

ÉTUDE
SUR LA FORMATION
DE LA
PLAINE MARITIME
DEPUIS
BOULOGNE JUSQU'AU DANEMARK
PAR
M. ALPHONSE BELPAIRE,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES DE BELGIQUE, CHEVALIER DE L'ORDRE DE LÉOPOLD.



ANVERS,
IMPRIMERIE DE L. SCHOTMANS, RUE DU FAGOT.

—
1855.
ppm



1. *What is the name of your organization?*

2. *What is the name of your organization's executive director?*

3. *What is the name of your organization's board chair?*

4. *What is the name of your organization's chief financial officer?*

5. *What is the name of your organization's chief operating officer?*

6. *What is the name of your organization's chief marketing officer?*

7. *What is the name of your organization's chief information officer?*

8. *What is the name of your organization's chief human resources officer?*

9. *What is the name of your organization's chief procurement officer?*

10. *What is the name of your organization's chief supply chain officer?*

11. *What is the name of your organization's chief sustainability officer?*

12. *What is the name of your organization's chief digital officer?*

13. *What is the name of your organization's chief technology officer?*

14. *What is the name of your organization's chief data officer?*

ETUDE
SUR LA FORMATION
DE LA
PLAINE MARITIME
DEPUIS
BOULOGNE jusqu'au DANEMARK

TABLE DES MATIÈRES.

| | Pages. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| § 1. Description sommaire du littoral oriental de la mer du Nord. | 1 |
| § 2. Origine de la plaine Maritime. Idées de l'abbé Mann. | 3 |
| § 3. Idées de M. d'Omalius d'Halloy sur le même sujet. | 9 |
| § 4. Idées de M. le professeur Dumont. | 14 |
| § 5. Idées de divers autres Géologues. | 16 |
| § 6. Résumé de la discussion sur l'origine de la plaine maritime. | 18 |
| § 7. Limites de la plaine du côté du continent. | 22 |
| § 8. Limites de la plaine du côté de la mer. | 30 |
| § 9. Mouvement de recul des limites de la plaine du côté de la mer. | 34 |
| § 10. Plaine maritime gneusque sur le littoral occidental de la mer du Nord en Angleterre. | 38 |
| § 11. Structure géologique du terrain formant la plaine maritime. | 41 |
| § 12. Sondages du terrain de la plaine maritime. | 43 |
| § 13. Idée générale de la stratification du terrain de la plaine maritime. | 49 |
| § 14. Première émersion de la plaine maritime. | 53 |

| | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| § 15. Barrage ancien du Pas-de-Calais. | 56 |
| § 16. Abaissement de la mer par la rupture du barrage. Idées de l'abbé Mann et de mon père. | 59 |
| § 17. Recherches plus exactes sur le même sujet. | 62 |
| § 18. De l'influence réelle de la rupture sur le niveau de la mer du Nord. | 66 |
| § 19. Formation de la couche de tourbe, d'après mon père. | 74 |
| § 20. Discussion du système de mon père. | 78 |
| § 21. Comment des lacs d'eau douce ont pu exister le long des côtes de la mer du Nord. | 82 |
| § 22. Du niveau et de la profondeur des lacs d'eau douce. | 86 |
| § 23. Des canaux de communication entre les lacs et la mer. | 88 |
| § 24. De la manière dont la végétation a pu s'établir dans les lacs. | 94 |
| § 25. Résumé du système de mon père avec les développements dont il est susceptible. | 101 |
| § 26. Opinions de certains savants sur le même sujet. — Fr. Arends. | 105 |
| § 27. Opinions d'autres savants Allemands et Néerlandais. | 110 |
| § 28. Discussion des opinions précédentes. | 113 |
| § 29. De l'affaissement des terrains du littoral. | 116 |
| § 30. Des ruines romaines enserrées sous la mer. | 119 |
| § 31. Détails sur la formation de la tourbe. | 125 |
| § 32. Détails sur la formation de la glaise. Les savants allemands y voient une action chimique. | 132 |
| § 33. Nouvelles expériences à ce sujet. | 139 |
| § 34. De la Composition des eaux de mer et de rivière. | 146 |
| § 35. Des actions chimiques de l'ordre inorganique qui se passent entre l'eau de mer et l'eau de rivière. | 153 |
| § 36. Des actions chimiques de l'ordre organique qui se passent entre l'eau de mer et l'eau de rivière. | 156 |
| § 37. Examen des précipités qui se forment dans le mélange des deux eaux. | 163 |
| § 38. Seconde émersion de notre plaine maritime. | 165 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>39. Des Fleuves et Rivières qui coulent dans la plaine maritime.</i> | 168 |
| <i>40. De l'action de la marée dans les rivières.</i> | 172 |
| <i>41. Étude comparative des courants dus à la marée et de ceux qui sont produits par les eaux supérieures.</i> | 178 |
| <i>42. De la tendance du lit des fleuves à se déplacer et à s'élever.</i> | 183 |
| <i>43. Des Variations dans le cours de la Lys.</i> | 189 |
| <i>44. Des Variations du cours de l'Escaut.</i> | 193 |
| <i>45. Variations du cours de la Meuse.</i> | 197 |
| <i>46. Variations du cours du Rhin.</i> | 204 |
| <i>47. Variations du cours du Vecht, de l'Ems et des rivières intermédiaires.</i> | 216 |
| <i>48. Variations du cours du Weser, de l'Elbe et de l'Eyder.</i> | 221 |

I.

| | |
|------------------------------------------------|-----|
| <i>Détails sur la construction des digues.</i> | 226 |
|------------------------------------------------|-----|

II.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>De l'assèchement artificiel des terrains alluvionnaires ou des endiguements.</i> | 233 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|

III.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>De réendiguement des terrains de nouveau inondés par suite de rupture de digues.</i> | 239 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



§ 1. Description sommaire du littoral oriental de la Mer du Nord.

L'existence d'une plaine de sable parfaitement de niveau et d'aspect uniforme, qui s'étend sans interruption depuis le Pas de Calais jusqu'à l'extrémité du Danemarck, sur une longueur de plus de mille kilomètres et sur une largeur de plus de soixante quinze kilomètres en moyenne, est un phénomène assez remarquable pour avoir eu depuis longtemps le privilège d'attirer l'attention des savants.

Les caractères généraux de toute cette bande sont les suivants : elle présente une plaine sablonneuse, limitée du côté de la mer, soit par des collines de sable connues sous le nom de Dunes, soit par des digues élevées de main d'hommes, et du côté du continent par un coteau qui la sépare des terres hautes et accidentées. Au delà des côtes la même plaine se prolonge sous la mer jusqu'à la distance d'une vingtaine de kilomètres du littoral actuel sous forme de bancs de sable, recouverts sur la plus grande partie de leur surface de fort peu d'eau, et que la navigation ne traverse qu'en suivant avec soin certaines passes, creusées par l'action des courants ; au delà des bancs, une dépression subite fait plonger le terrain dans la plaine mer et forme exactement la contrepartie du coteau ascendant par lequel la plaine sablonneuse se rattache du côté du continent aux terres élevées qui la bordent. Le long de la mer, le sable de la plaine est généralement recouvert d'une couche de tourbe, qui à son tour est surmontée d'une couche d'alluvion glaiseuse ; le long du coteau, le sable est resté à nu, son niveau à cet endroit s'élève de quelques mètres au dessus de la marée haute, tandis qu'au pied des dunes ou des digues, sous la couche de tourbe, il reste à quelques mètres au dessous de la marée

basse, et continue encore à descendre de quelques mètres jusqu'à l'extrémité des baies contre la pleine mer.

Pour donner une idée exacte de la conformation de notre littoral, j'ai donné à la fin de cet ouvrage la coupe verticale du terrain sur une ligne droite, tracée parallèlement à la direction d'Anvers à Hasselt à une dizaine de kilomètres au Nord de ces deux villes. On y voit la plaine maritime s'étendre sur une largeur d'environ cent kilomètres, dont vingt à vingt cinq sous la mer actuelle. La plaine est à peu près de niveau, c'est à dire que la pente totale n'atteint pas dix mètres de l'un à l'autre bord. Le coteau vers l'intérieur du continent s'élève brusquement de 25 à 30 mètres sur 10 kilomètres de distance, et le plateau continue à s'élever mais d'une manière moins rapide, de façon à monter de 50 mètres sur une distance d'environ 80 kilomètres. Du côté de la mer, un enfoncement brusque de 25 à 30 mètres de profondeur sur une distance de 3 kilomètres seulement, limite la plaine horizontale et la rattache au lit proprement dit de la mer, qui, continuant à s'enfoncer, atteint bientôt une profondeur de 60 mètres pour se relever ensuite insensiblement vers les côtes de l'Angleterre. La plaine maritime est en grande partie recouverte par une couche de tourbe, surmontée d'une couche de glaise ; la surface supérieure de celle-ci, là où elle existe, forme le sol naturel de la côte actuelle. Chacune de ces couches a une épaisseur variable qui généralement ne sort pas des limites de 1 à 3 mètres; du reste la surface supérieure de la glaise ne s'élève nulle part au-dessus du niveau des hautes marées de vives eaux, de manière qu'elle n'atteint jamais le pied du coteau, mais en reste séparée selon les localités par une distance de 2 à 20 kilomètres.

La coupe faite sur la ligne que j'ai indiquée, peut servir à donner une idée exacte de la configuration du terrain sur tout autre point du littoral, dont nous nous occupons ; seulement la largeur de la plaine augmente ou diminue selon les localités : ainsi en Flandre elle ne dépasse pas 50 kilomètres, tandis qu'en Hollande elle atteint jusqu'à trois fois ce chiffre.

§ 2. Origine de la plaine Maritime. Idées de l'abbé Mann.

Il est impossible de ne pas admettre, que cette plaine sablonneuse est l'ancien lit d'une mer, qui ne s'est retirée qu'après l'époque des dernières convulsions, que notre globe a éprouvées.

Les preuves de l'origine neptunienne moderne de toute cette contrée, preuves sur lesquelles j'aurai occasion de revenir bientôt, sont entre autres les suivantes, savoir : un sol formé de sable d'alluvion, identique avec celui de la plage actuelle de la mer du Nord, des coquillages peu différents de ceux que l'on rencontre encore aujourd'hui sur cette plage, un niveau constant inclinant vers l'Océan par une pente presqu'insensible, et en dernier lieu, la différence le plus souvent brusque, et toujours considérable, que présente ce niveau avec celui des terres de formation plus ancienne, qui avoisinent immédiatement la plaine tant du côté du continent que du côté de la pleine mer.

Ce niveau constant à inclinaison douce, qui forme le caractère saillant de la plaine, constitue aussi l'argument le plus puissant en faveur de l'origine que je viens de lui assigner. Mais elle prouve aussi que le territoire ainsi abandonné par l'Océan, postérieurement à l'époque des grandes formations de terrains, n'est pas aussi vaste que l'ont cru les premiers savants qui s'en sont occupés, et que l'affirme en particulier l'abbé Mann dans son mémoire sur l'état ancien de la Flandre maritime. Si l'on devait en croire ce savant (1) le sol laissé à nu par la mer s'étendrait vers

(1) Mémoire sur l'ancien état de la Flandre maritime, etc. Mém. de l'académie L. et R. des Sciences et Belles lettres de Bruxelles Vol. 1, p. 72.

C'est bien au delà des limites actuelles de l'Océan germanique et le lit de la mer n'aurait pas seulement compris une petite partie de la Picardie, la Flandre maritime, la Zélande, et la Hollande, mais encore une partie du Brabant, de la Gueldre, de la Frise occidentale et orientale, de la Westpholie, des duchés de Brême et de Férden, des duchés de Lunebourg, de Lauenbourg, de Holstein, de Mecklenbourg, et de Poméranie jusqu'aux terres, où commencent les côtes élevées de la mer Baltique, vers les montagnes de Waldow.

L'abbé Mann appuie son opinion sur les caractères communs à toutes les contrées qui vers les côtes « sont basses, plates, peu élevées au dessus du niveau de la mer et en quelques endroits même au dessous; sans montagnes et sans autres collines que celles qui paraissent manifestement avoir été des bancs de sable dans la mer. » (1) Il trouve au pays entre Gand et Alost une ressemblance parfaite avec les bancs flamands qui bordent notre côte. Il ajoute que si l'on excepte quelques bruyères au Nord d'Anvers vers Bréda et Bois-le-Duc, une partie de la Gueldre, de la Westpholie et du Luxembourg (Limbourg ?), quelques parties de ces pays présentent encore des sables que la mer a laissés à découvert, tandis qu'en d'autres endroits ces sables se retrouvent à peu de profondeur sous la couche de marne ou de terre labourable qui les recouvre. D'autres parties enfin telles que certains districts des Pays-Bas, le Nieder-munster, le Comté d'Emden, les duchés de Brême, de Férden, de Holstein et de Mecklenbourg demeurent encore pleines de lacs et de terres marécageuses, faute de pente suffisante pour l'écoulement des eaux qu'y a laissées autrefois la mer et que ne cessent de renouveler la pluie et l'affluence des eaux supérieures.

Mais ce qui porte surtout le savant académicien à croire que la mer du Nord comprenait jadis une partie du bassin actuel de la Baltique, c'est la présence d'une crête élevée dont il a le premier signalé l'existence et décrit les sinuosités. Cette crête, dit-il, ne

(1) Abbé Mann, mém. cit. p. 73.

ressemble pas aux montagnes ordinaires dont la déclivité s'étend communément à quelques lieues dans le pays ; le changement de niveau y est brusque et l'oscent le commencement tout d'un coup comme cela se voit presque partout aux bords de la mer. Il invoque encore en faveur de son opinion un autre fait, auquel on ne peut se refuser à reconnaître une grande valeur, à savoir la différence qui se remarque entre le terrain situé au midi de cette crête et le terrain qui s'étend au Nord jusqu'à la côte actuelle, l'un étant élevé, pierreux, inégal, l'autre bas, sablonneux, marécageux et uni.

Cette crête dit l'abbé Mann, de qui je me bornerai ici à résumer les indications, me réservant d'en discuter plus tard l'exactitude, cette crête commence entre Calais et Boulogne et se dirige sur Watte où du temps de César et même encore au 10^{me} siècle il y avait un golfe qui s'étendait jusqu'à St-Omer. De Watte la chaîne élevée longe Cassel, passe à Eecke, à Messine, à Warneton. Delà en côtoyant la gauche de la Lys, elle passe à Hautem, Holbeek, Ghelewe, Mont-Dadzele, Wincle-Capelle, jusqu'à Courtrai; mais au midi de la Lys la chaîne commence vis-à-vis de Messines, va par Mont-Werwick, Mont-Halewyn, Pottelberg, etc., en y donnant sortie à la Lys dans le plat pays. De Courtrai la crête tend vers Audenaerde, l'Escaut sort du pays élevé près d'Audenaerde et la chaîne tourne à une lieue d'Alost près d'Afflighem.

De là l'ancienne côte se dirige par Merchtem, Grimberge, Laeken, sur Vilvorde, d'où la mer doit avoir fait une pointe sur Bruxelles par le lit actuel de la Senne. De Vilvorde la crête tend presque en ligne directe vers Cortenberg et atteint jusque près des portes de Louvain. A l'est de Louvain et tout près de la ville, il y a eu un golfe maritime. De Louvain l'ancienne côte tourne vers le Nord jusqu'à Aerschot, à partir de là elle longe Sichem, Diest, Léau, Borchloon, Tongres, Maestricht, Valkenberg, Aix-la-Chapelle. D'Aix elle se dirige sur Hersel entre Bonn et Cologne. Ici cesse la description de l'abbé Mann, mais si, nous laissant guider par la carte que ce savant a jointe à son mémoire, nous

suivons plus loin cette crête, nous voyons qu'au delà du Rhin elle tourne assez brusquement vers le Nord-Nord-Est sur Hanovre. De là elle va à l'Est sur Berlin, où elle reprend une ligne plus septentrionale qui vient aboutir à Lowenberg non loin de Dantzig, c'est-à-dire à l'origine des montagnes de Waldow. (1)

Il est à regretter que l'abbé Mann, après avoir si judicieusement décrit les caractères spéciaux de la plaine maritime, se soit égaré dans la recherche des limites de cette plaine, et qu'il ait confondu ces limites avec les lignes de séparation de terrains beaucoup plus anciens, lignes qui ne présentaient cependant aucunement les traits distinctifs auxquels lui-même voulait reconnaître le tracé de l'ancienne côte de la mer du Nord.

En effet, en suivant le plus près possible de la côte actuelle la ligne d'ascente brusque qui sépare les terrains bas des terrains élevés, on est surpris tout d'abord de voir que ce savant comprend dans ce qu'il croit être l'ancien lit de la mer, le plateau de la Flundre occidentale en Belgique, plateau qui s'étend jusque vers Thourout et Thielt et qui, à plus d'un titre, devait être placé hors de la mer ancienne ; car non-seulement ce plateau n'offre pas un sol sablonneux, mais il est encore élevé de 30 à 40 mètres au-dessus de la plaine adjacente et de 40 à 50 au-dessus du niveau de la mer. Il y a donc presque dès le début du tracé une erreur d'autant plus manifeste qu'il ne serait pas même permis de supposer qu'avant la retraite de la mer, le plateau dont il s'agit put avoir formé une île, attendu qu'il se rattache immédiatement aux terres élevées du Nord de la France et que, montant sans interruption vers ce pays, il atteint déjà 65 m. au-dessus du niveau de la mer entre Ypres et Menin et 66 m. entre Ypres et Armentières.

Un peu plus loin l'abbé Mann place de nouveau dans les basses-terres mises à nu à l'époque de la retraite de la mer, la Campine entière au Nord de Diest et de Maestricht. Cette contrée, il est

(1) Mém. cit. pp. 74 à 77 et la Carte.

vrai, est généralement sablonneuse et murécageuse et même on y rencontre à la surface du sol des sables exactement semblables à ceux dont se compose cette partie du littoral, dont l'origine relativement récente ne sauroit être mise en doute. Mais par contre le premier des caractères au moyen desquels le savant académicien reconnaît l'ancienne côte, le brusque changement de niveau, fait complètement défaut à ce pays, qui est en grande partie formé par le prolongement de la crête de partage des Bassins de la Meuse et de l'Escaut. Cette crête qui a plus de 200 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer à la frontière actuelle de France marche vers l'Est et ensuite vers l'Ouest en s'abaissant graduellement et sans interruption, de manière à offrir 170 m. auprès de Namur, 100 m. vers Maestricht et à conserver encore une hauteur de 30m. à 4 lieues d'Anvers où elle vient aboutir et s'effacer. Sur toute cette étendue la déclivité est constante et régulière sans aucun abaissement brusque du genre de celui que l'abbé Mann assigne à l'ancienne côte. Si la ligne de démarcation indiquée par cet auteur était exacte, la crête, au lieu de se prolonger jusqu'aux environs d'Anvers, devrait brusquement se terminer entre Diest et Maestricht, ou au moins y subir une dépression considérable : loin de là la crête y conserve, comme je viens de le dire une élévation de 100m. au-dessus du niveau de la mer.

En troisième lieu l'abbé Mann place dans le lit de la mer les parties élevées de la Gueldre et de la province de Groningue. Et pourtant les collines de ces provinces présentent à la fois les deux caractères auxquels cet auteur reconnaît l'ancienne côte, un brusque changement de niveau et un terrain supérieur d'une nature toute différente de celui de la plaine.

Si l'on poursuivait l'examen de la ligne de l'abbé Mann depuis l'endroit où elle sort de notre pays, jusqu'aux forêts de Waldow où l'auteur la fait aboutir, on retrouverait de nombreux exemples d'anomalies analogues à celles que je viens de signaler.

