1, argile à galets; — 2, galets; — 2 a, zone d'altération des couches monastiriennes; — 3, sable éolien et kjökkenmödding; — 3 a,

zone superficielle d'altération ; — 4, falun à *C. edule* ; — 4 a, couches de coquilles bivalves ; — 5, sable et kjökkenmödding ; — A, digue cimentée (juillet 1922).

FIG. 17. — Carrière dans le banc de galets de Colline-Beaumont (Monastirien). Couches de galets à stratification régulière et horizontale ; au sommet, poche d'altération et couches de remaniement (juillet 1922).

FIG. 18. — Carrière dans le banc de sables et galets de Colline-Beaumont à Conchil-le-Temple (Monastirien). — Sable à la base, galets au sommet (juillet 1922).

PL. A

Carte géologique des environs de Calais.

PL. B

Coupe de la falaise de Sangatte. — C, craie ; — M, Monastirien marin (M₁, galets ; — M₂, sable ; — M₃, Marne sableuse) — Pr, Eboulis crayeux, presle ; — L, limons calcaires et lœss ; — B, diluvium blanc ; — R, diluvium roux ; — A, limons sableux et éboulis ; — Sond., sondage de Sangatte (W. du village).

Pour les détails de la coupe de la falaise se reporter au texte p. 1928 ; — pour les détails du sondage, p. 120.

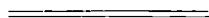
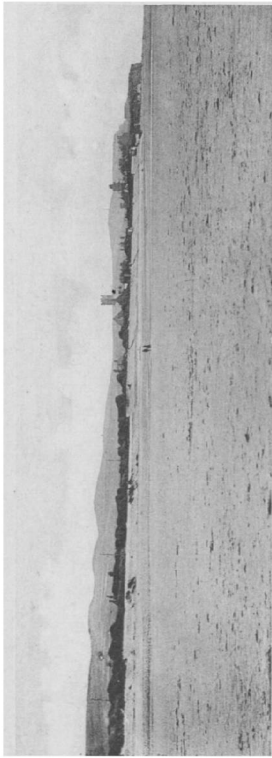
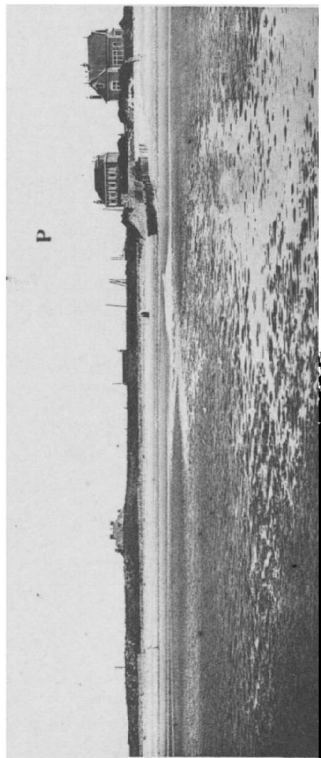