Au lieu de se livrer à ces recherches qui seraient au moins

superflues, il sera plus utile de chercher, par une investigation plus exacte que celle de l'abbé Mann, à reconnaître l'ancienne côte, au moyen du double caractère, que lui attribue ce savant, le changement brusque de niveau et la différence des terrains.

Nous laissant donc guider d'abord par la situation de la crête élevée la plus rapprochée de l'Océan, nous trouvons que loin d'atteindre à la limite indiquée par l'abbé Mann, l'ancienne côte devait suivre à quelques lieues de distance le littoral actuel de la Flandre, la Live, (1) la rive droite de l'Escaut jusqu'au delà de Termonde, se diriger ensuite vers Louvain, revenir delà sur la droite d'Anvers et de Berg-op-Zoom, et traverser les grands fleuves de la Hollande, pour aller rejoindre le bord oriental du Zuiderzee. Il est vrai que si cette démarcation cadre parfaitement avec le premier des caractères indiqués, si partout le brusque changement de niveau domine pour ainsi dire palpable, elle ne s'accorde pas aussi bien avec le second, car elle place entre autres dans l'ancien continent les terres arides de la Campine, dont le sol sablonneux offre avec celui de la plaine inférieure des analogies incontestables.

La ligne dont je viens d'indiquer à grands traits la direction, est-elle en réalité l'ancienne côte, ou n'y doit-on voir qu'un accident de terrain, une singularité sans importance ? Consultons à cet égard les travaux géologiques de notre savant compatriote Mr. d'Omalius d'Halloy.

(1) Voir la Carte.

§ 3. Idées de Mr. d'Omalius d'Halloy sur le même sujet.

» La portion Nord-Ouest du Royaume des Pays-Bas, « dit notre savant Géologue, » fait partie de l'immense plaine qui s'étend de la mer du Nord jusqu'aux Monts-Oural. C'est un sol généralement uni, qui dans certains endroits est si bas que l'art seul peut préserver des invasions de l'Océan : on y voit cependant quelques collines ; les principales que l'on peut considérer comme le dernier dégré de la chute des plateaux du centre de l'Europe vers les plaines qui bordent la mer du Nord, prennent leur origine aux falaises de la Picardie près de Calais, passent à Cœsel (Nord), sont ensuite interrompues par les plaines où coulent la Lys et l'Escaut, se rencontrent vers Audenaerde, donnent aux environs de Bruxelles leur aspect pittoresque et se perdent dans la plaine du Bas-Rhin, au Nord d'Aix-la-Chapelle. Il existe aussi quelques autres groupes de collines dans les provinces de Gueldre et de Groningue, mais elles ne représentent pour ainsi dire, que la chute de la grande plaine vers les enfoncements où coulent les rivières. Enfin les côtes de la mer sont ordinairement bordées d'une chaîne de petites collines sableuses, connues sous le nom de *Dunes* et dont l'origine est due à l'action combinée des vents et des eaux de la mer sur un sol sableux. » (1)
» J'ai déjà indiqué que le Nord-Ouest des Pays-Bas était géné-

(1) Mémoires pour servir à la description géologique des Pays-Bas, de la France et de quelques contrées voisines, par J. J. D'Omalius d'Halloy. Namur, 1838, pag. 195.

» rolement recouvert de terrains sableux et qu'il était difficile de bien caractériser ces terrains sous le rapport géologique. Il paraît cependant que l'on peut y distinguer deux groupes principaux : l'un qui se rapporte à une époque où les grandes formations de terrains duraient encore, est composé des systèmes dont j'ai déjà parlé sous les noms de sables à calcaire grossier, de sables à grès fistuleux et de sables à grès ferrifères ; l'autre au contraire, est un terrain d'aterrissement ou d'alluvion, dont l'origine semble due à un état de choses plus rapproché de ce qui existe actuellement. »

» Les limites géographiques de ces groupes sont très difficiles à déterminer : on a déjà vu en effet que du côté du midi les sables mustozoïtiques s'étendent sur les terrains primordiaux, où, après avoir formé des espèces de nappes qui ne laissent appercevoir les terrains inférieurs que dans les vallées, ils finissent par des lambeaux isolés plus ou moins étendus. »

» Du côté du Nord les limites tant géographiques que géologiques sont encore plus difficiles à déterminer, car, outre qu'un sol plus bas y offre moins de coupes, on sent aisément que lorsqu'un terrain d'aterrissement se dépose dans le voisinage d'un terrain sableux, ce dernier doit naturellement fournir la majeure partie des matières qui composent le second (le premier?) D'un autre côté les parties supérieures des sables, qui n'ont point été transportées, ont souvent été dans le cas d'être remaniées par les eaux lors des dernières grandes catastrophes éprouvées par notre globe et même lors des inondations qui ont eu lieu depuis que celui-ci a pris son état de stabilité actuelle, de sorte que l'on doit quelquefois y trouver des débris qui se rapportent aux époques historiques. Du reste je crois que l'on s'écarterait peu de la réalité en disant que les dépôts du premier groupe sont à peu près renfermés par deux lignes partant des environs de Calais et dirigées l'une sur Lille, Tournay, Nivelles, Jodoigne et Aix-la-Chapelle, l'autre sur Gand, Anvers, Utrecht et Groningue,

» ce qui renferme plus de la moitié du Royaume des Pays-Bas. » (1)

Voici la démarcation plus circonstanciée de la première de ces deux lignes, suivant la carte que M. D'Omalius a jointe à son ouvrage : Calais, Ardres, St-Omer, Lille, Tournay, le Nord d'Ath, de Genappe, Léau, Hasselt, Aix-la-Chapelle, Bonn, Est de Cologne et de Dusseldorf, Sud de Recklinghausen, Paderborn, Lengrich, Sud de Quackenbrück, de Nyenbourg, Hanovre, Brunswick, Magdebourg, Colthen, Leipzig, etc.

Ces données d'autant plus précieuses qu'elles sont fournies par un homme de qui le nom fait autorité dans la Science, n'élucident pas seulement le problème formulé plus haut, elles le résolvent et nous apprennent de plus comment a pu se fourvoyer dans le tracé de sa ligne, un auteur aussi sage et aussi consciencieux que l'est l'Abbé Mann. Analysant les paroles de Mr. d'Omalius, nous verrons qu'il en résulte :

1^e Que l'hypothèse avancée par l'Abbé Mann est confirmée en ce qu'elle a de plus important, à savoir que la limite extrême de notre territoire vers la mer est formée par l'ancien lit de l'Océan germanique, lit dont la vague s'est retirée dans un temps postérieur à l'époque où notre globe a pris son état de stabilité actuelle.

2^e Que la Zone élevée adjacente à ce terrain, Zone qui comprenait la limite extrême de l'ancien continent, appartient à une formation plus ancienne, quoi qu'elle soit en partie sablonneuse, aussi bien que la côte du continent actuel.

3^e Que ces deux terrains, partiellement semblables à première vue, diffèrent néanmoins par un caractère très important, attendu que l'un, situé entre la mer et l'ancienne côte, ne contient que du sable d'attérissement, tandis que l'autre, appartenant d'ancienne date au continent, est composé de sables à calcaire grossier, à grès ferrifères d'une formation différente.

(1) Mém. Géol. p. 201 et suiv.

4° Que la nature sablonneuse et jusqu'à un certain point semblable de ces deux terrains, s'explique parfaitement par cette circonstance, que l'un est formé d'atterrissements dont la matière a été enlevée à l'autre

5° Que cette similitude des deux terrains, à donné lieu à l'erreur si naturelle d'ailleurs de l'Abbé Mann qui, les ayant confondus, a indiqué en plusieurs endroits, comme formant l'ancienne côte, la ligne qui sépare au contraire les contrées sablonneuses élevées d'ancienne formation, des contrées plus élevées encore et plus anciennes qui comprennent les terrains crétacés du Nord de la France, et les terrains primordiaux des Ardennes et du Bas-Rhin.

6° Que l'ancienne côte dont nous cherchons pour le moment la position, est formée par la ligne qui sépare les anciens terrains sablonneux désignés par M. D'Omalius sous le nom de sables à calcaire grossier, à grés fistuleux et à grés ferrifères, d'avec les sables d'atterrissement de formation plus récente; et que cette côte doit être cherchée dans la direction générale de Calais, Gand, Anvers, Utrecht et Groningue, c'est-à-dire dans la direction qui nous avait été indiquée déjà par la recherche d'une limite répondant au premier des caractères signalés par l'abbé Mann.

7° Que par conséquent ce savant au lieu d'admettre la division du pays en deux zones, aurait du en reconnaître trois, que je vais énumérer dans l'ordre de leur ancienneté.

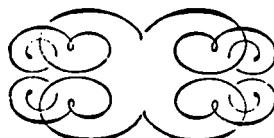
Première zone. Cette zone, composée des terrains crétacés du Nord de la France, des terrains primordiaux du Hainaut et des Ardennes, et de la bande crétacée de la Hesbaye, est à la fois la plus méridionale et la plus élevée. Elle se termine au Nord par une ligne qui partant de Calais, passe à Ardres, St-Omer, Lille, Tournay, Ath, Genappe, Léau, Hasselt, Aix-la-Chapelle et Bonn où elle franchit le Rhin.

Seconde zone. Située au Nord de la contrée dont je viens d'indiquer la limite, et moins ancienne dans l'ordre de la succession géologique, cette zone se compose de sables mastozootiques à cal-

caire grossier, à grés fistuleux et à grés ferrifères, et se rapporte à une époque où les grandes formations de terrains duraient encore. Sa limite septentrionale est formée par une ligne qui partant de Calais est dirigée sur Gand, Anvers, Utrecht et Groningue. Je ferai voir tantôt que la ligne, dont il s'agit, ne présente pas dans cette direction une continuité parfaite, qu'au contraire elle est souvent interrompue par les fréquentes anfractuosités que les fleuves y ont apparemment creusées pour s'y former des embouchures ; je dirai aussi comment ces baies accidentelles, pénétrant très avant dans le pays, ont profondément échancré la ligne qui jadis constituait la côte de la mer du Nord.

Troisième Zone. Située au Nord du plateau sablonneux dont il vient d'être question, cette zone constitue notre littoral actuel, et ses terrains se composent de sables d'altérissement enlevés à la zone précédente.

Les données fournies par les études de M. D'Omalius, données si précises dans leur ensemble, justifient donc pleinement le tracé que j'ai suivi plus haut pour trouver l'ancienne côte.



§. 4. Idées de Mr. le professeur Dumont.

Les travaux récents d'un autre savant Belge Mr. A. H. Dumont sur la géologie de la Belgique fournissent d'une manière implicite une nouvelle confirmation de ce tracé.

Les nombreuses divisions que Mr. Dumont établit entre les terrains de la Belgique peuvent comme celles de Mr. D'Omalius se rapporter aux trois zones ci-dessus. La première zone composée des terrains crétacés et des terrains antérieurs à ceux-là, occupe le midi d'une ligne passant par Lille, Tournay, Ath, Hal, Nivelles, Perwez, Waregem, Tongres, Maestricht, etc. ligne qui diffère peu de celle de Mr. D'Omalius, passant par Lille, Tournay, Ath, Hal, Nivelles, Léau, Hasselt, etc. Au Nord de cette ligne, Mr. Dumont place ses terrains tertiaires, qui se composent des sables de Diest, des argiles de Tongres, des marnes de Boom, des calcaires de Bruxelles, des grès fistuleux, grès de Grandglise, tusseau de Lincent, etc., et qui correspondent à notre seconde zone ; ces terrains sont limités au Nord par une ligne générale tirée de Courtay à Hasselt en passant par Alost, Louvain et Diest : mais au delà de cette ligne les mêmes terrains reparaissent par fragments, de manière que pour en trouver la limite véritable, il faut tracer une ligne par Ypres, Dixmude, le Nord de Thourout, Eecloo, Gaud, Vilvorde, Compenhout, Aerschot, Heyst-op-de-Berg etc, ligne qui coïncide tout à fait avec celle que j'ai tracée ci-dessus.

Tous ces terrains sont recouverts par le limon hesbayen, qui forme une des divisions des terrains quaternaires de Mr. Dumont. Le reste de ces terrains quaternaires composé des sables campiniens et des terrains modernes, s'étend sur tout le Nord du pays, et se prolonge dans le Brabant et le Limbourg Néerlandais et dans la Prusse Rhénane.

On retrouve ici les deux groupes de terrains mastozootiques de M'. D'Omalius, le premier composé de sables à calcaire grossier, à grés fistuleux et à grés ferrifères, le second composé de sables d'attérissement. Seulement il est à remarquer que les limites séparent les deux groupes de terrains ne concordent chez les deux géologues que jusqu'au environs d'Anvers. A partir de-là, Mr. D'Omalius dirige sa ligne sur Utrecht et Groningue, tandis que Mr. Dumont la fait marcher d'un côté tout différent vers Hasselt et Cologne.

Cette discordance est fort singulière, et j'avoue qu'au premier abord elle m'a beaucoup embarrassé parce qu'elle m'a fait soupçonner que la ligne de Mr. D'Omalius par Calais, Gand, Anvers, Utrecht et Groningue, que j'avais prise pour une ligne de séparation entre deux terrains sablonneux d'âge différent, pouvait bien n'être dans l'esprit de cet auteur que la démarcation des alluvions modernes de terre glaise qui se forment encore tous les jours sous nos yeux.

Un examen plus approfondi n'a pourtant pas tardé à me montrer que mes craintes n'étaient pas fondées, car Mr. D'Omalius au N. 243 de ses mémoires déjà cités dit en parlant du terrain de son second groupe, celui de notre plaine maritime : « Ce terrain d'attérissement est quelquefois très épais, car une fouille faite en 1605 à Amsterdam jusqu'à la profondeur de 73 mètres n'en a pas atteint le fond. » Il est évident d'après ce passage, que Mr. D'Omalius entend sous le nom de terrain d'attérissement autre chose que nos alluvions modernes de gloise, car il n'est personne qui ignore que nulle part ces alluvions, bien faciles à reconnaître n'atteignent une épaisseur de plus de 3 mètres; il est donc certain que Mr. D'Omalius entend par terrain d'attérissement, comme je l'ai compris moi-même, le fond de sable sur lequel les alluvions modernes se sont déposées c'est-à-dire les sables de notre plaine maritime horizontale formant la troisième zone décrite précédemment.

§ 5. Idées de divers autres Géologues.

D'autres géologues sont tout aussi explicites à cet égard. Mr. J. Huot, dans sa nouvelle édition du *Précis de la Géographie Universelle de Maltebrun*, Livre 37, place dans les terrains modernes, formation alluvienne, « les amas sablonneux à l'embouchure » de l'Escaut et de la Meuse, et ceux dans lesquels va se perdre « le Rhin, et qui constituent le sol de la Hollande; » terrains compris dans notre troisième zone et faisant partie de la plaine maritime, tandis qu'il place à une époque plus réculée, parmi les terrains diluviens, formations détritiques « les sables et les » masses de roches granitiques qui couvrent la Westphalie, le Hanovre, le Holstein, le Mecklembourg, le Brandenbourg, les » rivages et les plaines de la Poméranie, de la Prusse et d'une » partie de la Pologne » terrains tout à fait analogues à nos sables campiniens et confondus par M. D'Omalius sous la même dénomination de sables mastozootiques.

Fr. Arends (*Physische geschichte der Nord-See-kuesten*, chap. II) émet sur la formation première des terrains dont il s'agit, à peu près les mêmes idées que l'abbé Mann; il suppose que la mer a couvert à la fois tout le terrain situé en avant des hauteurs de la Picardie en France, du Brabant en Belgique, de la Westphalie, du Harz, du Riesengebirge et de l'Erzgebirge, des monts Carpathes et du plateau central de la Russie, il pense que l'Océan s'est abaissé subitement de manière à laisser à sec la plus grande partie du pays existant aujourd'hui au nord de cette ligne. Je dis, la plus grande partie: car ici les idées d'Arends, commencent à s'écartez de celles de l'abbé

Mann et témoignent qu'il avait des vues beaucoup plus exactes que celles de notre compatriote sur ce sujet. Arends donc, au lieu d'attribuer comme l'abbé Mann, à une seule et même formation tout le terrain situé entre la mer du Nord actuelle et l'ancienne côte que je viens de tracer plus haut, admet qu'il y a eu deux périodes distinctes dans cette formation : dans la première, la plus grande partie du terrain, celle qui est la plus reculée vers le continent et en même temps, la plus élevée et la plus accidentée, a été mise à nu brusquement en une fois; dans la seconde, la partie basse et unique qui longe le littoral actuel a été formée lentement et successivement par voie d'atterrissement, non pas seulement, en ce qui concerne les couches supérieures de glaise qui sont le produit d'une alluvion toute moderne, mais encore pour toutes les couches inférieures de sable et d'argile qui se succèdent horizontalement jusqu'à une grande profondeur.

Le Dr. Westerhoff, dans sa traduction de l'ouvrage de Arends (Groningue, chez W. Van Boekeren, 1835) entre dans de grands développements sur les terrains alluviens et les terrains diluviens qui bordent notre littoral. Il traite ce sujet dans différentes notes et surtout à la pag. 351 du Tome II, où il indique clairement comme appartenant au terrain diluvien les bruyères du Holstein et celles de Luttebourg, les parties élevées de la province de Groningue et de Drenthe, les collines de la Gueldre, et les landes campinianes de la province d'Utrecht, tandis qu'il range parmi le terrain alluvien les parties plates plus rapprochées de la mer, comprenant dans cet *alluvium* non pas seulement les dépôts tout à fait modernes de terre glaise et les couches de tourbe, mais la couche de sable qui leur sert de base et qui s'étend à la surface du sol jusqu'au pied des hauteurs où commence le *diluvium* et de plus toutes les couches superposées de sable et d'argile qui règnent sous les précédentes jusqu'aux terrains où cesse la stratification horizontale.

§ 6. Résumé de la discussion sur l'origine de la Plaine Maritime.

Les géologues sont donc d'accord pour attribuer à des époques et à des formations différentes les deux fractions qui composent la grande étendue de terrain désignée par Mr. D'Omalius sous le nom de terrain mastozoologique, et par l'abbé Mann sous celui de plaine sablonneuse. Ces deux fractions ne diffèrent pas à proprement parler entre elles par la matière du terrain, mais plutôt par son arrangement et sa forme, l'une se composant de couches horizontales qui ne dépassent presque point le niveau de la mer actuelle, et en longent immédiatement les côtes, l'autre comprenant les terrains plus accidentés et plus élevés qui succèdent aux précédents vers l'intérieur du continent.

Mr. Dumont, à la vérité paraît contredire cette opinion dans la classification qu'il fait des terrains de la Belgique. Nous avons vu en effet que si d'une part les travaux de ce savant couvrent pleinement le tracé que j'ai fait d'une ligne de démarcation passant par Dixmude, Eecloo, Gand, Vilvorde, Campenhout, Aerschot, Heyst-op-den-Berg etc., il faut reconnaître d'un autre côté que, en comprenant dans un même terrain, sous le nom de sable campinien, non seulement les plaines sablonneuses horizontales qui avoisinent la mer, mais encore les sables accidentés qui recouvrent les terrains plus anciens de la Flandre et la Campine tout entière, Mr. Dumont semble repousser l'idée d'une séparation entre ces deux espèces de terrains sablonneux. Cependant, il ne faut pas trop se hâter de tirer une conclusion de cette nature, de la circonstance purement négative du silence de Mr. Dumont à l'égard de la séparation en

question. Ce géologue, ne s'occupant que de la division des terrains de nature différente, n'avait pas à rechercher les révolutions intérieures qui peuvent avoir remanié un même terrain postérieurement à la formation primitive. Or que ce soit le cas pour le terrain dont il s'agit, c'est ce qui ne me paraît pas souffrir le moindre doute.

Je ne vois certainement aucune difficulté à admettre que les sables campiniens, s'étendent sans changer de nature sur toute la région qui se trouve au Nord de la ligne de Mr. Dumont passant par Courtray et Hosselt. J'irai même plus loin, et je dirai que ces sables se continuent sans interruption sous les dépôts modernes de tourbe et de glaise qui longent la côte de la mer du Nord, et que même au de là de cette côte, ils forment le lit de la mer, peut être en totalité, et en tous cas jusqu'à une grande distance du littoral actuel.

Tout ce terrain, qui est un terrain de transport, a dû être déposé à la même époque et par suite de la même cause. Jusque là l'identité de toute son étendue était complète ; mais à peine la catastrophe qui l'avait produit cessait-elle, que l'identité cessait d'exister du même coup ; car la catastrophe, quelle qu'en fut la cause, avait élevé au dessus du niveau des eaux une partie du terrain formé et laissé sous la mer l'autre partie. Dès lors la ressemblance entre les deux fractions du même terrain s'affaiblit de plus en plus. Soumises à des influences différentes, en contact avec des éléments différents, elles furent remaniées chacune de leur côté, et la ligne qui les sépare devint le théâtre de nouvelles formations empruntant leur matière, tantôt au sol environnant, tantôt au règne végétal tautôt au limon amené de loin par les fleuves.

Pour s'assurer qu'il en a été réellement ainsi, on n'a qu'à examiner la coupe verticale de la position occupée actuellement par la nappe des terrains sablonneux dont il s'agit, le long du littoral de la mer du Nord. La simple inspection de cette coupe fait voir que la nappe sablonneuse a été déposée dans sa position primitive par la cause inconnue qui l'a produite, de manière à occuper une

ligne inclinée qui descend à 60 mètres de profondeur sous le niveau de la mer à une certaine distance des côtes de la Zélande, pour s'éléver à la hauteur de 80 mètres au dessus du même niveau aux environs de Hasselt. Cette ligne inclinée est brisée précisément au niveau de la mer actuelle, par une partie horizontale qui en interrompt la continuité, et dans laquelle on ne peut se refuser de voir le résultat d'un remaniement de la ligne primitive. Remaniement qui n'a pu se faire que sous l'influence directe de la mer actuelle, dont il affecte à la fois l'horizontalité et la hauteur.

Si l'on voulait en effet révoquer en doute le remaniement dont il s'agit, il faudrait en premier lieu ne voir qu'un simple effet du hazard dans cette brisure si caractéristique d'une ligne dont l'inclinaison générale est facile à retrouver ; en second lieu en supposant que la brisure ait existé déjà dans la formation primitive, il faudrait expliquer pourquoi après la catastrophe à laquelle la formation en question était due, la brisure se serait trouvée exactement dans un plan parallèle à celui de l'Océan moderne au lieu d'affecter toute autre倾inaiion parmi tous les degrés de pente qu'elle pouvait prendre sur l'horizon ; et en troisième lieu pourquoi ce plan parallèle à la mer du Nord actuelle se serait trouvé précisément à la même hauteur que cette mer, parmi tant de niveaux différents plus hauts ou plus bas qu'il aurait pu affecter ; enfin en supposant que toutes ces singularités et toutes ces coïncidences pussent s'expliquer pour une localité, il resterait encore à faire comprendre comment le même phénomène a pu se représenter identiquement dans les mêmes circonstances, avec les mêmes singularités et les mêmes coïncidences sur toute l'étendue de côtes qui du Pas-de-Calais se prolonge jusqu'au Cap Skagen, et non seulement sur toute cette ligne de plus de 200 lieues de longueur, mais encore de l'autre côté de la mer du Nord sur une partie du littoral de la Grande Bretagne. On peut déclarer hardiment qu'un ensemble de probabilités pareil à celui-ci équivaut à la certitude, et que si jamais fait géologique a pu être regardé comme démontré, c'est celui d'un remaniement des

terrains sablonneux des côtes de la mer du Nord, sous l'influence de cette mer dans sa position actuelle.

Que si, contrairement à l'opinion de tous les géologues, on voulait voir dans les terrains dont il s'agit, des terrains de sédiment et non des terrains de transport, les preuves que j'ai indiquées n'en seraient que plus décisives encore. Car dans ce cas toute la nappe sablonneuse aurait dû être déposée à la même époque dans une même mer coloyant la ligne de Courtrai à Hasselt, et il faudrait attribuer à un soulèvement l'émersion partielle de cette nappe, de même que la position inclinée qu'elle a prise. Dans ce cas il serait au moins aussi difficile que dans le cas précédent d'expliquer la brisure de la ligne primitive, la position horizontale dans laquelle elle serait venue se placer après le soulèvement, et la hauteur exactement pareille à celle de la mer du Nord, à laquelle elle se serait trouvée amenée par suite de cette cause.

De quelque manière donc que l'on envisage la question, on se trouve toujours ramené à voir dans notre plaine horizontale maritime le résultat d'un travail postérieur à celui de la formation des plateaux plus élevés, même dans les localités où la nature du sol de ces plateaux est semblable à celle de la plaine.

Tout autorise donc à continuer la recherche de l'ancienne côte, ou pour parler plus exactement, de la partie non remaniée de l'ancienne côte, dans la direction qui dès l'abord m'avait été indiquée par un changement brusque dans le niveau des terrains. Dans cette recherche que sont venus rendre plus facile et plus sûre les éléments nouveaux introduits dans la discussion, il faudra tenir compte en premier lieu du tracé général indiqué par Mr. D'Omaillius et en second lieu de cette *ascense* subite de niveau signalée par l'Abbé Mann comme le plus important des caractères auxquels se puisse reconnaître l'ancienne côte. L'existence d'un terrain supérieur différent du terrain inférieur doit conserver ici toute son importance, seulement elle ne formera plus une condition indispensable.

§ 7. Limites de la plaine du côté du continent.

Si nous suivons le fil conducteur qui nous est offert de celle manière, nous trouvons une ligne générale qui part de Calais ; entre en Belgique par la rive droite de l'Yser vers Dixmude ; décrit un léger demi-cercle au Nord de Thourout ; se dirige vers l'Est en traversant le canal de Bruges ; côtoie la Lys et l'Escaut jusqu'à la Dendre ; fait une pointe sur Vilvorde qu'elle laisse un peu sur la droite, tourne vers Heyst-en-Berg par Campenhout et Wespelaer ; puis tend vers le camp de Brasschaet, d'où laissant Brecht sur la droite, elle va vers le Nord et passe entre Hoogstraeten et Breda. De là, laissant Bois-le-Duc à la gauche, elle se dirige immédiatement vers l'Est jusqu'à la Meuse, pour reprendre sa direction septentrionale par Clèves et par la rive droite de l'Yssel jusqu'à Vecht. Après avoir côtoyé la rive gauche de cette rivière elle incline de rebief vers l'Est, traverse l'Ems, tend vers Oldenbourg, Brême et Hambourg et va rejoindre la crête qui coupe sur toute sa longueur le Danemark continental.

J'ai dit plus haut qu'il s'en faut que l'ancienne côte ait suivi, sans éprouver de solution de continuité, la direction que je viens de fixer ; qu'au contraire de grandes échancrures sont venues briser cette ligne, de manière à l'enlamer assez profondément et à la rejeter très avant dans les terres du plateau sablonneux. Ces échancrures dues probablement à l'action des fleuves, dont elles forment encore les bassins immédiats, sont du reste faciles à reconnaître, au moyen des mêmes caractères qui nous ont fait retrouver la direction générale de l'ancienne côte. La première qui se remarque sur notre sol, comprend la vallée de l'Yperlee jusqu'à Ypres ; une seconde qui

s'étendait jusque près de Thourout se retrouve dans la vallée du ruisseau de Handsme. Une échancrure énorme de la Lys commence à Aelbre, se dirige vers Deynze, côte le rive gauche de la Lys et revient vers la rive droite jusqu'à la hauteur de Deynze où elle se retourne pour se confondre avec l'échancrure de l'Escout. A son tour la crête qui cerne la baie de ce dernier fleuve, en côte le rive gauche et revient le long de la rive droite sur Wetteren où la côte tournoit de nouveau pour former l'échancrure de la Dendre qui va presque jusqu'à Ninave. A droite de la Dendre, la ligne se retrouve à Opwyck, passe à Merchtem et court sur Vilvorde. Là elle se confond avec la limite de l'échancrure de la Senne, atteint Bruxelles en passant par Loucken, revient à Vilvorde par la rive droite de la Senne, passe à Peuthy, Campenhout, Wespelaer et longe la Dyle jusque près de Louvain. De là elle redescend sur la rive droite de cette rivière; prend la gauche du Démer jusque près de Diest et reprend sur la droite jusqu'à Heyst-ten-Berg. A partir de là un golfe occupait la place de la petite Nèthe et atteignait jusqu'au du là de Herenthals. L'échancrure décrite par la vallée de la Meuse, projette ses lignes jusque près de Venloo et celle que forme la vallée du Rhin fait avancer les siennes jusque dans le voisinage de Wesel.

Plus vers le Nord, les hautes terres de la Gueldre, connues sous le nom de *Veluwe* devaient former une île, tandis que selon toute probabilité une seconde île était formée par le petit plateau élevé de l'Amersfoorderberg dans la province d'Utrecht. En effet ces terrains dont le niveau moyen s'élève d'au moins 20 mètres au dessus de la mer, cernés de toutes parts par des terres où le dénivellation est considérable, présentent tous les caractères physiques auxquels on distingue les contrées de l'ancien continent, sans néanmoins pouvoir se rattacher immédiatement à celui-ci.

Les mêmes observations sont applicables au mamelon qui se trouve aujourd'hui compris entre l'Escout, le Rupel, la Nèthe et le Schyn au midi d'Anvers. Ce petit plateau est tout-à-fait isolé au

milieu des terrains d'attérissement qui l'entourent, on n'hésitera donc aucunement à y voir un îlot qui du temps que la mer germanique mouillait encore nos basse-terres, était très rapproché de la côte mais n'en faisait pas partie. Cette île comprenait le plateau argileux d'où l'on extrait la terre à briques depuis Boom jusqu'à Rupelmonde, plateau qui se trouve aujourd'hui à plus de 30 mètres au dessus du niveau de la basse mer.

Au premier abord les limites que je viens de tracer, paraissent ne pas demeurer en une bien rigoureuse concordance avec la ligne générale indiquée par Mr. D'Omalius comme séparant ses sables à calcaire grossier, à grès fistuleux et à grès ferrifères, d'avec les terrains dont l'origine est due à l'attérissement. Si pourtant on veut y regarder d'un peu plus près, on n'aura pas de peine à se convaincre que cette différence est bien plus apparente que réelle. Mr. D'Omalius traçant les lignes générales d'un grand système, n'avait pas à se préoccuper des détails. Or toutes nos déviations sont des déviations de détail provoquées par des anfractuosités. Il est vrai que dans la Gueldre et dans les parties élevées de la province de Groningue, le continent tel que je l'ai décrit, s'éloigne de la ligne de Mr. D'Omalius, mais par contre les îles, de l'existence des quelles notre savant géologue n'a pas tenu compte, suivent rigoureusement le tracé qu'il a établi.

Il reste encore à remarquer que Mr. D'Omalius ne s'occupant que de la partie Nord-Ouest du royaume des Pays-Bas paraît faire arrêter sa ligne à Groningue, parce qu'il a apparemment jugé inutile de la suivre plus loin. Il ne peut cependant y avoir aucun doute qu'au delà de Groningue le terrain du littoral ne soit le produit du même travail d'attérissement qui en deçà de ce point a amené la constitution de la côte actuelle. Dans l'une et l'autre direction la plaine est également bornée par une ligne continue de coteaux élevés, et généralement aussi par un terrain d'une nature différente. Ce double caractère du sol autorise donc suffisamment à assigner à l'ancienne côte l'emplacement occupé au delà de Groningue par

la crête élevée qu'une plaine basse et sablonneuse sépare aujourd'hui de la mer. Tout se réunit d'ailleurs pour démontrer que les contrées en question ont subi le sort commun à toutes les parties de notre littoral. Qu'on les examine sous quelque point de vue que ce soit et l'on verra que la ressemblance est partout et que nulle part il n'y a distinction : le chapelet des îles de la Hollande continue le long du littoral du Hanovre et des duchés d'Oldenbourg de Holstein et de Schleswig ; sur la côte elle-même les dunes ne subissent que des interruptions partielles ; les poldres se relient les uns aux autres, les marais et les bas-fonds (*Wadden*) se retrouvent partout. Il y a plus : la série de petits golfs, résultant d'assouflements qui sont venus entamer la côte actuelle, se distribuent avec une certaine régularité sur toute la ligne qui s'étend de la Flandre au Jutland. D'abord c'est le *Zwin*, le *Hont* qu'avoisinent les différents *Diepen* de la Zélande, puis viennent le *Zuiderzee*, le *Lauwerzee*, le *Dollaert*, le *Jahde*, et les embouchures du *Weser* et de l'*Elbe*, et enfin les nombreux *Fjord* et *Haff* du Danemark continental.

Il résulte de tout cela que la division que nous avons reconnue dans les terrains des Pays-Bas, continue vers le Nord au travers du Hanovre, des duchés d'Oldenbourg, de Holstein, de Schleswig et du Jutland.

Dans le Danemark continental, toute la partie orientale appartiennent aux plateaux élevés qui s'étendent jusqu'à la mer Baltique, et y forment des côtes escarpées et pittoresques où les sables sont même en certains endroits soutenus par des rochers de craie. Ces plateaux élevés continuent vers l'Est dans le Mecklembourg ; vers le Nord ils s'arrêtent auprès du Lümfjord, long bras de mer qui traverse de l'Est à l'Ouest toute la partie septentrionale du Jutland et débouche dans la mer du Nord par une ouverture récente qui ne date que de la fameuse marée du 4 Février 1825. La côte occidentale et septentrionale du Danemark continental offre tous les caractères qui distinguent les plaines basses du littoral de la mer du Nord dans les Pays-Bas : sol sablonneux et plat défendu contre

l'océan par des digues ou par des dunes et recouvert le long de la côte par des tourbières et des prairies marécageuses. Les îles nombreuses qui font partie du Royaume de Danemark donnent lieu aux mêmes observations que la terre-ferme. A l'exception des îles de Bornholm et de Moen qui sont formées de rochers, les autres îles sont composées des mêmes terrains que le Jutland ; les unes présentant des mamelons de terrains élevés entourés d'atterrissements, les autres ne présentant que des attérissements seuls.

Même au delà du Danemark, dans la mer Baltique, les côtes du Mecklembourg, de la Poméranie, de la Prusse, de la Lithuanie et de la Courlande offrent, au phénomène des marées près les mêmes caractères.

Entrons dans quelques détails sur la topographie de toute cette étendue de côtes.

J'ai suivi plus haut le tracé de l'ancien rivage de la mer jusqu'au delà du Rhin ; j'ai indiqué la position des îles que devaient former les plateaux des provinces d'Utrecht et de Gueldre. Dans les provinces de Drenthe et de Groningue, les plateaux sont élevés en leur point culminant de plus de 20 mètres au dessus du niveau du Zuiderzee ; ils s'étendent, en se rétrécissant et se divisant sans cesse vers la ville de Groningue située sur un plateau marneux, et jusque près de Dokkum en Frise. Les collines de la Gueldre et de la province d'Utrecht, bien plus élevées que les précédentes, se prolongent jusque contre les bords du Zuiderzee (Fr. Arends trad. par Westerhoff Tome I, pag. 30 et 36 et Tome II, pag. 348, dans les notes du traducteur).

Après avoir traversé le Dollaert et l'Ems qui séparent le Royaume des Pays-Bas de celui de Hanovre, et la province de Groningue de celle de l'Ostfrise, on rencontre un plateau venant du duché d'Oldenbourg, et dont la hauteur près de son extrémité à l'Est de la ville d'Aurich est d'environ 13 mètres au-dessus de la mer. Cette arête se prolonge en s'abaissant jusque vers la petite ville d'Esens à une lieue au plus du littoral; elle sépare le bassin de l'Ems de celui du Weser, (Fr. Arends Tome I page 30.)

Entre le Weser et l'Elbe s'étendent trois semblables plateaux dont le premier se prolonge jusqu'à Cuxhaven, où il est baigné par les flots de la mer; le second suit la rive gauche de la petite rivière de l'Oste, et se poursuit jusqu'à près de Neuenhaus; le troisième règne entre l'Oste et l'Elbe. (*Ibid* page 36.) Les intervalles entre ces crêtes forment, comme on le voit, des échancrures tout à fait analogues à celles que j'ai signalées aux embouchures anciennes de la Lys, de l'Escaut et des autres cours d'eau des Pays-Bas.

L'échancrure du bassin de l'Ems se prolonge assez loin dans l'intérieur du continent; car au point où cette rivière traverse la frontière de Prusse pour entrer dans le royaume de Hanovre, son niveau n'est élevé que de 25 mètres environ au-dessus du niveau de la mer (*Fr. Arends I.* page 30). La marée s'y fait sentir jusqu'à 5 milles ou 37 kilomètres de l'embouchure dans le Dollaert (*Ibid* page 16).

Les échancrures des bassins du Weser et de l'Elbe s'étendent respectivement jusqu'à bien en amont des villes de Brême et de Hambourg, et la pente de ces deux fleuves est si peu sensible que la marée se fait sentir dans le premier jusqu'à près de Brême à $7\frac{1}{2}$ milles ou 56 kilomètres de l'embouchure à Bremerhaven, et dans le second jusqu'à Geesthacht en amont de Hambourg, à 17 milles ou 126 kilomètres de l'embouchure à Cuxhaven (*Arends Tome I pag. 16 et 145.*)

La presqu'île tout entière du Danemarck continental est formée par un seul plateau, prolongement de celui qui sépare les bassins de l'Elbe et de l'Oder. Ce plateau, qui affecte exclusivement la partie orientale de la presqu'île, s'élève en moyenne dans les duchés de Holstein et de Schleswig à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de la Baltique en faisant abstraction des collines calcaires de Segeberg qui s'élèvent beaucoup plus haut. Dans le duché de Holstein, il occupe à peu près la moitié orientale du pays; dans le duché de Schleswig, il se rétrécit et ne s'étend guères vers l'Ouest au delà de Flensbourg. Plus loin vers le Nord, il s'élargit

de nouveau, et occupe encore une fois la moitié de la largeur du Jutland. En s'avançant ainsi vers le Nord, le plateau s'abaisse de plus en plus. Jusqu'à ce qu'il se termine presqu'au niveau de la mer par la pointe Skagen entourée de bancs de sable. Ce plateau s'abaisse aussi dans le sens transversal vers la mer Baltique, sans cependant descendre jusqu'au niveau de cette mer, comme le fait de l'autre côté, la plaine d'atterrissement baignée par la mer du Nord. Au contraire il conserve jusque contre la Baltique une élévation sensible, et y forme des côtes découpées et pittoresques qui contrastent avec les terres basses, et d'aspect monotone que côtoie la mer du Nord. La nature même du terrain de ces deux parties est tout à fait différente : la partie orientale est fertile, le sol en est mêlé d'argile et de sable, recouvrant des couches de marne et de calcaire, tandis que la partie occidentale n'offre que du sable pur aussi aride que stérile, partout où des alluvions modernes de glaise ne sont pas venues le recouvrir (Arends, ouvrage cité chap. II Tome I, page 38.) La partie la plus élevée du plateau suit le milieu de la presqu'île, de manière que le plateau s'abaisse en s'éloignant de la plaine d'atterrissement, au lieu de s'élever comme il le fait partout ailleurs le long du littoral que nous considérons. Cette arête centrale est composée aussi bien que la plaine basse qui la longe à l'Ouest de terrains sablonneux qui ne présentent que de tristes landes couvertes de broussailles, du gravier et des sables rougeâtres et absolument stériles. (Malte-Brun. Précis de la Géog. Univ. Article Danemark).