TABLE DES MATIÈRES

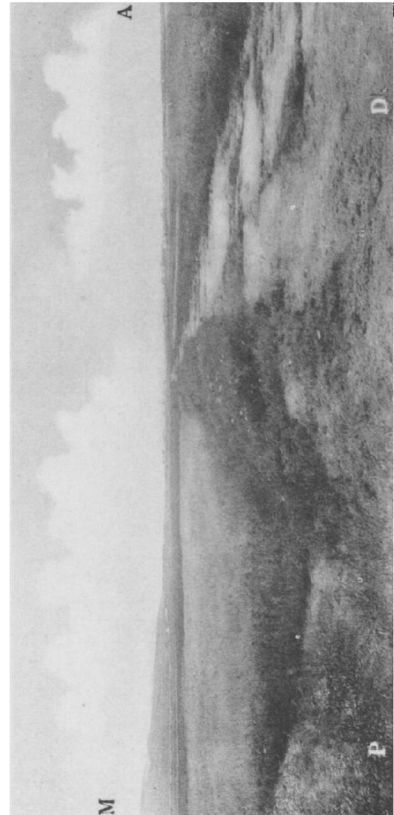
	Pages
INTRODUCTION.	3
CHAPITRE I. — Le Calaisis et la côte de Sangatte.	7
CHAPITRE II. — La falaise de Sangatte	15
CHAPITRE III. — Les formations littorales monastiriennes à l'intérieur de la plaine maritime.	35
CHAPITRE IV. — Le cordon littoral des Pierrettes.	45
CHAPITRE V. — Etude des dépôts de surface du Calaisis au S. et au N. du cordon littoral des Pierrettes	73
<i>Première partie.</i> — Le Calaisis au S. du cordon littoral des Pierrettes.	73
<i>Deuxième partie.</i> — Le Calaisis au N. du cordon littoral des Pierrettes.	95
CHAPITRE VI. — Morphogénie du Calaisis.	106
CHAPITRE VII. — Constitution des dépôts quaternaires profonds du Calaisis et de la plaine maritime française.	116
CHAPITRE VIII. — Caractères et subdivisions de l'étage flandrien	133
CHAPITRE IX. — Le massif de Fort Château et les dunes internes de Ghyvelde	156
CHAPITRE X. — Etude de diverses formations fluvio-marines et fluviales quaternaires du bassin de Wissant et du littoral boulonnais.	163
CHAPITRE XI. — Le Monastirien de la Plaine maritime picarde	174
CHAPITRE XII. — La transgression flandrienne dans la plaine maritime picarde	202
CHAPITRE XIII. — Le Flandrien fluvial dans les vallées du Nord de la France	226
CHAPITRE XIV. — Les dépôts quaternaires préflandriens et la transgression flandrienne sur les côtes de Normandie, de Bretagne et du Poitou	241
CHAPITRE XV. — La transgression flandrienne sur les côtes anglaises et la submersion du Pas-de-Calais	273
CHAPITRE XVI. — La position stratigraphique des limons	282
CHAPITRE XVII. — Relations du Quaternaire du Danemark et du Quaternaire du Nord de la France.	295
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	319
Bibliographie	323
Table des figures	351
Explication des planches	353



1



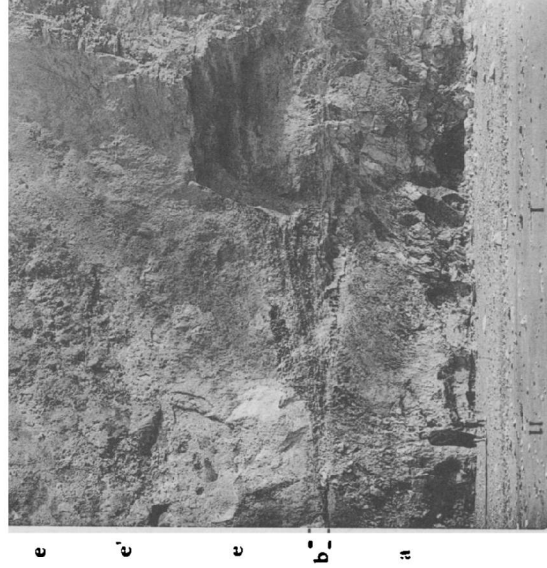
2



3



4



5

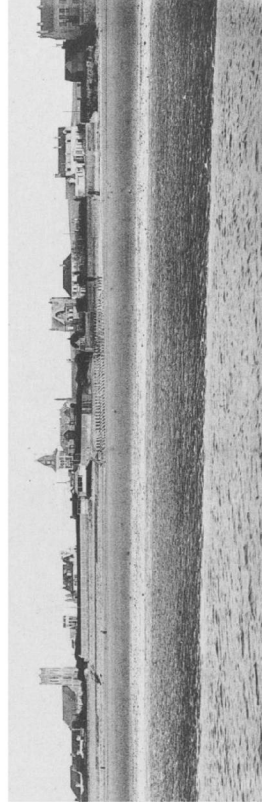
Imp. Tortellier et Cie, Arrouel, près Paris