Il est facile de reconnaître dans cette description les sables calcaires et ferrifères qui d'après Mr. D'Omalius composent les plateaux analogues de l'ancien royaume des Pays-Bas.

Les affluents de l'Elbe forment dans le plateau qui nous occupe ici, des échancrures analogues à celles que j'ai déjà indiquées ailleurs. La ville de Hambourg se trouve devant une de ces échancrures des deux côtés de laquelle le plateau s'approche du fleuve. Plus au Nord le plateau s'éloigne vers la droite pour faire place

aux terrains plats de Wilstermarsch et de Ditmarschen qui s'étendent jusqu'à la rive gauche de l'Eyder. La marée dans l'Eyder remonte jusqu'à 50 kilomètres environ de l'embouchure. Cette rivière après avoir suivi un cours excessivement tortueux dans la plaine maritime remonte ensuite sur le plateau qu'elle traverse au moyen d'un canal, qui lui fait suite et relie ainsi les deux mers. Ce canal en son point culminant, n'est pas à plus de 20 mètres au-dessus du niveau de la mer. (Arends Tom I, page 16, 38.) Sur la rive droite de l'Eyder on trouve un affluent assez important, qui vient du Nord et porte le nom de *Treen*. C'est l'influence de cet affluent qui rejette le plateau vers la droite, et ne lui permet pas de s'avancer vers l'Ouest au delà de Flensbourg, ainsi que je l'ai dit plus haut. Cependant à l'Ouest de la *Treen* un petit plateau sablonneux s'élève à une certaine hauteur et se prolonge presque jusqu'à la mer vers Schobüll un peu au Nord de Husum. Ce plateau formait apparemment un îlot dans l'ancienne mer.



§ 8. Limites de la plaine du côté de la mer.

Sur toute l'étendue de côtes que nous venons de parcourir on ne trouve qu'un seul rocher, c'est celui qui forme l'île d'Helgoland, située à égale distance à peu près de l'embouchure de l'Elbe, de celle du Weser, et de celle de l'Eyder.

Une ligne de rochers de grés à pic de 500 pas de longueur, que l'on gravit au moyen d'un escalier, divise l'île en deux parties, l'une haute et l'autre basse. La partie haute dont le point culminant est à 70 mètres environ au dessus du niveau de la mer, a 4200 pas de circonférence. L'autre qui n'a que le tiers de la précédente, s'accroît journellement par les alluvions que la mer y accumule (Malte Brun, ouvrage cité, article Hanovre). On voit que la terre haute d'Helgoland se trouve au dessus de la plaine sablonneuse du continent : aussi la terre qui recouvre le roc et qui a un peu plus d'un mètre de profondeur est elle plutôt grasse que sablonneuse. (Annales des voyages de Malte Brun, Tome 3, pag. 99 et suiv. 1808).

Le rocher d'Helgoland doit avoir occupé autrefois un espace beaucoup plus étendu que celui qu'on lui voit occuper aujourd'hui, comme le témoignent assez les traditions historiques et les débris qui entourent l'île et qui se retrouvent dans un rayon considérable en mer (Arends, ouvrage cité, Tome II, page 250 et suiv.). Ces dégradations s'expliquent quand on songe à la matière sablonneuse dont le rocher est formé. Il est probable que l'île d'Helgoland faisait partie de l'ancien continent et se rattachait aux plateaux élevés qui séparent le Weser de l'Elbe, et qui comme nous l'avons vu plus haut se prolongent jusque contre le littoral actuel de la mer. La hauteur de ce rocher et la nature du terrain qui le recouvre autorisent cette supposition sur laquelle j'aurai à revenir plus loin.

Les dunes règnent d'une manière presque non interrompue depuis le Pas-de-Calais jusqu'au Cattegat. Les interruptions que l'on y remarque sont locales et dues à des causes visibles, telles que des embouchures de fleuves et de cours d'eau, d'anciennes irrigations de la mer, etc. La plus grande lacune que l'on constate est celle qui se trouve devant les embouchures du Weser et de l'Elbe, où les dunes, après s'être montrées sur toutes les îles qui longent la côte de la Frise disparaissent tout à fait pour ne se montrer de nouveau que dans le canton d'Eydersloedt en Schleswig. Cette circonstance, jointe à la présence du pic isolé de Helgoland tendrait à faire croire que l'Océan a fait en cet endroit d'énormes conquêtes sur la terre ferme depuis l'époque où il s'est retiré une première fois.

Partout où les dunes font défaut, la côte est défendue par des digues élevées de main d'hommes ; on ne trouve d'exception à cette règle que dans le peu d'endroits où les plateaux élevés s'étendent jusque contre la mer comme dans la province d'Utrecht à Naarden, dans la Gueldre, dans la Frise à Stavoren sur le Zuiderzee, à Leer sur l'Ems, à Dangast sur la Jühde, à Ritzebüttel près de Cuxhaven, entre Hambourg et Wedel sur une longueur d'environ 3 milles d'Allemagne le long de la rive droite de l'Elbe, et entre Ilsum et Schobüll dans le duché de Schleswig. (Arends chap. V, Tome I pag. 208.) Entre Hoyer et Varde, dans le Jutland, la même circonstance se présente, mais cette fois dans des conditions toutes différentes de celle que l'on observe ailleurs. Car la côte élevée, au lieu d'être formée par les plateaux de l'ancien continent, présente au contraire en cet endroit les caractères des terrains d'alluvion glaiseuse qui sont un produit tout à fait moderne de la mer. Ces terrains que l'Océan forme encore tous les jours sous nos yeux, et qui pour cette raison ne s'élèvent nulle part au dessus du niveau des marées hautes, présentent ici la singularité fort remarquable de dépasser de 8 à 10 pieds ce niveau, de manière à ne pouvoir être atteints par la mer que dans des cas tout à fait exceptionnels d'une rareté en quelque sorte séculaire (Telens, Reise, cité par Arends).

Il faut admettre que malgré la ressemblance que ces terrains possèdent avec ceux des alluvions modernes, ils sont pourtant de formation plus ancienne, car il est impossible qu'ils soient le produit de la mer dans la situation actuelle et l'on verra plus tard que cette situation n'a pu changer d'une manière appréciable depuis les conquêtes des Romains.

La particularité la plus remarquable que présente du côté de la mer la plaine dont nous nous occupons, c'est que malgré les couches successives de tourbe et de terre glaise qui s'y sont formées, et en ont élevé la surface, le sol actuel se trouve partout sans exception au dessous du niveau des marées hautes, et en plusieurs endroits même au dessous de celui des marées basses. Cette circonstance seule suffit à montrer que tous ces terrains n'ont qu'une existence factice et artificielle, et que c'est uniquement grâce à l'industrie de l'homme que d'une part les îlots de la mer n'enfouissoient pas des terrains situés plus bas que le niveau auquel ils s'élèvent deux fois par jour, et que d'autre part les eaux de la pluie conservent vers la mer un écoulement sans lequel elles couvrirraient à leur tour ces terrains d'une inondation d'eau douce. Si les choses devaient être abandonnées à leur cours naturel, il arriverait inévitablement, ou que les barrières qui s'opposent à l'invasion de la mer céderaient, et que les terrains passeraien dans le domaine de l'Océan ; ou que ces barrières résisteraient à cette invasion, et dans ce cas elles empêcheraient aussi bien les eaux de l'intérieur de s'écouler vers la mer, qu'elles empêcheraient les eaux de la mer de pénétrer à l'intérieur ; et les eaux de la pluie s'accumulant dans un réservoir sans issue l'auraient bientôt transformé en un vaste lac. On voit donc que dans l'un comme dans l'autre cas, l'étendue entière de nos côtes passerait sous les eaux. Phénomène à coup sûr digne de toute notre attention et capable d'exciter au plus haut point l'intérêt et la curiosité puisque l'on peut dire, je crois avec exactitude qu'il est unique dans le monde !

Mais si l'existence de cette lisière maritime est artificielle et

les plus les moyens que l'on doit employer pour la conserver sont moyens gigantesques auxquels suffisent à peine toutes les ressources scientifiques et financières de la civilisation la plus avancée. Il faut comprendre que ces mêmes terrains aient été habités il y a vingt siècles, c'est à dire à des époques où aucune organisation sociale n'existe, et où par conséquent leur conservation telle qu'en la pratique aujourd'hui était complètement impossible. Cette considération à défaut de toute autre raison, démontrerait à elle seule que la situation de ces terrains n'a pas toujours été telle que nous la trouvons aujourd'hui, et que depuis l'époque des premiers émigrants historiques que nous avons sur ce pays, le niveau relatif de la mer et du sol a dû changer : que l'une a dû s'élever ou l'autre s'abaisser.

Des faits d'observations sur lesquels j'aurai occasion de revenir à la suite, montrent qu'il est probable que c'est le terrain qui ait affaissé, et que ce mouvement, quoique lent et presque insensible, a été assez constant et assez continu pour produire des effets considérables.

Par suite de ce mouvement, les terrains qui se trouvaient au-dessus du niveau de la mer sont descendus au-dessous de ce niveau; seulement de leurs eaux qui se soissoit naturellement vers la mer, soit en lieu que par des moyens artificiels, soit par des écluses empêchant la sortie des eaux intérieures à marée basse, et empêchant la rentrée des eaux extérieures à marée haute, soit par des machines d'épuisement élevant les eaux au dessus de leur niveau naturel. Par suite du même mouvement les terrains ont été exposés de manière de plus en plus violente aux attaques de l'Océan, les moyens de défense d'abord nuls, ensuite faibles, puis successivement de plus en plus énergiques, sont enfin devenus gigantesques, côtes rongées par la mer avec une force toujours croissante, ont déplacé constamment devant l'élément destructeur, et une largeur considérable de notre plaine maritime à successivement passé sous les eaux, même depuis les temps historiques.

§ 9. Mouvement de recul des limites de la plaine du côté de la Mer,

Il est très certain, que les côtes, dont il s'agit ont considérablement reculé depuis que des observations ont pu être faites pour le constater. Les faits qui le prouvent sont tellement nombreux, qu'il serait impossible de les énumérer tous; je me contenterai donc d'en indiquer les principaux.

Sur la côte de Flandre, nous trouvons la ville d'Ostende qui au 14^{me} siècle s'étendait tout entière en dehors de la digue de mer actuelle, tandis qu'aujourd'hui elle est située tout à fait en arrière de cette digue; nous trouvons le village de Scharphout qui est passé sous la mer, et qui est déjà aujourd'hui à une certaine distance de la côte; nous trouvons l'estrand continuallement rongé par les vagues, contre lesquelles on ne le garantit qu'avec peine au moyen d'épis; nous voyons les dunes céder souvent à la violence des flots et reculer vers l'intérieur du pays.

En Zélande nous voyons la digue de Westcapelle attaquée par les courants d'une manière tellement violente, qu'il faut des travaux gigantesques pour la maintenir, et que l'on estime que cette digue a déjà coûté plus de dépenses, que si elle avait été coulée en bronze dès sa première construction.

La ville de Domburg a été reculée successivement vers l'intérieur du pays; on voit encore par de très basses marées les ruines des maisons qui se trouvent sur l'ancien emplacement de la ville.

Les dunes des îles de Walcheren et de Schouwen reculent d'une manière très marquée. Dans la première de ces îles, les débris du temple de la déesse Nehalennia découverts en 1647 près de Dom-

bourg sur le bord extrême des dunes du côté de la mer, se trouvaient en 1695, lorsque Smallegange publiait son ouvrage sur ce pays, à deux cents verges en mer.

L'ancienne ville de West-Capelle a été abandonnée depuis longtemps et les habitants ont dû se placer beaucoup plus en arrière de la côte; les dunes elles mêmes après avoir continuellement reculé vers l'intérieur, ont fini par disparaître et il a fallu en 1540 les remplacer par une digue artificielle que des renforcements successifs d'une importance toujours croissante ont rendue l'un des ouvrages de défense les plus curieux qui existent (Tegenwoordige staat der Vereenigde Nederlanden, X, 258).

En Hollande nous trouvons à une certaine distance en mer vis-à-vis de Katwyk l'ancien Brittenburg ou *Huis te Brüten* que les Romains avaient établi sur la terra ferme sous le nom de *Arx Britannica*. Ce fort est passé depuis longtemps sous les eaux, et l'on n'en a même pu apercevoir les ruines que par quelques marées extrêmement basses depuis 1520, jusqu'en 1775 où elles cessèrent d'être visibles (Berkhey, Natuurlyke historie van Holland, I decl, 65 et suivants.)

Toute la côte de Hollande, est exposée aux empiètements de la mer, et si ces empiètements sont moins sensibles aujourd'hui qu'ils l'étaient anciennement, cet effet est uniquement dû aux soins extrêmes que l'on prend pour l'entretien et la conservation des dunes et des digues du littoral. Voici à ce sujet un tableau curieux, tiré d'un Mémoire sur l'*histoire hydraulique de la Néerlande* inséré par Mr. J. Lacroix dans les Annales des Ponts et Chaussées de France, année 1846, page 188. Ce tableau indique les progrès de la mer du Nord sur différents points de la côte de Hollande depuis le 17^e siècle : et le Mémoire d'où il est extrait mérite d'autant plus de confiance que d'après les assertions de l'auteur, il a été rédigé presque exclusivement sur les données qui lui ont été fournies par les Ingénieurs de l'Etat en Hollande.

| POINTS OBSERVÉS. | Réduction totale des rives. | | | | Réduction moyenne par année. | | | |
|-------------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | De 1611 | De 1712 | De 1737 | De 1800 | 1 ^e série | 2 ^e série. | 3 ^e série | 4 ^e série. |
| | à 1712 | à 1737 | à 1800 | à 1844 | | | | |
| | Mètres | Mètres. | Mètres. | » | Mètres. | Mètres. | Mètres | » |
| Helder. | 1130 | 520 | » | » | 11-30 | 20-80 | » | » |
| Petten. | 1200 | 540 | 10 | » | 12 — | 21-60 | 0-158 | » |
| Scheveningen. | 80 | 68 | 50 | » | 0-80 | 2-72 | 0-793 | » |
| Terheide. | 210 | 195 | 162 | » | 2-10 | 7-80 | 2-571 | » |
| Gravezande. | 245 | 215 | 140 | » | 2-45 | 9-80 | 2-222 | » |
| Embouchure de la Meuse. | 315 | 265 | 70 | » | 3-15 | 10-60 | 1-1 1 | » |

Il résulte de ce tableau que pendant le 18^{me} siècle les impiétements de la mer sur les côtes de la Hollande s'élevaient en certains endroits à plus de 21 mètres en moyenne par année.

Sur les côtes septentrionales des Pays-Bas et de l'Allemagne occidentale, on remarque une série d'îles et de bas fonds qui indiquent évidemment les ruines d'un ancien continent. A l'embouchure de la Jahde, au Nord du duché d'Oldenbourg les princes de ce pays avaient fait construire jadis une forteresse sur l'île de Mellum afin de défendre l'entrée du Weser et de la Jahde ; cette forteresse est depuis longtemps engloutie par la mer. (Voir les cartes de l'Atlas de G. Blaeu.)

Les côtes danoises de Schleswig et de Holstein nous présentent

un spectacle à peu près semblable. L'île de Nord-Strand fut engloutie en 1634, celle de Helgoland avait été fort endommagée dans le 13^e siècle. Le Jutland est dans le même cas; la disparition récente de l'isthme qui séparait la mer du Nord du Lümfjord en est une preuve palpable; la retraite continue des dunes vers l'intérieur du pays en est une autre preuve non moins convaincante.

Nous pouvons donc regarder comme une chose prouvée que la mer du Nord ronge continuellement l'étendue entière de ses côtes orientales depuis le Pas-de-Calais jusqu'à l'extrémité du Jutland, et que cette érosion ne peut-être combattue que par des moyens artificiels extrêmement puissants et entretenus avec le plus grand soin. Il résulte delà que dans les siècles antérieurs lorsque la main de l'homme n'était pas constamment occupée à défendre les côtes contre l'action destructive des vagues, les effets de cette action ont du être plus grands encore qu'ils ne l'ont été depuis. Or si nous voyons au milieu du 17^e siècle les côtes de la Nord Hollande reculer de 12 mètres par an et celle de l'île de Walcheren éprouver une diminution annuelle de 15 mètres ; si nous voyons au 18^e siècle les côtes de la Hollande reculer de près de 22 mètres chaque année, ne serons nous pas fondés à admettre que les empiètements de la mer ont pu être de 1200 à 1500 mètres par siècle dans les temps antérieurs à ces époques ?

Il est donc probable qu'une grande partie sinon l'étendue entière des bancs que nous voyons se prolonger aujourd'hui en mer le long du littoral jusqu'à 25 et même 50 kilomètres de la côte actuelle, ont fait primitivement partie de la terre ferme, et n'ont été que successivement engloutis par l'Océan.

§ 10. Plaine maritime analogue sur le littoral occidental de la mer du Nord en Angleterre.

J'ai tâché de déterminer d'une manière aussi complète que possible la position et les limites, tant du côté du continent que du côté de la mer, de la grande plaine d'attérissement qui règne depuis Calais jusqu'au Jutland et qui comme on l'a vu n'est que le produit de la zone adjacente de terrain diluvien, c'est-à-dire de la fraction non remaniée des terrains mastozootiques de Mr. d'Omalius qui s'étend sur une surface beaucoup plus considérable encore depuis la mer du Nord jusqu'à la mer Blanche et peut-être même au delà.

Les terrains mastozootiques dont il s'agit ne s'arrêtent pas vers l'Ouest à la mer du Nord, ils réapparaissent au delà de cette mer sur les côtés orientales de l'Angleterre où ils forment une espèce de golfe terrestre dont la limite contourne Londres à l'Ouest. Cette surface de terrain présente les mêmes caractères généraux que les terrains analogues du continent : un plateau élevé à l'intérieur et le long de la mer une plaine basse et marécageuse. Il est plus que probable que ces effets semblables sont dûs à des causes analogues, et que la plaine basse est encore ici un attérissement produit par le plateau. Seulement le terrain d'attérissement offre peu d'étendue en comparaison du terrain de formation plus ancienne qui occupe presque la totalité de la zone mastozootique du Sud-Est de l'Angleterre. L'attérissement ne constitue qu'une lisière étroite le long de la côte au Nord et au Sud de l'embouchure de la Tamise. A partir de l'embouchure du Stour vers le Nord, c'est-à-dire dans les comtés de Suffolk et de Norfolk le terrain ancien règne sans interruption jusque contre la mer, et y présente même un phéno-

mène remarquable qui peut servir à expliquer la formation de toute la plaine d'attérisement, en montrant comment le terrain diluvien ou mastozoologique ancien a dû se conduire jadis le long de la mer du Nord lorsque les flots de cette mer en baignaient immédiatement le pied.

Nous lisons dans le *Précis de la Géographie universelle de Malte Brun* (ouvrage cité Liv. 59).

« Les terres qui bordent le littoral du Comté d'Essex sont couvertes de belles prairies, mais tellement humides que les habitants y sont souvent atteints de la fièvre.

» Il suffit de franchir le Stour qui sépare le Comté d'Essex de celui de Suffolk pour respirer un air plus pur, et pour voir près des bords de l'Océan les marais faire place à des falaises argileuses, qui, dégradées continuellement par les sources et les eaux pluviales, s'écroulent en entraînant quelquefois à la mer des villages et des villes entières. »

« *Aldborough*, sur la côte, est menacé par la mer d'une complète destruction : déjà par des empiétements successifs les flots ont presque détruit une rue entière. Un jour cette ville éprouvera le même sort que *Dunwich* qui renfermait jadis 52 églises et une nombreuse population et que l'Océan par son action déstructrice, a réduit à une quarantaine de maisons et à 200 habitants.

» Les côtes du comté de Norfolk sont formées, tantôt de falaises argileuses, dégradées sans cesse par les envahissements de l'Océan, tantôt de plages basses couvertes de cailloux roulés qui forment des bancs naturels où le sable s'accumule, retenu par les racines des herbes marines. Derrière ces petites dunes se trouvent des marais salés d'une grande étendue et souvent inondés à la marée haute. Au large s'étendent des bancs de sable très dangereux pour la navigation ; le plus considérable est celui qui s'avance parallèlement à la côte de Yarmouth, et qui forme à l'embouchure du Yare la rade de ce port, autre fois un des plus importants de l'Angleterre. »

» A *Cromer*, bourg habité par environ 1100 pêcheurs, on remarque près de la côte les effets de ces empiètements de la mer que nous avons signalés plus haut. On dit qu'une ville appelée *Shipden*, située jadis entre *Cromer* et l'Océan, a entièrement disparu : une partie même de ce bourg a déjà été envalie par les eaux. A l'Ouest de celui-ci sur le bord du *Wash*, le port de *Castle Rising*, autre fois l'un des plus commerçants du comté, est aujourd'hui comblé. »

» La rade de *Yarmouth* qui est très fréquentée est creusée au milieu des sables dangereux de l'*Ossing* qui y font faire souvent naufrage, et qui chaque jour l'encombrent davantage. »

On peut conclure de ce qui se passe encore tous les jours le long des falaises du comté de *Norfolk*, qu'à l'époque où la mer du Nord baignait partout les terrains diluviens, ces terrains devaient être entraînés par masses considérables dans l'Océan, et cela par la double action des flots de la mer qui minaient les côtes, et des eaux intérieures qui les échancraient en s'y creusant des lits et des embouchures. Les terres ainsi enlevées se déposaient sous forme de bancs le long de la côte comme elles le font aujourd'hui devant le comté de *Norfolk*; et il a suffi d'un changement dans le niveau respectif des eaux et des terres, soit d'un soulèvement de celles-ci, soit d'un abaissement de celles-là, soit peut-être même du seul amoncèlement des attérissages sablonneux pour faire sortir de la mer des plaines tout à fait semblables à celles que nous voyons aujourd'hui s'étendre depuis *Calais* jusqu'au *Jutland*.



§ 11. Structure géologique du terrain formant la plaine maritime.

Je reviendrai plus tard sur les détails de cette formation et sur la question qu'elle soulève. Achèvons à présent la description de notre plaine maritime dont je n'ai encore fait connaître que la surface, et examinons sa structure géologique, les couches de terrain qu'elle renferme et la stratification générale qu'on y remarque.

Les coupes faites dans ce terrain sont peu nombreuses, au moins celles qui descendent à une grande profondeur. La plus complète sous ce rapport est celle d'Amsterdam, citée par mon père ; encore ne traverse-t-elle pas entièrement le terrain alluvien comme le dit expressément Mr. D'Omalius. Les autres sondages, moins profonds, sont à plus forte raison dans le même cas, excepté dans les endroits plus éloignés de la côte et plus rapprochés par conséquent des terrains de date antérieure, où la couche alluvienne devient de moins en moins épaisse, et où l'on rencontre le terrain diluvien non remanié à une profondeur successivement moindre. Ainsi, tandis qu'à Amsterdam, à la profondeur de 232 pieds, on n'était pas assuré d'avoir atteint le terrain diluvien, un autre sondage effectué entre Leenwarden et Marssum en Frise, et rapporté par Westerhoff (ouvrage cité de Fr. Arends II, page 353 Notes) fit trouver le terrain diluvien à la profondeur de 20 pieds, et sous les couches suivantes :

| | | | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---------|--------|
| Terre végétale. | . | . | . | . | . | 3 | pieds. |
| Idem noire. | . | . | . | . | . | 1 à 2 | " |
| Sable et argile. | . | . | . | . | . | 3 | " |
| Terre végétale sablonneuse. | . | . | . | . | . | 1 | " |
| Idem légère, mêlée de coquillages. | . | . | . | . | . | 12 à 13 | " |

Cette rareté de coupes profondes et complètes dans le terrain dont il s'agit n'est pas aussi regrettable au point de vue scientifique qu'elle pourrait le paraître, car les couches successives qui forment notre terrain alluvien ne suivent un ordre bien déterminé que près de la surface du sol. C'est là seulement qu'on reconnaît une succession bien caractérisée de couches distinctes, qui sont les mêmes sur toute l'étendue de notre plaine maritime, qui se succèdent invariablement dans le même ordre et qui n'éprouvent que des interruptions locales et momentanées, tandis que les couches inférieures sur lesquelles elles reposent, ne présentent aucun ordre de succession déterminé et varient d'un endroit à un autre, aussi bien dans leur composition que dans leur arrangement. Ce ne sont donc que les couches supérieures qui peuvent fournir un intérêt spécial dans la recherche des causes qui les ont fait naître, parce que ces causes ont dû agir simultanément et de la même manière sur des étendues de terrain considérables, et qu'elles se sont succédé avec régularité sur toute cette surface.

En général la succession des couches, quand elle n'est pas altérée par des exceptions locales, se présente ainsi; en allant de haut en bas.

A la surface du sol, après le terrain meuble remanié journallement par la main de l'homme on trouve une couche de terre glaise, reposant sur une couche de tourbe; à celle-ci succède une couche de vase qui porte sur un fond de sable; au-dessous de ce sable des couches alternatives d'argiles et de sables, de différentes espèces se succèdent sans ordre déterminé jusqu'à la profondeur où se retrouve le terrain diluvien de formation antérieure: ces diverses couches sont entremêlées, mais toujours sans ordre fixe, de débris végétaux, de coquillages etc.

Je vais faire connaître ici les principaux sondages qui ont été faits dans le terrain qui nous occupe.

§ 12. Sondages du terrain de la plaine maritime.

Les travaux de construction de l'écluse maritime de Heyst en Flandre entre Blankenberg et l'Ecluse ont fait voir que la surface supérieure de la tourbe en cet endroit est au niveau du Zéro d'Ostende, c'est-à-dire à 2° 40 en dessous du niveau moyen de la mer. La couche de tourbe a 1° 30 d'épaisseur; elle repose sur une couche de sable dur qui a 0° 30 d'épaisseur, au-dessous de laquelle se trouve du sable mouvant. Au-dessus de la tourbe se trouve une couche de glaise de 2° 70 d'épaisseur dont la surface supérieure, élevée de 0° 30 au-dessus du niveau moyen de la mer constitue le sol naturel du terrain.

Dans le polder de Lillo, le long de l'Escaut en aval d'Anvers, on trouve la surface supérieure de la tourbe à 1° 00 ou 0° 90 au-dessus du Zéro d'Ostende, c'est-à-dire à 1° 40 ou 1° 50 en dessous du niveau moyen de la mer. Cette couche a une épaisseur qui varie de 1 à 2 mètres, et qui en quelques endroits dépasse même 3 mètres : elle repose sur un sable bleuâtre ; elle est surmontée d'une couche de glaise de 0° 40 en moyenne; plus près du fleuve, cette couche de glaise augmente d'épaisseur et atteint jusqu'à 2° 50.

Dans le polder de Borgeweert devant Anvers, la surface supérieure de la tourbe se trouve à 0° 60 ou 0° 70 au dessus du Zéro d'Ostende, c'est-à-dire à 1° 80 ou 1° 70 au dessous du niveau moyen de la mer ; elle n'est surmontée que d'environ 0° 30 de terre glaise.

Dans le polder de Ruysbroek devant Boom, le long du Rupel le sol est élevé de 2° 50 au dessus du Zéro d'Ostende, de manière qu'il diffère peu du niveau moyen de la mer ; la glaise a 1° 00 d'épaisseur et la tourbe de 1 à 2 mètres.

Les polders de la rive gauche de l'Escaut contiennent une couche

de tourbe d'environ 5 pieds d'épaisseur surmontée d'une hauteur assez variable de terre glaise. Le plus près du fleuve, cette hauteur est la plus grande et atteint généralement 8 pieds ; plus loin elle se réduit à 3 ou 4 pieds. A Calloo, à 2 lieues en aval d'Anvers, on extrait de la tourbe à 18 pieds de profondeur ; en d'autres lieux elle est plus profonde encore, et pour cette raison, ne s'extract pas. La tourbe paraît formée principalement de plantes aquatiques ; elle est plus ou moins compacte selon qu'on approche plus ou moins des bords du fleuve, ou selon qu'elle est plus ou moins profonde. Une quantité considérable d'arbres sont au fond de ces tourbières : ce sont des bouleaux, des bois blancs, des sapins, des hêtres, etc., mais point de chênes. Ils sont entiers et couchés pèle-mêle. Au-dessous de la tourbe est une vase bleue ou du sable.

Dans les îles de la Zélande le sol naturel est à peu près à 2° 00 au-dessus de marée basse ou à 0° 50 au-dessus du niveau moyen de la mer. (Lacroix, Mémoire cité, page 233.) (Smallegange, Kronyk van Zeeland, page 43.)

Dans le creusement des fortifications de Flessingue on trouva les couches suivantes : (De Provincie Zeeland door De Kanter en Dresselhuis, Middelbourg 1824.)

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Terre végétale | 0° 60 |
| Sable coquillier | 0° 60 |
| Terre glaise | 0° 60 |
| Tourbe mêlée de branches d'arbres et de roseaux | 0° 15 |
| Tourbe pure | 0° 15 |
| Argile contenant des troncs d'arbres dans une position verticale traversant les deux couches précédentes | 0° 60 |

Dans le Sophia-polder près d'Ardenbourg on trouva sur une épaisseur totale égale à celle du sondage précédent une couche de terre glaise, une couche de sable, une couche de tourbe, et enfin de l'argile dans laquelle se trouvaient enracinés des troncs de sapins de forte dimension.

A Wolfsnardsdyk, la succession des terrains se présente ainsi : terre végétale, terre glaise, tourbe légère, tourbe compacte, argile, et dans celle-ci, à 0° 30 de profondeur, un marteau en fer, rongé par la rouille. (*Ibid.*)

Dans les environs de Furnes en Flandre, on trouve beaucoup d'arbres qui reposent au fond de la tourbe. On y rencontre aussi beaucoup de noisettes, et tant de feuilles que la tourbe en paraît être entièrement formée.

A Katwyk, près de l'ancienne embouchure du Rhin, l'on trouva la couche de glaise à peu près au niveau moyen de la mer ; elle était surmontée de 12 pieds de sable des dunes. L'épaisseur de la glaise était de 10 pieds, elle reposait sur une couche de 4 pieds d'épaisseur contenant du sable mêlé de glaise et de tourbe, et sous cette couche se trouvait le sable. (*Rapport wegens het onderzoek omtrent eene uitwatering te Catwyk aen de zee, gedaen in 1802 door F. W. Conrad, A. Blanken Jz. en S. Kros. Hoarlem 1803.*)

En dehors des ouvrages de défense du Helder sous le sable de l'estrand on trouve une couche de tourbe de 3 à 5 pieds d'épaisseur dont la surface supérieure est enfoncée à 7 ou 8 pieds sous le niveau moyen de la mer. (*J. O. Husly, Verhandeling over de Texelsche Zeegaten dans les Mémoires de la société des sciences de Haarlem, XXIII, pag. 43.*)

Dans la province de Groningue on trouve généralement les couches suivantes : terre glaise, 3 à 5 pieds ; tourbe 1/2 à 3 pieds ; argile, 1 à 2 pieds ; puis du sable bleu dans lequel on trouva en 1817 à 21 pieds de la surface du sol des planches de chêne travaillées. (*Westerhoff, annotations sur l'ouvrage cité de Fr. Arends, II, pag. 361.*) Ce sable bleu se continue ensuite jusqu'au terrain diluvien consistant en cailloux roulés que l'on trouve à environ 60 pieds de profondeur. (*Ibid. pag. 359 et 361.*)

Nous trouvons dans un mémoire de M. Blanken (*verhandelingen van het Instituut van Amsterdam, 6^e Deel, pag. 107*) deux sondas-

ges faits dans la Hollande septentrionale pour le creusement du grand canal du Helder.

Devant Amsterdam, à 1 pied environ sous le niveau moyen de la mer, le terrain offrit les couches suivantes :

Alluvion glaiseuse molle 5 1/2 à 6 pieds.

Tourbe forte 11 à 12 "

Glaise bleue et molle . . . 4 à 5 "

Glaise forte 7 à 8 "

Sable dur mêlé d'argile et de coquillages.

Dans le lac desséché du Stemmeer, le long du canal de ceinture, à 12 à 13 1/2 pieds en dessous du niveau moyen de la mer, on trouva :

Terre végétale 1 à 1 1/2 pieds.

Tourbe 2 1/4 à 4 "

Glaise bleue molle . . . 2 1/4 à 3 1/4 "

Argile, sable et coquillages 6 1/4 à 8 1/2 "

Plus loin (pag. 114) ce mémoire porte que les fouilles faites au *Nieuw Diep* pour l'établissement des bassins et des écluses présentèrent une particularité qui n'avait pas encore été observée aux autres fouilles et dragages, à savoir qu'à la profondeur de 3° 50 environ l'on rencontra une couche d'argile épaisse de 3 à 4 pieds et au-dessous de celle-ci, où commençait le fond sablonneux, on trouva plusieurs chênes et d'autres arbres ayant de sortes racines dont la plupart étaient dans une position verticale, d'autres couchés dans différentes directions sur ce fond de sable, et quelquefois même les uns sur les autres.

Ce phénomène des arbres implantés par leur racines dans des terrains plus bas que la basse mer est, comme on le voit, général le long de nos côtes, on le rencontre en Flandre, en Zélande, en Hollande, en Frise et ailleurs. Dans la Frise orientale, le grand lac (*das grasse Meer*) contient des arbres d'une épaisseur remarquable enracinés dans le fond de sable du lac à 2 pieds en dessous des plus basses marées. (Arends, chap. III, Tome I, pag. 54.)

Près d'Emden en Ostfrise, on trouva à la suite de la grande

marée du 4 février 1825 dans un assouillement creusé par la mer, les couches de terrain suivantes :

Terre argileuse 4 pieds.
Tourbe mêlée de racines de roseaux. . . . 4 "

Dans d'autres assouillements voisins, les couches de terre glaise et de tourbe étaient entremêlées et alternaient deux ou trois fois entre elles sur la même épaisseur totale.

Ces couches alternatives de tourbe et de glaise se rencontrent en plusieurs endroits de l'Ost-Frise, et se continuent jusqu'à la profondeur de 30 pieds sous la surface du sol, qui est à peu près au niveau moyen de la mer. (Arends. chap. V. Tome 1, pag. 186.)

Dans la province de Jever, la tourbe fait généralement défaut et les couches de glaise moderne reposent directement sur le sable.

Les rives du Weser et de l'Elbe présentent de nouveau de la tourbe qui y descend jusqu'à la profondeur de 20 à 24 pieds en certains endroits, et se trouve séparée du sol par une couche de glaise de 5 à 8 pieds. Les alluvions du Wilstermarsch sur la rive droite de l'embouchure de l'Elbe sont extrêmement basses, et ne peuvent se débarrasser de leurs eaux que par le secours des moulins d'épuisement.

La province de Dithmarsch dans le Holstein est composée d'une alluvion glaiseuse mêlée de sable, ayant 3 pieds d'épaisseur et reposant sur le sable sans couche intermédiaire de tourbe.

Plus vers le Nord, les alluvions de glaise deviennent assez irrégulières, car elles sont fréquemment interrompues par des parties sablonneuses plus élevées qui s'étendent jusqu'à la mer. (Arends. Tome 1, pag. 121 et 247.)

La côte septentrionale du Jutland présente une particularité remarquable, celle d'une côte abrupte de 4 à 8 mètres de hauteur au-dessus de la mer, sur laquelle se dessinent les lignes horizontales de différentes couches de tourbe, recouvertes de sable de mer. Cette tourbe est beaucoup plus compacte et plus noire que la tourbe ordinaire, ne répond pas l'odeur particulière de celle-ci, et ne laisse

pas autant de cendres, elle ressemble davantage à de la houille. Les couches ont une épaisseur qui varie de 1 à 7 pieds. (Abildgaard, Danske, oekonom-magasin, cité par Arends, chap. IV, Tome I, page 124). Il est probable, tant d'après la nature spéciale de cette tourbe que d'après sa hauteur au-dessus de la mer, et la couche de sable qui la recouvre, que sa formation doit remonter à une époque bien antérieure à celle qui a vu naître la tourbe ordinaire, puisque les sédiments modernes qui recouvrent cette dernière sont tous invariablement limités en hauteur par le niveau des marées hautes actuelles, tandis que la tourbe dont il est question se trouve surmontée d'une couche de sable qui dépasse le niveau des marées hautes actuelles de 8 mètres. Ces sables auraient-ils pu être amenés par le vent? Non car dans ce cas la tourbe devrait être semblable à celle qu'on rencontre partout ailleurs, tandis que sa transformation partielle en houille ne peut s'expliquer que par un âge beaucoup plus avancé que celui des tourbes ordinaires.



§ 13. Idée générale de la stratification du terrain de la plaine maritime.

On voit que la succession des terrains est plus régulière sur les côtes des Pays-Bas que sur celles de l'Allemagne et du Danemark. Cependant elle y éprouve aussi des altérations partielles qu'il convient de faire connaître.

Et d'abord, en ce qui concerne la tourbe, il y a plusieurs endroits où ce combustible fait défaut, mais par la configuration reserrée de ces lacunes, il est facile de voir qu'elles ne sont dues qu'à des causes postérieures qui ont enlevé la tourbe après sa formation, de sorte que les interruptions confirment plutôt la régularité de cette formation qu'elles ne la détruisent. Aussi peut-on regarder la couche de tourbe comme régnant d'une manière si régulière le long des côtes des Pays-Bas, que là où elle fait défaut, c'est un signe presque certain qu'elle a été enlevée par l'action d'un cours d'eau ou par la main de l'homme. On reconnaît ainsi d'une manière presque infaillible les anciens lits de fleuves ou de bras de mer, au caractère qu'ils présentent, d'avoir été comblés par des alluvions de glaise reposant directement et souvent à une grande profondeur sur le fond de sable. Plusieurs lacs se sont aussi formés par l'enlèvement naturel ou artificiel de la tourbe ; ces lacs sont nombreux et de toute grandeur ; leur origine, partout où elle n'est pas due à la main de l'homme, doit être rapportée à l'action des mêmes causes que celles qui de nos jours continuent à agrandir constamment les lacs existants. En effet dans ces lacs, le clapotage des eaux délaie la tourbe des rives, qu'elle mine de la sorte sans interruption, les particules ligneuses de la tourbe vont se disséminer à la surface

de l'eau puis sont rejetées sur les rives, d'où le vent les enlève et les disperse. C'est ainsi que le lac de Haarlem entre autres s'est agrandi outre mesure dans les derniers siècles, malgré les soins que l'on apporte à revêtir ses rives de corps durs qui empêchent les eaux d'attaquer le terrain tourbeux. On conçoit qu'à l'aide d'une tendance aussi puissante à l'envasissement, il a suffi des commencements les plus faibles pour donner naissance aux plus grands lacs. Un effouillement produit par une inondation de rivière, par une crue de ruisseau ou par d'autres causes semblables, a pu être l'origine de tous ces lacs qui se sont agrandis ensuite avec plus ou moins de rapidité, selon que le permettaient les moyens de défense que les riverains opposaient à leur action corrosive.