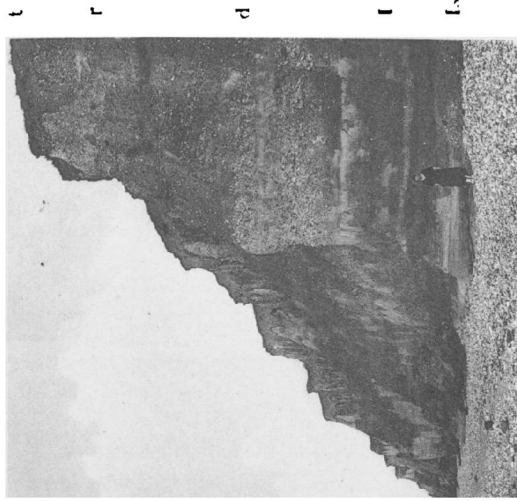
7

XXXV

XXXIV

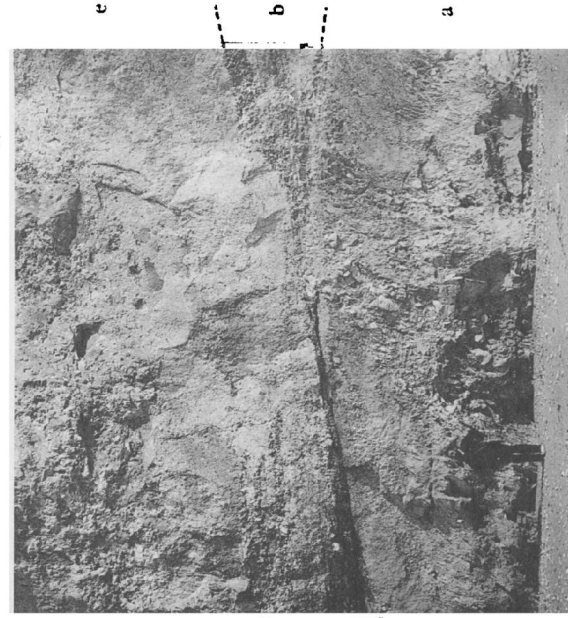


10



9

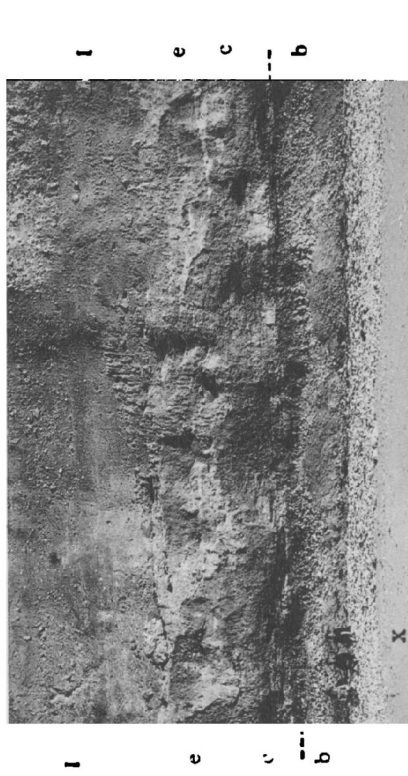
t
r
d
l
h



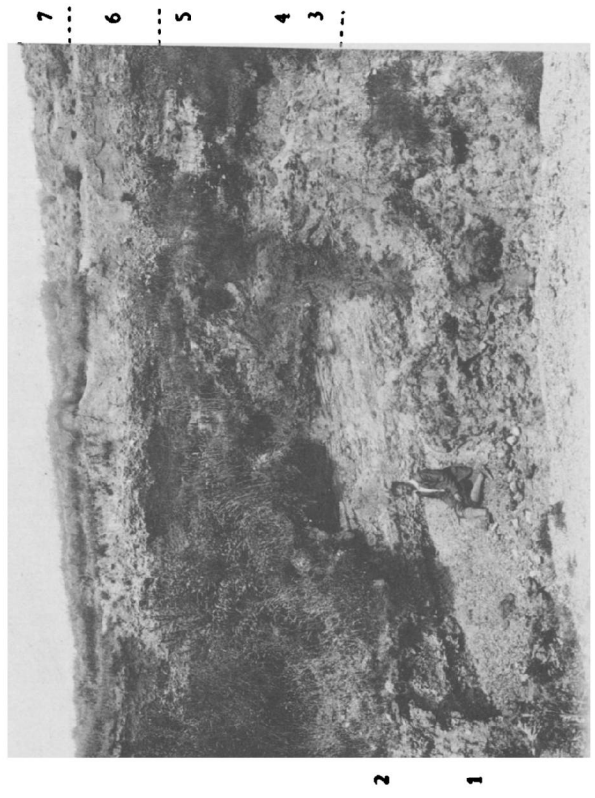
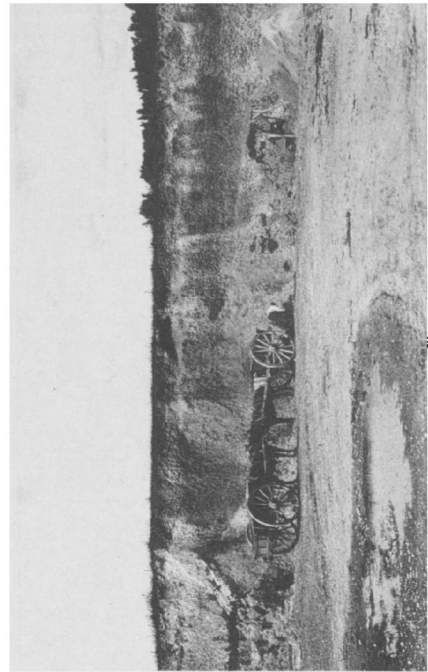
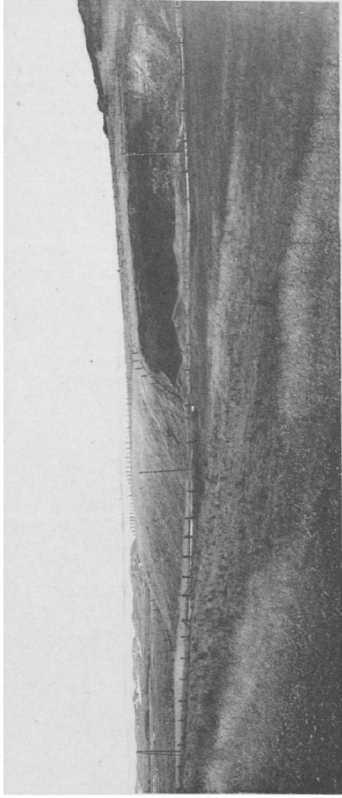
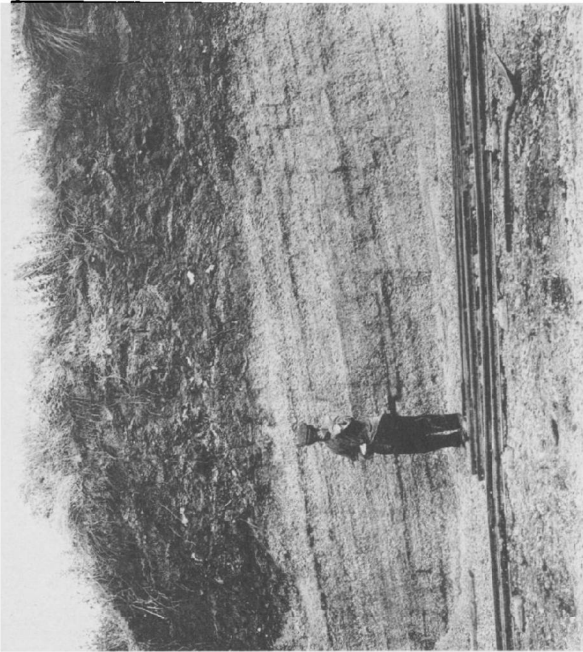
6