La plupart de ces lacs ont été asséchés par des moyens artificiels dans les derniers temps ; ils forment une classe de terrains particulière, qui occupe un grand espace dans les deux provinces de Hollande où leur sol est situé généralement à 4 ou 5 mètres sous le niveau moyen de la mer. Dans les autres parties du littoral, ils se rencontrent également quoique moins fréquemment, entre autres sur les frontières de France et de Belgique dans les *Moeren* desséchées, situées entre Furnes et Dunkerque. Leur sol est en général très fertile, parce qu'il se compose, outre la première couche d'argile que l'on rencontre souvent sur le fond de sable, au-dessous de la tourbe, de toutes les molécules délayées de la couche de terre glaise qui recouvre la couche de tourbe successivement corrodée par les eaux : ces molécules n'ayant pu comme celles de la tourbe, flotter sur l'eau ni être emportées par le vent, se sont au contraire déposées au fond des lacs, où elles ont augmenté l'épaisseur de la couche de terre productive.

Je n'en dirai pas d'avantage pour le moment des lacunes de la couche de tourbe. Quant aux interruptions qu'éprouve la couche de gluise supérieure à la tourbe, elles sont plus d'importance que celles qui se remarquent dans ce dépôt végétal. La couche de terre glaise dont il s'agit étant évidemment un produit de la mer qui continue à la

former encore de nos jours, on la rencontre partout où la mer est venue recouvrir les terrains tourbeux. Mais les parties de ces terrains où un commencement de civilisation s'était établi d'assez bonne heure pour permettre l'exécution de quelques travaux de défense, sont restées à l'abri des envahissements de la mer, parce que l'infériorité de niveau des terrains par rapport à la mer, était dans l'origine assez faible pour pouvoir être contrebalancée par des ouvrages de défense très peu importants, et tels qu'on pouvait les exécuter à cette époque. Cette condition du reste ne s'est trouvée remplie que dans une partie des provinces de Hollande et d'Utrecht où les armées romaines avaient fondé le long du Rhin des établissements qui attirèrent plus tard quelque agglomération de population.

Les terrains ainsi soustraits aux inondations de la mer furent en partie conservés intacts, grâce à des digues insubmersibles, en partie recouverts par les limons des fleuves et des lacs d'eau douce qui les submergent chaque hiver. Les uns ont pris le nom de *Veengronden* et ont en général leur surface de 0° 80 à 2° 00 sous le niveau moyen de la mer, ce qui prouverait que la tourbe s'y est moins affaissée qu'ailleurs. Les autres s'appellent *Boezemlanden*, et ont un niveau assez variable, mais qui est généralement peu au-dessous du niveau moyen de la mer. Autour du Zuiderzee on trouve plusieurs polders d'alluvion maritime, le sol y est de 0° 50 à 0° 80 au-dessous du niveau moyen de la mer. (Lacroix, mémoire cité pag. 228 233 et suivantes).

En résumant les données que je viens de rassembler sur la stratification des terrains de notre littoral, on voit que cette stratification quand elle est complète, se compose, en partant de la surface,

d'une couche de terre végétale due à la culture ou de sable aride amené par le vent,

d'une couche de terre glaise,

d'une couche de tourbe,

d'une couche de vase,

d'un fond de sable et d'argile s'étendant à une grande profondeur jusqu'aux terrains de formation plus ancienne.

Quant aux profondeurs respectives de ces diverses couches relativement au niveau de la mer , il résulte des sondages rapportés plus haut, que le sol naturel formant la surface supérieure de la couche extérieure de terre glaise varie de hauteur selon les localités depuis le niveau de marée basse jusqu'au niveau de marée haute ; mais qu'en Flandre et en Zélande elle est généralement un peu au-dessus du niveau moyen de la mer ; que la surface supérieure de la couche de tourbe affecte partout un niveau à peu près constant, qui varie de 2 à 2 1/2 mètres en dessous du niveau moyen de la mer, que l'épaisseur de la couche de tourbe varie de 1 à 4 mètres, quand elle n'est pas mêlée de couches d'argile, et que quand elle l'est, son épaisseur atteint jusqu'à 6 mètres ; que par conséquent la surface supérieure de la couche de vase sous la tourbe se trouve depuis 3 jusqu'à 6 mètres sous le niveau moyen de la mer dans les Pays-Bas et jusqu'à 7 et 8 mètres sur les côtes allemandes ; enfin, que cette couche de vase, qu'il faut considérer comme la dernière des couches irrégulières que l'on traverse ensuite jusqu'aux limites du terrain alluvien , ne se présente pas partout et que là où elle existe, elle est d'épaisseur fort variable.



§ 14. Première émersion de la plaine maritime.

Mon père a fait voir que la présence de la tourbe qui ne saurait se produire dans l'eau salée, prouve qu'il a dû exister jadis le long de la côte actuelle de vastes lacs d'eau douce. Comment ces lacs ont-ils pu exister si près de la mer et en des endroits dont le fond était placé sous le niveau de la marée basse ? Comment les eaux maritimes ont-elles pu une première fois abandonner ces endroits pour permettre à la tourbe de se former ? Comment y sont-elles ensuite revenues pour former la couche de terre glaise qui recouvre la tourbe, et que l'expérience de tous les jours nous montre comme étant le produit de la mer ? Enfin comment l'Océan a-t-il été une seconde fois chassé de l'alluvion qu'il venait de produire ? Telles sont en abrégé les principales questions que soulève nécessairement la stratification particulière des côtes orientales de la mer du Nord.

Recherchons d'abord pour procéder avec ordre par suite de quelles circonstances l'Océan a une première fois abandonné notre bassin maritime.

Dans son mémoire sur l'ancien état de la Flandre, l'abbé Mann, on le sait, a supposé que la mer aurait abandonné à la fois et à la même époque géologique, la grande étendue de terrains, qui comprend non seulement le bassin maritime dont il est question pour le moment, mais encore la plus grande partie de la zone sablonneuse élevée qui est de formation beaucoup plus ancienne. A cette retraite il a assigné une double cause qui est : 1^e le soulèvement du sol ; l'abaissement des marées dans la mer du Nord par suite de quelque événement considérable, par la rupture de l'isthme par exemple qui jadis aurait relié la grande Bretagne au continent européen.

Le grand défaut de cette théorie de l'abbé Mann, c'est la confusion des différentes époques géologiques que de son temps la science n'avait pas encore appris à distinguer et à reconnaître. Les travaux de Mr. D'Omalius portent à croire qu'à l'époque à laquelle est sortie de la mer la formation crétacée du Nord de la France, les choses doivent s'être présentées à peu près dans la situation dans laquelle l'auteur du mémoire sur l'ancienne Flandre les suppose avoir été placées avant la formation de sa grande plaine sablonneuse. En effet, le continent devait avoir pour limites à cette époque, les limites du terrain crétacé de la France, celles du terrain identique qui se retrouve en Angleterre sur la rive opposée du Pas-de-Calais et enfin celle du terrain primordial des Ardennes et du Bas-Rhin. Les eaux devaient naturellement couvrir alors toute l'étendue des terrains mastozoologiques de M'. D'Omalius, terrains qui correspondent à peu près aux plaines sablonneuses de l'abbé Mann, et la formation crétacée barrait très probablement le Pas-de-Calais actuel. C'est de cette mer que le savant Abbé prétend faire sortir toute d'une pièce sa plaine maritime et cela au moyen de l'action simultanée de la double cause qu'il a assignée à ce phénomène.

C'est également de cette mer que Mr. D'Omalius fait sortir, mais à deux époques distinctes et très éloignées l'une de l'autre, d'abord les plateaux élevés de ces terrains mastozootiques, ensuite et longtemps après, la plaine d'atlérissement dont la limite maritime est formée par les côtes actuelles.

Le système formulé par l'auteur du mémoire sur la Flandre, pêche donc surtout par une erreur de date, en ce qu'il considère comme étant dûs à une formation unique des terrains qui présentent évidemment le caractère de deux formations distinctes et successives.

Quant aux causes assignées par l'abbé Mann à ces formations, la première dans l'état actuel de la science ne paraît pas admissible; car les savants sont d'accord pour voir dans les terrains qui bordent notre plaine maritime des terrains de transport venus d'ailleurs, et non des terrains soulevés sur place du fond de la mer. La seconde

cause invoquée par l'abbé Mann, à savoir l'abaissement du niveau de la mer par suite de la rupture de l'isthme de Calais, n'a rien d'admissible, et peut-être pourrait elle contribuer à rendre compte de l'assèchement de la plaine maritime, lorsque par des attérissages continus celle-ci se fut peu à peu élevée jusqu'au niveau de l'Océan. A la vérité, rien n'oblige d'admettre le concours de cette action supplémentaire, car il existe de nombreux exemples, à l'embouchure des grands fleuves et ailleurs, de terrains d'une grande étendue formés et élevés hors de l'eau par la seule action des attérissages ordinaires, et rien n'empêche donc ici d'admettre de même que cette action seule a pu être assez puissante pour éléver notre plaine alluviale à la hauteur que nous lui voyons aujourd'hui. Cependant nous verrons plus loin que presque tous les systèmes mis en avant pour expliquer la formation de nos terrains, sans prouver l'abaissement de la mer d'une manière certaine, se laissent néanmoins développer plus facilement au moyen de cet abaissement, ou tout au moins s'appuient sur le fait de la rupture de l'isthme de la Manche pour en tirer diverses conséquences. Il est donc utile de se rendre compte des chances de possibilité que cette rupture présente, et de rechercher les conséquences qu'elle a pu avoir pour le sujet qui nous occupe. On voit donc que, pour que la discussion actuelle soit complète il convient d'examiner concurremment avec l'action de l'attérissage seul, celle de l'abaissement du niveau de la mer par suite de la formation du Pas-de-Calais.



§ 15. Barrage ancien du Pas-de-Calais.

Il est remarquable que la probabilité du barrage primitif du Pas-de-Calais par une côte non interrompue, de son assouillement postérieur et de sa transformation en détroit ait fixé l'attention de tous les savants qui se sont occupés de cette partie de la géographie de l'Europe. Déjà au V^e siècle, comme le fait observer l'abbé Mann, Servius Honoratus signalait la grande probabilité de ce fait, et son opinion est venue se corroborer depuis des témoignages d'Antonius Volscus, Dominicus Marius, Vivianus, Dubartes, Cambden, Twine, White, Burton, Verstegen, Sommer, Wallis, Musgrave, Borel, Desmarets, etc. Voici, d'après ces savants, les diverses raisons qui se peuvent invoquer en faveur de l'existence de l'isthme. (1).

1^e L'exacte conformité et correspondance des côtes entre Calais et Douvres. Une chaîne de montagnes d'environ 4 lieues de large existe sur chaque côte opposée. Il serait difficile de ne pas reconnaître qu'elles ont fait autrefois une chaîne continue; car on y voit encore élévation contre élévation, rochers blancs contre rochers blancs, côte de sable opposée à côte de sable.

Nous savons par les travaux de Mr. d'Omalius qu'en effet de chaque côté du détroit le terrain dont il s'agit appartient à la même formation géologique. En Angleterre même le terrain crétacé qui en est le produit ne pénètre pas bien avant dans le pays, on dirait à le voir sur la carte coloriée de Mr. D'Omalius, que c'est un fragment

(1). Mém. cit. de l'Abbé Mann pp. 82 et suiv.

détaché de la grande zone identique qui constitue le Nord de la France. Cette circonstance vient singulièrement à l'appui de ce que dit ici l'abbé Mann.

2° Le peu de profondeur de la mer le long de cette ligne.

En quelques endroits du détroit la mer n'a que 4 brasses d'eau et s'approfondit graduellement jusqu'à 50 brasses à l'entrée de la Manche et dans les eaux qui coulent entre la Hollande et l'Angleterre. C'est surtout entre Folkstone et Witsand que ce défaut de profondeur est sensible. Il est donc probable, dit notre auteur, que la rupture a eu lieu entre ces deux endroits et non pas dans le voisinage de Boulogne comme le conjecturait Desmarêts.

Ces bas fonds entourés d'une mer si profonde forment pour ainsi dire une chaîne de montagnes sous-marines et fournissent l'un des arguments les plus puissants en faveur de l'existence de l'isthme. La violence des courants et d'autres causes accidentielles minant lentement cette faible partie de terre ferme, l'auront excavée jusqu'à sa profondeur actuelle, profondeur peu considérable si on la compare à celle de la mer primitive, mais suffisante néanmoins pour donner un libre passage aux courants et aux marées. Cette supposition est rendue plus probable encore par :

3° La nature du fond couvert de pierres détachées et de rochers;

4° Le peu de largeur du détroit qui n'est que de 7 lieues;

5° La nature même et la conformation des côtes qui sont presque perpendiculaires, tandis que les côtes voisines sont basses ou seulement en pente. Du reste les rochers de cette partie du littoral portent encore aujourd'hui des traces de séparation violente.

Tels sont les motifs que l'abbé Mann allège en faveur de son opinion sur la formation du Pas-de-Calais. On peut tirer des arguments au moins aussi puissants en faveur de cette opinion, de la conformité remarquable qui existe entre la succession des terrains sur les côtes de France et de Belgique et la succession tout à fait identique qui se rencontre en Angleterre. Au Nord de Calais d'une part et de Douvres d'autre part on trouve sur la carte accom-

gnant les mémoires de Mr. D'Omalius les mêmes terrains masto-zootiques. Au midi se voient sur les deux côtes les mêmes terrains crétacés qui à leur tour sont interrompus en des points tout à fait correspondants sur les deux côtes par un espace égal de terrains ammonéens qui forme une véritable île au milieu de la craie. Au delà de cette île recommence sur les deux côtes le terrain crétacé qui plus loin est de nouveau arrêté tant en France qu'en Angleterre par les mêmes terrains ammonéens. Il est impossible de ne voir dans une concordance si exacte la preuve qu'à l'époque où il n'existe pas, il n'exista aucun sépara-

so
tion



§ 16. Ablaissement de la mer par la rupture du barrage. Idées de l'abbé Mann et de mon père.

J'ai dit que dans l'opinion de l'Abbé Mann le soulèvement des terrains les plus rapprochés de la ligne qu'il suppose être l'ancienne côte aurait été la cause première de la retraite de la mer de cette partie de notre territoire, et par suite, de la rupture de l'isthme qui fermait la Manche. (1)

Les eaux se retirant avec rapidité des côtes qui se soulevaient et les marées augmentant de force et d'élévation en proportion du rétrécissement du lit de la mer, auraient agi avec une violence extrême sur l'isthme qui formait le fond du golfe et faisait obstacle à la communication directe de celui-ci avec l'Océan. L'isthme rompu, la mer du Nord serait entrée dans la Manche et y aurait trouvé un libre cours pour ses flots. Dès ce moment les marées, n'atteignant plus sur nos côtes, la hauteur nécessaire pour inonder l'ancien domaine maritime, l'auraient laissé en partie à sec, en partie couvert de lacs et de marais qui se sont asséchés depuis.

L'abbé Mann, comme on le voit, ne donne pas des raisons bien claires pour prouver que la rupture de l'isthme de Calais a dû avoir pour effet d'abaisser le niveau des eaux de la mer du Nord. Mon père a adopté sur ce point les idées de l'abbé Mann, mais il est entré dans des explications plus détaillées. Voici ses paroles que je préfère transcrire plutôt qu'analyser.

» Rien n'est plus propre à changer le niveau relatif des eaux,

(1) Mem. cit. page 90.

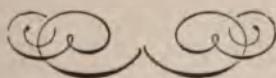
» que les courants. On peut s'assurer de cette vérité par l'inspection
» de ce qui arrive en avant d'une écluse qu'on lâche. On aperçoit
» très visiblement la surface de l'eau présenter des courbures plus
» ou moins prononcées selon la force du courant. Il n'est donc pas
» impossible que le nouveau courant venu de la Manche, en se
» combinant avec l'ancien, qui arrive par le Nord de l'Ecosse, ait
» fait baisser la mer sur nos côtes de quelques pieds. Cela est
» d'autant moins improbable que le flot venu de la Manche, et qui
» s'étend le long des côtes orientales de la mer d'Allemagne depuis
» Calais jusqu'au Holstein et au Jutland, va toujours en diminuant
» de hauteur en s'avancant vers le Nord ; en sorte que les fortes
» marées qui montent à Calais de 20 pieds et à Douvres de 25, ne
» montent à Dunkerque que de 19 1/2 pieds , à Nieuport de
» 17 pieds, à Ostende et l'Ecluse de 16 pieds, à Flessingue de 15
» à Hellevoetsluis et au Texel de 12, et sur la côte du Jutland
» seulement de 2 à 3 pieds ; tandis qu'elles sont de 20 à 25 pieds
» sur les côtes correspondantes de l'Angleterre.

» Il résulte de ce phénomène singulier, qui paraît être l'effet du
» retrécissement du passage entre Douvres et Wissant, et de la
» configuration des côtes de France et d'Angleterre, que le flot qui
» vient de la Manche, et qui est toujours plus élevé dans la partie
» méridionale du détroit que dans la partie septentrionale, exclut le
» flot qui arrive par le Nord de l'Ecosse, quoique celui-ci surpassé
» le premier en hauteur. Or avant la rupture de l'isthme de Calais,
» ce dernier courant entrant par une direction Sud-Est dans la
» mer d'Allemagne, qui se terminait en pointe vers cet isthme,
» devait s'y accumuler considérablement comme cela a lieu dans le
» fond de tout golfe long et étroit lorsque sa direction est aussi
» celle du courant. Ainsi les marées produites par ce courant,
» devaient être plus considérables encore que celles qui ont lieu sur
» les côtes d'Angleterre, le long desquelles il ne fait que glisser.
» Si donc on considère que les marées actuelles sur les côtes qui
» bordent la mer d'Allemagne à l'Orient, sont plus basses de quel-

» ques pieds, que celles des côtes correspondantes de l'Angleterre,
» et qu'avant la rupture de l'isthme, elles devaient être plus fortes
» de quelques pieds, on comprendra qu'avant la rupture la mer a pu
» couvrir de grandes parties du continent, qui lors de cette rupture
» ont été subitement abandonnées.

» On objectera peut-être, que puisque les marées produites
» par le flux qui vient de la Manche, diminuent en hauteur à
» mesure qu'il s'avance, on doit en dire autant du flux venant du
» Nord. Mais cette raison d'analogie n'existe pas. En effet le Pas-
» de-Calais, par son peu de profondeur et surtout son peu de
» largeur, ne livre passage qu'à une petite quantité d'eau, qui,
» en s'étendant sur une plus grande surface à mesure qu'elle
» avance, doit nécessairement perdre de sa hauteur ; tandis qu'un
» effet tout contraire devait avoir lieu par rapport à l'autre flux,
» qui, arrivant sans obstacle par la large ouverture de la mer du
» Nord, s'élevait nécessairement davantage à mesure qu'il était plus
» resserré entre les bords de la mer d'Allemagne.

» Que l'on ne s'étonne pas de nous voir supposer à la mer des
» niveaux différents selon les lieux, car l'établissement des marées
» si variable selon les divers points où on l'observe, prouve assez
» que nous sommes en droit de le faire. D'ailleurs des observations
» récentes prouvent incontestablement que la mer n'est pas partout
» au même niveau. »



§ 17. Recherches plus exactes sur le même sujet.

Il est évident que le grand défaut de tous ceux qui ont écrit sur la question qui nous occupe, c'est d'une part de ne pas avoir assez distingué entre la hauteur absolue et la hauteur relative de la marée, en ce qu'il résulte l'amplitude de l'oscillation produite par la marée, et celle du niveau moyen de la mer ; et d'autre part, il n'y a que simple transmission du mouvement sans déplacement du liquide, avec les courants propres dits, où la masse entière des eaux se déplace.

Quand la marée monte de 15 mètres en un endroit, et seulement de 5 mètres en un autre, il résulte nullement que la marée haute dans le premier cas atteigne un niveau de 10 mètres plus élevé que celui qu'elle atteint dans le second ; tout dépend de la position relative du niveau moyen dans les deux endroits. La marée de 15 m. a simplement pour effet de produire une oscillation de 7^m 50 au-dessus et au-dessous du niveau moyen à l'endroit où elle se fait sentir, de même que la marée de 5^m a pour unique effet de produire une oscillation de 2^m 50 au-dessus et au-dessous du niveau moyen du lieu où elle agit. Or si le niveau moyen, comme c'est le cas le plus général, est à la même hauteur absolue dans les deux endroits, la première marée haute ne surpassera la hauteur absolue de la seconde que de 7^m 50 moins 2^m 50, ou de 5 mètres. Si le niveau moyen dans le premier endroit est plus haut ou plus bas que le niveau moyen dans le second de 1^m 00 il faudra ajouter ou retrancher cette quantité du résultat ci-dessus. On voit donc que dans tous les cas, il n'est pas permis de conclure de

l'amplitude des marées à leur hauteur absolue, à moins que l'on ne connaisse la position relative des niveaux moyens. Or ces niveaux moyens sont loin d'être à la même hauteur absolue sur toute la surface du globe; ils paraissent être profondément modifiés par les causes de toute espèce qui sillonnent l'étendue entière des mers. Cela me ramène à parler des courants que l'on confond très souvent avec les ondulations de la marée.

Le flux et reflux est un phénomène produit par l'attraction du soleil et de la lune sur la masse liquide de notre globe. Il se manifeste par un gonflement dans cette masse, gonflement qui a lieu dans les tropiques et qui fait en 24 heures le tour du globe. Ce gonflement donne lieu à des ondulations qui se propagent dans toute la surface des mers, et qui partent des tropiques pour se diriger avec rapidité vers les pôles. Dans cette propagation des marées, il y a simple transmission ou communication du mouvement, mais il n'y a pas réellement déplacement du liquide.

Les eaux soulevées au-dessus de leur niveau pressent sur les couches voisines et les forcent à se relever à leur tour; celles-ci pressent de nouveau sur les couches les plus proches et les obligent à se gonfler au-dessus de leur niveau moyen; et ainsi le mouvement se communique de proche en proche, chaque masse d'eau s'élevant et s'abaissant successivement, mais sans se déplacer d'une manière sensible. L'Océan est donc couvert d'une série d'immenses vagues qui se propagent avec une grande rapidité, puisqu'il résulte des observations faites à cet égard sur les côtes d'Europe que la marée qui à midi passe devant Cadix, atteint vers minuit le Nord du royaume de Suède et a parcouru par conséquent en 12 heures environ 35 degrés de latitude ou près de 4,000 kilomètres, ce qui représente une vitesse de 330 kilomètres à l'heure. Les vagues dont il s'agit ont encore, outre ce mouvement commun de translation, des mouvements intérieurs qui résultent de la pente qu'elles offrent sur leur deux versants. Ici il y a réellement déplacement du liquide; mais ce n'est encore une fois qu'une oscillation, car il est

évident que la portion de liquide qui pendant six heures de marée montante est passée devant un certain point de la côte en se dirigeant vers le Nord devra repasser de la même manière vers le Sud pendant les six heures de la marée descendante. La vitesse de ces déplacements intérieurs sur les deux versants de chaque grande vague de marée, est incomparablement moindre que la vitesse de propagation de la grande vague elle-même ; elle n'est guère en effet que de 3 à 4 kilomètres à l'heure ; encore comme je viens de le dire, ne produit-elle aucun déplacement absolue dans la masse liquide de la mer.

Il en est tout autrement des courants proprement dits qui existent en grand nombre dans l'Océan. Ces courants produisent réellement des déplacements considérables dans la masse liquide, et donnent presque toujours lieu à des dénivellations importantes. Parmi ces courants les plus remarquables sont en premier lieu ceux qui se portent continuellement des deux pôles vers l'équateur et qui sont directement opposés au mouvement général de propagation des marées ; en second lieu, ceux qui se meuvent dans une direction perpendiculaire aux précédents et en sens inverse du mouvement de rotation de la terre, c'est-à-dire d'Orient en Occident. Ces deux courants généraux lorsqu'ils rencontrent les obstacles fixes que leur opposent les continents, élèvent le niveau moyen de la mer en ces endroits. C'est ainsi que le niveau moyen de la mer rouge est de 9° 00 plus élevé que le niveau de la mer Méditerranée ; c'est ainsi encore que le golfe du Mexique suivant Mr. de Humboldt est de 20 pieds plus haut que l'Océan pacifique.

L'ondulation des marées peut également donner quelquefois naissance à une surélévation du niveau moyen, lorsque la libre propagation de l'ondulation est arrêtée par un obstacle. On conçoit en effet alors que la masse liquide soulevée ne pouvant communiquer son mouvement à des masses adjacentes indéfinies, concentre la force vive qui l'anime sur des masses liquides restreintes et les maintient ainsi habituellement au-dessus de leur niveau d'équilibre.

Ceci posé, examinons jusqu'à quel point l'on peut admettre toutes les explications qui ont été données jusqu'ici sur l'influence de la rupture de l'isthme de Calais.



§. 18. De l'influence réelle de la rupture sur le niveau de la mer du Nord.

Que les marées s'élèvent de 25 pieds sur les côtes d'Angleterre et seulement de 15 pieds sur les nôtres, il ne s'en suit rien sur la différence de hauteur absolue à laquelle les deux marées s'élèvent. Que depuis la rupture de l'isthme la marée venant de la Manche ait pu entrer dans la mer du Nord au lieu d'en être exclue comme par le passé, il n'en résultera encore rien au sujet de la hauteur absolue atteinte par les eaux. Il faut donc de nécessité recourir à d'autres considérations pour parvenir à montrer que l'assèchement des côtes orientales de la mer du Nord a pu être provoqué par la mise en communication de cette mer avec la Manche.

Or à cet égard on peut soutenir avec succès :

1° Qu'avant la formation du Pas-de-Calais, le niveau moyen de la mer du Nord devait être plus élevé que le niveau moyen de la Manche.

2° Qu'avant cette même formation l'amplitude des marées sur nos côtes était beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Ces deux causes devaient s'ajouter pour éléver le niveau de la marée haute à une hauteur beaucoup plus considérable que celle que nous lui voyons actuellement, de telle sorte que les terrains que couvrait la mer à l'époque de ses plus grands gonflements ont pu se trouver aujourd'hui émergés de 7 à 8 mètres au-dessus des plus hautes marées actuelles, c'est-à-dire de 15 mètres au-dessus de la mer basse dont le niveau n'a peut-être point sensiblement varié.

J'ai à montrer d'abord comment avant la formation du Pas-de-

Calais le niveau moyen de la mer du Nord pouvait être plus élevé que celui de la Manche. A cet égard j'ai à invoquer les deux principales circonstances qui, d'après ce que j'ai dit précédemment, tendent à produire une surélévation dans le niveau moyen des mers, à savoir l'action de la marée arrêtée brusquement contre un obstacle fixe et l'action d'un courant qui se dirige également contre un obstacle. Avant la rupture de l'isthme de Calais, la mer du Nord ne recevait l'ondulation des marées que par le Nord de l'Ecosse. Or cette mer formait à cette époque un véritable golfe dont le fond dans sa plus grande largeur était formé par le petit golfe du Wash sur les côtes d'Angleterre d'un côté, et de l'autre par l'embouchure de l'Elbe, pour aller ensuite rétrécissant jusqu'à l'isthme, de manière que l'espace compris entre ce point et les côtes opposées de Norwich et du Texel figurait un véritable cul-de-sac dans lequel devait venir s'accumuler tout l'effort des marées.

C'était là une première cause d'exhaussement dans le niveau moyen. Mais outre cette cause il en existait une autre non moins puissante dans le courant continu venant du pôle Nord et se dirigeant dans le sens des méridiens vers l'équateur. Or l'axe de la mer du Nord court droit vers le pôle et coïncide exactement avec le Méridien de Paris. Le courant polaire devait donc s'y engouffrer directement : seconde cause d'élévation du niveau moyen. Une fois l'isthme rompu, l'équilibre a dû se rétablir entre le niveau moyen de la mer du Nord et celui de la Manche, et il a dû y avoir écoulement de la première dans la seconde; cet écoulement a même dû continuer à se produire par la suite, puisque le courant polaire n'a pas cessé de se faire sentir. Or c'est ce qui est confirmé par l'observation faite maintes fois par les marins, que le voyage de Hollande en Espagne dure un jour et demi de moins que celui d'Espagne en Hollande.

Passons au second point précédemment indiqué et montrons comment les marées anciennes devaient avoir une amplitude plus grande que les marées actuelles dans la mer du Nord.

La question des marées a été étudiée dans ces derniers temps (1835) avec tout le soin, toute l'étendue, toute la précision désirable, par le D^r William Whewell, qui a publié dans les *Philosophical Transactions* les résultats d'observations générales prises simultanément sur les points les plus importants de la Manche et de la mer du Nord. (1)

Ces observations ont démontré que toute notre côte jusqu'à l'extrémité du Jutland est exclusivement soumise aux marées de la Manche, tandis que la côte orientale d'Angleterre l'est non moins exclusivement à celles qui arrivent par le Nord de l'Ecosse. La rencontre des deux flots se fait d'abord au sortir de la Manche, et la marée sortant du Pas-de-Calais continue sa marche le long de notre littoral en faisant barrière à celle qui glisse le long des côtes anglaises. Mais le flot de la Manche perd en élévation à mesure qu'il s'avance et finit par devenir presqu'invisible dans la partie septentrionale du Jutland.

Mr. Whewell, concluant du connu à l'inconnu suppose que tandis que ce phénomène s'observe le long du littoral, un autre non moins remarquable doit se produire en pleine mer et en deux endroits différents, à savoir la neutralisation réciproque et complète des deux flots de manière à donner lieu à une absence totale de marée.

Le premier de ces endroits insensibles aux fluctuations régulières de l'Océan, occuperait à peu près le centre de l'ancien fond de golfe, en un point qui serait à peu près à la longitude d'Ostende et à la latitude d'Amsterdam.

Le second des endroits où la mer est immobile, beaucoup plus étendu que l'autre, occuperait un espace dont le centre se trouverait à la longitude de l'île de Terschelling et à la latitude de Perth en Ecosse.

(1) *Researches on the tides, sixth series. On the results of an extensive system of tide observations made on the coasts of Europe and America in 1835. By the Rev. William Whewell, M. A. F. R. S. Fellow of Trinity College, Cambridge, London, Richard Taylor ; 1836. avec 4 cartes.*

Ce fait, de l'existence dans la mer du Nord de deux ondulations arrivant par des directions presqu'opposées, mouillant chacune une partie considérable et différente du littoral, puis se neutralisant réciproquement et s'excluant en certaine mesure, a été établi par des observations faites avec autant d'intelligence que d'exactitude, dans lesquelles il n'a pas seulement été tenu compte de la marche des flux, c'est-à-dire de l'heure relative à laquelle chacun d'eux atteint certains points du littoral, mais encore de leur amplitude, appréciable par la différence d'élévation qui s'observe entre le point de marée basse et celui de marée haute.

Il en résulte deux faits que l'on peut désormais considérer comme positifs, notamment que la mer du Nord à son état de golfe était sujette aux marées, que ces marées débouchant par le Nord de l'Ecosse et ne rencontrant en route d'obstacle sérieux d'aucune nature, venaient se briser sur nos côtes ; que les marées sur notre littoral devaient être avant la rupture de l'isthme de la Manche, au moins aussi fortes qu'elles le sont demeurées depuis sur les côtes orientales d'Angleterre, et que probablement elles étaient plus élevées encore.

Un second fait qui ressort des observations de Mr. Whewell, c'est que la marée arrivant par le Nord de l'Ecosse présente une amplitude considérablement plus grande que ne le fait celle qui débouche par la Manche, quoique l'une et l'autre nous viennent également de l'Atlantique. Une inspection même rapide et superficielle de la carte des hauteurs qui accompagne le travail du savant Anglais, suffit à en donner la plus entière conviction. Sur les côtes septentrionales des Pays-Bas, la marée n'a que 2 mètres et se réduit à un seul le long du Jutland. Sur la côte Angloise au contraire la marée produit des oscillations considérables.

A Douvres la marée est de 7 mètres, à Ramsgate de 6, à l'embouchure de la Tamise de 5, à l'embouchure du Stour de 4, le long du comté de Suffolk de 3, à Yarmouth de 2, à Winterton de 3, à Cromer de 5, dans le Wash de 7, delà à Whitby de 6, de Whitby

à Montrose de 5, à Aberdeen de 4. Sur notre littoral au contraire, nous n'avons de marée un peu haute que dans les endroits les plus rapprochés de la Manche et puis encore à l'embouchure de l'Elbe autour de laquelle la côte décrit un petit fond de golfe, où le flot qui jusque-là a suivi constamment une direction Nord-Est est forcé tout-à-coup de se diriger presque directement vers le Nord. Voici du reste les chiffres des marées : A Doulogne et à Calais, 6 mètres, à Dunkerque et à Nieuport 5, à Ostende et Flessingue 4, à Brouwershaven et à Goeree 3, à l'embouchure de la Meuse 2, au Texel 1° 50, à l'Ameland 2, dans le petit golfe de l'embouchure de l'Elbe 4, à l'Île de Westerland 2, à quelque distance delà 1, et jusqu'au Cap Skagen seulement 0° 50.

De ces données il ressort entre autres un fait sur lequel il ne sourait être oiseux d'appeler d'une manière toute spéciale l'attention du lecteur, par ce que non-seulement il décide d'une manière péremptoire la question de savoir si avant la rupture de l'isthme la mer du Nord était sujette à des marées plus fortes qu'aujourd'hui, mais qu'il peut encore aider à retrouver du moins approximativement le point de la haute mer dans le fond du golfe. Ce fait c'est l'augmentation graduelle de l'amplitude du flot septentrional, à mesure que celui-ci s'éloigne du Nord de l'Ecosse et se rapproche de nos côtes. Ainsi en reprenant la marée à Aberdeen où elle est de 4 mètres, on verra le flot gagner toujours en hauteur jusque dans le golfe du Wash où déjà il en compte 7. Il est vrai qu'à partir delà jusqu'à Yarmouth il décroît d'une manière brusque, mais ce n'est que pour reprendre tout aussi brusquement sa marche ascendante du moment qu'il a tourné cette espèce de Cap.

J'ai été frappé de cette interruption singulière et j'ai cherché à en reconnaître la cause. Sur la côte Anglaise elle-même, il n'est rien qui puisse fournir une explication satisfaisante de ce phénomène. La saillie que le littoral forme en cet endroit, n'est pas assez considérable pour exercer la puissante influence nécessaire à la production d'un résultat si marqué.

Mais l'explication que ne peut fournir le littoral britannique, s'offre d'elle-même du moment qu'on porte ses regards sur la côte opposée qui s'étend du Briel à l'Ameland, et sur laquelle vient pour ainsi dire expirer le flot défaillant de la Manche. Là se fait un dénivellation considérable, une espèce de vide, si l'on peut s'exprimer ainsi, qui attire le flot le plus voisin et le force à venir rétablir en certaine mesure l'équilibre détruit.

Si c'est là l'explication réelle du phénomène, il en résulte tout naturellement qu'avant la rupture de l'isthme, la marée débouchant par le Nord de l'Écosse suivait sans interruption une marche ascendante dont notre côte était le terme. Il ne serait donc pas difficile de calculer d'une manière approximative l'amplitude de l'oscillation que le flot devait produire dans le fond du golfe, et si l'on se rappelle que déjà dans le Wash elle atteint 7 mètres, et qu'après avoir subi une très-sorte dépression à Yarmouth, elle reprend rapidement et atteint de nouveau 7 mètres à Douvres, on conviendra que ce n'est pas forcer l'hypothèse que de supposer une élévation régulière d'à-peu-près 12 mètres au flot qui mouillait notre littoral avant la rupture de l'isthme de la Manche.

Les éléments de ce calcul se présentent d'eux-mêmes quand on réfléchit que la marée de la mer du Nord avant l'affouillement de l'isthme, c'est-à-dire, avant que la marée de la Manche fut venue provoquer la défaillance du flot qui s'observe sur nos côtes et par contre coup à Yarmouth, devait conserver sans interruption la marche ascendante qu'elle poursuit depuis le Nord de l'Écosse jusqu'à Douvres. Si donc cette marée a de nos jours 7 mètres dans le Wash, et si après avoir subi à Yarmouth la dépression due au flot de la Manche, elle remonte de nouveau de 5 mètres, n'est-on pas autorisé par ce fait d'observation à joindre à l'élévation déjà obtenue dans le Wash toute la quantité, dont la mer s'élève de Yarmouth à Douvres ? On obtient ainsi 12 mètres pour la marée ordinaire de notre littoral. On sait aussi que les marées de vives eaux dépassent en général de 1/6 et parfois même de 1/5 les marées ordinaires, de

sorte qu'en augmentant proportionnellement le chiffre atteint par la marée commune, on obtient 14 à 15 mètres pour les marées des vives eaux, ce qui équivaut à 16 ou 17 mètres pour les marées des tempêtes équinoxiales.

D'après cela nos côtes auraient pu à cette époque être soumises à des marées semblables à celles qui se font sentir de nos jours sur les côtes de France à St-Malo, sur les côtes d'Angleterre dans le canal St-Georges, et en quelques points de l'Amérique.

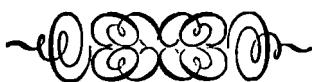
En effet les marées à St-Malo s'élèvent jusqu'à 50 pieds, à Chepstow dans le comté de Monmouth en Angleterre, elles s'élèvent à 66 pieds, et il paraît que dans la baie Française en Amérique la marée atteint quelquefois 70 pieds de hauteur.

En combinant les conclusions de la discussion précédente, on voit qu'il n'y a aucune impossibilité à admettre que par le fait de la rupture de l'isthme de la Manche, le niveau moyen de la mer du Nord a baissé de plusieurs mètres et qu'en outre l'amplitude des marées qui jusque là avait pu atteindre 16 à 17 mètres, c'est-à-dire faire monter et descendre les eaux de 8 à 8 1/2 mètres au-dessus et au-dessous du niveau moyen, avait diminué assez pour ne plus donner que 6 à 7 mètres d'oscillation maxima, c'est-à-dire pour ne faire monter et descendre la mer que de 3 à 3 1/2 mètres au-dessus et au-dessous de son niveau moyen. Si donc le niveau moyen n'avait pas changé, la marée la plus haute s'arrêterait aujourd'hui à 5^m au-dessous des points qu'elle atteignait anciennement; et si de plus le niveau moyen de la mer s'est abaissé, il faut ajouter toute la valeur de cet abaissement au chiffre de 5^m trouvé ci-dessus.