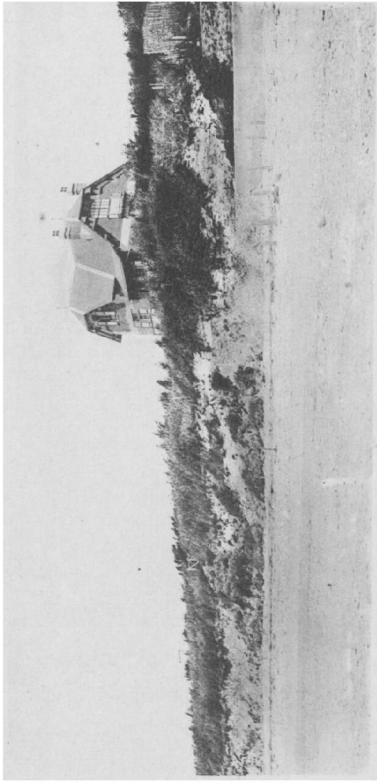
e
e'
e
b
b
a
a
III
II

8

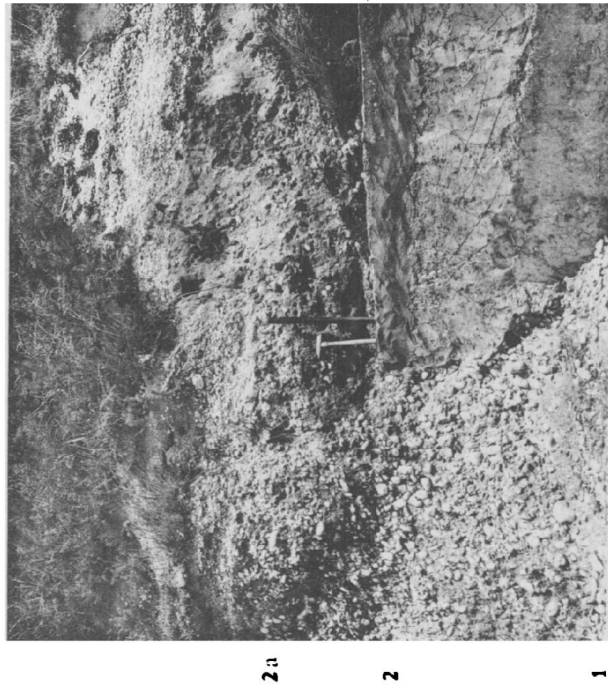


l
e
c
b
l
e
c
b





15



16

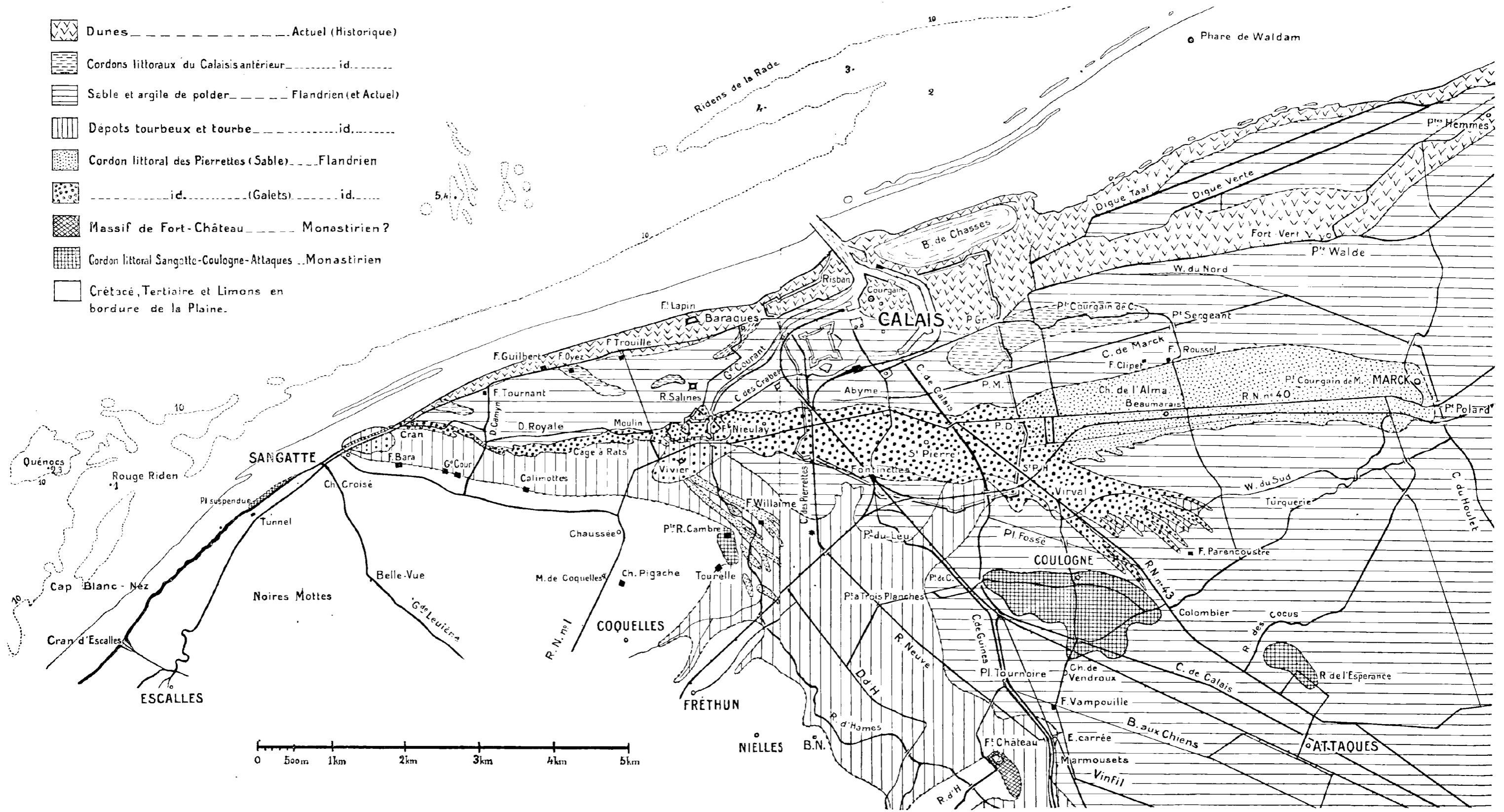


17



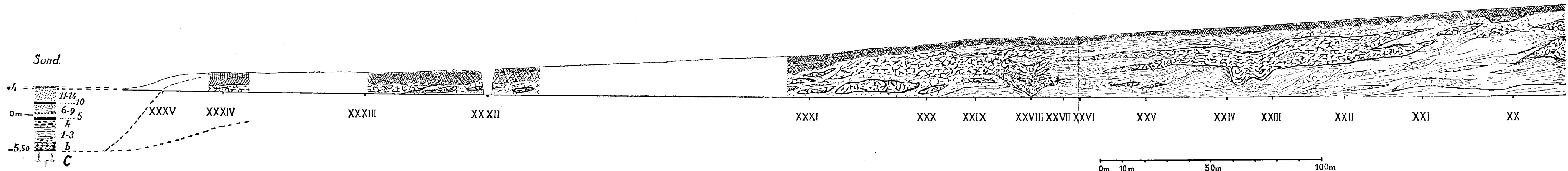
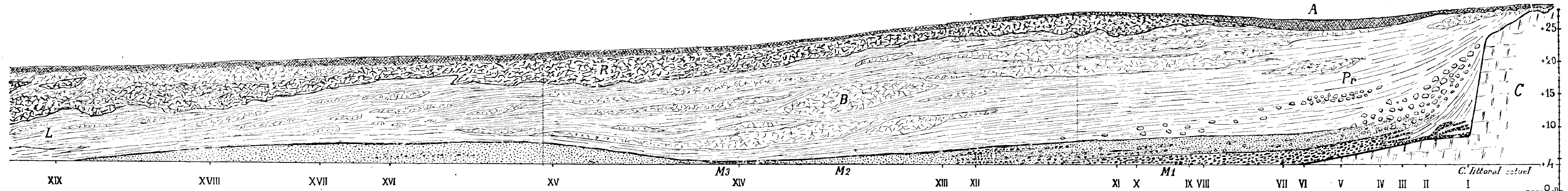
18

Imp. Fortin et Cie. Arcueil, près Paris



- Dunes ----- Actuel (Historique)
- Cordons littoraux du Calais antérieur ----- id.
- Sable et argile de polder ----- Flandrien (et Actuel)
- Dépôts tourbeux et tourbe ----- id.
- Cordon littoral des Pierrettes (Sable) ----- Flandrien
- id. ----- (Galets) ----- id.
- Massif de Fort-Château ----- Monastirien ?
- Cordon littoral Sangatte-Coulogne-Attaques ----- Monastirien
- Crétacé, Tertiaire et Limons en bordure de la Plaine.

CARTE GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE CALAIS



COUPE DE LA FALAISE DE SANGATTE