Par conséquent les deux causes agissant ensemble ont pu faire baisser de 7 à 8 mètres la hauteur absolue à laquelle atteignait l'ancienne marée; en d'autres termes les terrains que cette marée inondait jadis dans ses plus grands gonflements ont pu se trouver subitement élevés de 7 à 8 mètres au-dessus des plus hautes marées actuelles. Hâtons-nous de dire que tout ceci ne s'applique qu'aux côtes immédiatement voisines du Pas-de-Calais, où le

double phénomène de l'élévation du niveau moyen de la mer et de l'accroissement de l'amplitude des oscillations de la marée devait se faire sentir avec le plus de force. A partir de ces côtes vers le Nord l'abaissement du niveau de marée haute à la suite de la rupture de l'isthme doit avoir été de moins en moins sensible, de manière à ne pas dépasser sur les côtes du Danemark le chiffre de 2 mètres que l'on obtient en supposant que le niveau moyen de la mer n'ait pas changé en cet endroit et que l'amplitude de l'oscillation au lieu de ne s'élever qu'à 0° 50, y ait atteint 4 à 5 mètres comme elle le fait aujourd'hui sur les côtes opposées de l'Ecosse.

Les dénivellations auxquelles nous venons d'arriver suffiraient amplement, comme on le voit, à expliquer l'apparition hors de l'eau de tous les points aujourd'hui émergés de notre bassin maritime, si l'on jugeait devoir recourir à cette cause additionnelle.



§ 19. Formation de la couche de tourbe, d'après mon père.

Et maintenant après avoir discuté les actions qui ont pu contribuer à l'apparition de notre bassin maritime, se dégageant des flots qui le couvraient et se transformant en terre-ferme, il est temps d'entamer l'étude des phénomènes subséquents qui se sont produits sur ce nouveau continent. Parmi ces phénomènes la présence de la tourbe sur une zone assez large, qui longe tout notre littoral actuel, n'est ni le moins important, ni le moins difficile à expliquer. J'ai déjà dit plus haut que la présence de la tourbe implique l'existence de lacs d'eau douce dans lesquels doit s'être formé ce combustible végétal. La première question qu'elle soulève est donc celle de savoir comment de pareils lacs ont pu se créer en ces endroits, comment surtout ils ont pu s'y maintenir pendant une assez longue période de temps pour permettre la formation de la forte couche de tourbe que nous y trouvons de nos jours ?

La tourbe à son tour est recouverte d'une alluvion glaiseuse identique à celle que nous voyons encore se former tous les jours dans les lieux où la mer a accès. Nous ne pouvons donc avoir de doutes sur son origine. Elle est le produit de la mer qui a dû venir couvrir la couche de tourbe. Cette origine de la glaise indiquée par les analogies les plus directes est pleinement confirmée d'ailleurs par de nombreux témoignages historiques. Ce fait ouvre une seconde question : comment et à quelle époque la mer est-elle rentrée en possession d'une partie de son ancien domaine ?

Mais la mer n'a pas indéfiniment conservé son empire sur les terres qu'elle avait reconquises ; un nouvel assèchement est venu un jour rendre à la terre-ferme les anciens lacs tourbeux transformés

en polders. Delà une troisième question que nous aurons à étudier et qui peut se formuler ainsi : comment s'est opérée la seconde retraite de la mer ?

Comment des lacs d'eau douce ont-ils pu s'établir et surtout se maintenir le long de la côte actuelle ?

Si le fond de la tourbe reposait sur un sol dont le niveau dépassait celui de la marée haute actuelle, on n'éprouverait guère de peine à se rendre compte de la formation de ce dépôt ; rien ne serait plus facile à comprendre que l'existence de marais d'eau douce le long du littoral et la transformation successive de ces marais en tourbières. Mais il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi. Non seulement le fond de la tourbe ne se trouve pas supérieur à la haute mer, il est même inférieur à la marée basse. Sans cette dernière circonstance le phénomène en question, tout en offrant encore de sérieuses difficultés, serait susceptible de recevoir une solution peu compliquée, car le fond de la tourbière étant au-dessus de la marée basse, aurait très bien pu se vider d'eau salée à l'époque de basse mer, tandis qu'à l'époque de marée haute un obstacle quelconque serait venu s'opposer à la rentrée du flot. Mais les éléments de la question ne nous laissent pas même la ressource de cette explication. Pour faire comprendre toute la complication que présente le problème, il suffira d'en reproduire la formule en résumant : une forte couche de tourbe repose le long de notre littoral sur l'ancien lit de l'Océan Germanique. Le niveau de ce fond est inférieur de plusieurs mètres à celui de la mer basse actuelle. Cependant la tourbe est essentiellement un produit d'eau douce. Ce dépôt n'a donc pu se former que dans des marais non salins. Comment se fait-il que la mer se soit retirée de terrains dont le niveau était de beaucoup inférieur aux plus basses marées ? Par quel procédé a-t-elle pu abandonner cette partie de son lit pour lui permettre de se transformer en lacs d'eau douce.

Mon père suppose que lors du séjour de l'Océan sur tout le territoire qui constitue aujourd'hui notre plaine maritime, le bord Nord-Ouest a formé une suite de bancs de sable semblables à ceux

qui se trouvent encore de nos jours le long de notre littoral.

Un évènement quelconque ayant fait brusquement baisser de plusieurs pieds le niveau de la mer, les bancs dont il s'agit ont été asséchés, des dunes s'y sont formées, et ont fortifié en exhaussant cette carrière naturelle que la mer elle-même avait opposée à sa rentrée. Plus tard comme l'Océan n'avait plus accès dans le bassin, l'eau de mer se sera évaporée et aura été remplacée en partie par les eaux pluviales qui y tombaient, et qui, se réunissant dans la partie inférieure, auront formé les marais dont César fait mention. C'est dans ces marais ou lacs qu'aura pris naissance une végétation d'abord aquatique et plus tard terrestre, dont les débris en s'amoncelant successivement, auront produit la couche de tourbe que nous trouvons aujourd'hui le long de nos côtes.

Mais la mer exclue d'une partie de son ancien lit n'aura pas plus tôt trouvé dans ses nouvelles limites un obstacle à sa violence qu'elle aura commencé à les ronger. D'un autre côté le vent aura fait reculer les dunes vers l'intérieur des terres. Ces deux causes réunies auront par la succession des temps fait disparaître tout le plateau dû aux anciens bancs; il ne sera plus resté que les dunes qui n'étant plus défendues par une grève assez haute pour que la mer ne vint pas à leur pied, lui auront bientôt livré passage.

Ici commence une nouvelle époque pour la géographie physique de cette côte. La mer ayant déchiré les dunes, se jette avec violence dans les terres moréangeuses et couvertes de tourbe que ces dunes protégeaient; à chaque marée descendante, elle s'écoule par où elle était entrée, pour revenir encore à la marée suivante. Les eaux se creusent des lits, et les criques paraissent. Ces criques s'approfondissent par le courant continu des marées montantes et descendantes. Mais tout ce mouvement n'aura qu'une durée limitée. La mer porte en elle le remède au bouleversement qu'elle vient de produire. En arrivant sur ces terres, ses eaux tenaient en suspension une grande quantité de vase apportée dans son sein par les rivières avoisinantes, et que les flots soulevaient; mais retrouvant ici le calme,

la laisse se précipiter et forme le premier feuillet d'une couche de vase. Chaque jour de nouvelles eaux viennent apporter un feuillet de plus à cette couche, qui avec le temps acquerra une épaisseur de plusieurs pieds, et finira par s'élever assez pour que la main de l'homme puisse à l'aide de travaux de défense en exclure une seconde fois la marée.



§ 20. Discussion du système de mon père.

Telle est en peu de mots l'exposition des idées de mon père sur les révolutions du littoral de la mer du Nord.

Ces idées sont certainement très plausibles dans leur ensemble et comme le dit leur auteur lui-même, elles n'ont d'hypothétique que ce qui concerne les temps antérieurs à l'invasion de la mer sur la tourbe, car quant aux effets de l'invasion même, ils sont trop patents, ils se renouvellent trop souvent encore sous nos yeux, pour qu'on puisse douter un instant de leur réalité.

Il faut reconnaître pourtant que ces explications laissent encore bien des questions indécises, bien des points obscurs, et que d'un autre côté, dans les phénomènes dont elles rendent compte, elles ont recours à des expédients qui sont superflus, de manière que le système de mon père pourrait d'une part être simplifié, et demanderait de l'autre à être développé.

Je vais essayer de procéder à ce double travail.

Mon père, pour expliquer la formation de la tourbe, dont une grande partie est composée de débris de plantes aquatiques d'eau douce, a besoin de recourir à l'existence de lacs non salés le long de notre littoral. Ces lacs devaient donc être séparés de la mer, mais la distance ne devait cependant pas être assez grande pour ne pas pouvoir être un jour franchie par l'Océan qui évidemment est venu recouvrir la couche de tourbe d'une couche de vase. Il fallait donc expliquer en même temps l'existence tout le long de la côte, d'une série de lacs séparés de la mer par des langues de terre de peu de largeur et de peu de hauteur. Pour cela mon père a cru devoir recourir à un abaissement du niveau de la mer, par suite duquel des

bancs qui se trouvaient en avant de la côte , ont pu en s'asséchant former cette suite de langues de terre séparées de la terre-ferme par des parties plus profondes où l'eau était restée, et séparant ces eaux jadis maritimes du reste de l'Océan.

J'ai fait voir précédemment que cet abaissement du niveau de la mer du Nord pouvait parfaitement se justifier mais j'ai dit aussi qu'il n'est pas indispensable d'y avoir recours pour expliquer les faits qui s'observent le long de nos côtes. En effet ce phénomène d'une côte présentant des lacs, des étangs ou des marais séparés de la mer par d'étroites bandes de terre est très commun; on peut-même dire qu'il se présente sans exception dans tous les terrains d'atténissement, comme était celui dont nous nous occupons. Les côtes de la Baltique, le long de la Prusse et de la Pologne en donnent quelques échantillons; les côtes du Danemark sur la mer du Nord, et les côtes de la Gascogne sur l'Atlantique les offrent également; les côtes de la Méditerranée au midi de la France, celles de la mer Adriatique au fond du golfe sont dans le même cas ; les côtes de la mer Noire et celles de la mer d'Azof le sont aussi; enfin le seul Delta du Nil présente cinq grands lacs séparés de la mer par des langues de terre qui n'ont que 1 à 3 kilomètres de largeur, et dont le développement total dépasse 240 kilomètres. Il n'est donc nullement nécessaire de recourir à aucune action extraordinaire pour expliquer la formation de lacs et de langues de terre sur notre littoral, ces lacs et ces langues de terre devaient se former tout naturellement par suite de la marche ordinaire du travail d'atténissement.

Sous ce rapport donc le système de mon père est susceptible d'être simplifié. Examinons à présent les points que ce système laisse indécis, les difficultés qui sont restées sans solution.

Et d'abord, la transformation en lacs d'eau douce des lacs salés que la mer en se retirant avait laissés derrière elle le long de la côte, ne peut évidemment pas s'expliquer par une simple évaporation. Les sels divers que contient l'eau de mer ne sont nullement volatils ; ils ont donc dû se déposer à mesure que l'eau s'évaporait , pour

l'évaporation continue qui avait lieu à la surface des lacs ; les eaux pouvaient s'écouler dans la mer par-dessus la barrière qui les séparait de l'Océan, après avoir élevé le niveau des lacs au-dessus de celui de cette barrière ; enfin les eaux pouvaient s'échapper directement dans la mer par des canaux établissant une communication continue et de niveau entre les lacs et l'Océan.



§ 24. Comment des lacs d'eau douce ont pu exister le long des côtes de la mer du Nord.

Examinons successivement ces trois solutions.

La première à quelque chose d'extraordinaire qui au premier abord doit paraître peu satisfaisant, cependant l'exemple de la mer Caspienne et d'autres lacs sans issue qui reçoivent les eaux de vastes étendues de pays environnans est là pour attester la possibilité d'un phénomène pareil sur les bords de la mer du Nord. Il serait facile d'indiquer les éléments d'un calcul au moyen duquel on pourrait établir approximativement l'étendue de la surface évaporante qu'auraient dû présenter les lacs en question pour donner issue dans l'atmosphère à la totalité des eaux fournies par les fleuves qui s'y jetaient. J'ai eu la curiosité de faire ce calcul et j'ai trouvé que la solution n'était pas impossible en admettant que les lacs couvrissoient anciennement l'étendue entière de notre plaine maritime actuelle y compris les bancs situés aujourd'hui sous la mer. Quelque intéressante que puisse être du reste une pareille recherche, elle est tout à fait superflue dans ce cas-ci, car elle ne pourrait venir prendre place dans l'étude de notre sujet que pour autant qu'elle serait précédée d'une explication satisfaisante donnée à la transformation des lacs salés en lacs d'eau douce.

Je passerai donc à l'examen de la seconde solution présentée plus haut.

Cette solution a le mérite de rendre compte de la disparition de l'eau salée dans les lacs. En effet si ces lacs recevaient constamment des eaux douces par les fleuves qui s'y jetaient, et si l'excédant de ces eaux sur l'évaporation s'épanchait dans l'Océan, sans retour pos-

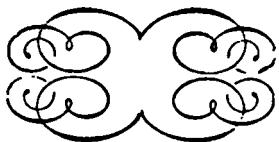
sible des eaux de celui-ci, on comprend qu'il fallait fort peu de temps pour obtenir la transformation désirée. Si sous ce point de vue l'hypothèse est favorable, il faut reconnaître que d'un autre côté elle donne lieu à de nouvelles difficultés. En effet on a peine à admettre que, pendant la longue période de temps qu'il a fallu pour former la tourbe, les eaux des lacs nient pu continuellement déborder et s'écouler par-dessus la barrière qui les séparait de la mer sans que cette barrière, qui n'était composée que de sable, fut attaquée et délavée par ce courant continu. Ce n'est pas tout. Les eaux des lacs, pour pouvoir s'écouler, devaient se trouver à un niveau supérieur à la hauteur de la langue de terre qui les séparait de l'Océan; cette langue de terre devait être supérieure à son tour à la hauteur des marées hautes au moins ordinaires. Le niveau des lacs devait donc être à 5 mètres ou 5^e 50 au-dessus de marée basse sur les côtes de la Flandre; mais en cet endroit le fond actuel de la tourbe se trouve à plus d'un mètre en contre-bas de marée basse. Par conséquent la hauteur des eaux dans les lacs, mesurée à partir du fond jusqu'à la surface, devait être de 6 1/2 à 7 mètres. Plus vers le nord, la hauteur de la marée diminue à la vérité, mais comme en même temps le fond de la tourbe descend beaucoup plus bas sous le niveau de basse mer, le résultat reste le même, et l'on est toujours obligé d'admettre dans les lacs une profondeur d'eau de 6 1/2 à 7 mètres au moins. Or il est probable qu'à une telle profondeur toute végétation est impossible, de manière qu'il serait fort difficile d'expliquer comment la formation de la tourbe aurait pu y commencer. Du reste il est à peu-près superflu de nous appesantir sur l'examen de cette hypothèse, car il est certain, qu'à moins d'admettre une horizontalité mathématique dans la crête de la bande sablonneuse interposée entre les lacs et la mer, certaines parties de cette bande ont dû être traversées de préférence par les eaux, et d'autres parties ont dû rester à sec à l'abri de leur contact. Dans ces parties asséchées le vol du sable à dû infailliblement faire naître des dunes, qui en se développant selon les lois de leur nature,

ont dû resserrer de plus en plus les parties plus basses où les eaux trouvaient un passage. Cet effet, joint à l'érosion inévitable d'un courant sur un terrain sablonneux, a donc dû amener l'approfondissement et le rétrécissement continual des canaux par lesquels les eaux se déchargeaient dans la mer, et ces actions, quelque lentes qu'on les suppose, ont dû amener ensin des communications directes et de niveau entre les lacs et la mer; de telle sorte que la seconde de nos hypothèses, qu'elle ait pu ou non se réaliser, nous ramène forcément à la troisième qu'il nous reste à examiner.

Dans cette hypothèse, les lacs se trouvant en communication directe avec la mer, la première difficulté qui se présente est de savoir comment l'eau a pu cesser d'y rester salée. Cette objection paraît au premier abord fort sérieuse, et j'avoue qu'elle m'a longtemps arrêté. Cependant des exemples de faits analogues qui se présentent encore de nos jours, prouvent à l'évidence qu'elle n'a aucune valeur, et que des lacs placés dans la situation que nous avons supposée, peuvent rester lacs d'eau douce malgré leur libre communication avec la mer. Le long des côtes de la Prusse et de la Poméranie dans la mer Baltique, on trouve divers lacs semblables, aux embouchures de l'Oder, de la Vistule, du Pregel, du Memel et d'autres fleuves. Les deux principaux sont le *Frische Haff* c'est-à-dire le bras de mer aux eaux douces, qui a 21 lieues de longueur sur 2 à 4 lieues de largeur; le *Curische Haff* qui a 20 lieues de long sur 5 à 10 de large. Ces lacs sont séparés de la mer Baltique par des langues de terre étroites et sablonneuses, et communiquent avec elle par des détroits d'environ un kilomètre de largeur où l'on trouve 4 mètres d'eau. La mer d'Azoff nous offre un autre exemple du même phénomène; les eaux de cette mer sont troubles et saumâtres mais non pas salées, et loin que la végétation ne puisse s'y effectuer, on y remarque une quantité considérable de joncs qui s'étendent à grande distance du rivage et croissent dans les eaux peu profondes en général le long des côtes. Le petit golfe de l'Y devant Amsterdam présente encore la même pa-

ticularité ; les eaux n'y sont presque point salées, et ici je dois ajouter que le phénomène y est encore plus surprenant qu'ailleurs, parce que l'Y n'est pas comme les autres lacs que j'ai cités, alimenté d'eau douce par des fleuves qui s'y jettent.

On peut donc regarder comme complètement démontré que des lacs d'eau douce peuvent avoir existé le long de la mer du Nord, et en communication directe avec cette mer.



§ 22. Du niveau et de la profondeur des lacs d'eau douce.

Ceci posé, cherchons à quel niveau l'eau devait se trouver dans ces lacs, et quelle profondeur de liquide ils devaient par suite présenter. Pour faire ce calcul je commencerai par supposer que les lacs ne reçussent pas d'eaux supérieures. Dans ce cas je dis que ces lacs devaient être sujets à des oscillations de marée dont l'amplitude devait dépendre du rapport qui existait entre leur surface et la section transversale du pertuis d'entrée et de sortie des eaux vers la mer. Je dis de plus que si, comme il est permis de le supposer, ce rapport était considérable, c'est-à-dire si l'étendue en superficie des lacs était très grande en comparaison de la section transversale des chenaux de communication avec la mer, les oscillations de la marée dans les lacs devaient être à peine sensibles. Dans ce cas le niveau à peu près constant de ces lacs devait coïncider avec le niveau moyen de la mer, c'est-à-dire affecter une hauteur moyenne entre le niveau de marée haute et celui de marée basse, de manière à donner lieu à un courant vers la mer pendant la moitié de l'intervalle séparant deux marées successives et à un courant inverse vers l'intérieur pendant l'autre moitié de cet intervalle, les quantités d'eau sortant dans la première période compensant exactement les quantités d'eau entrant pendant la seconde. Si à présent nous supposons que des eaux supérieures vinssent se jeter dans les lacs, les résultats changeront un peu, parcequ'il faudra que les lacs aient donné issue vers la mer à des quantités d'eau plus grandes que celles qui rentraient de la mer dans les lacs ; il faudra donc que le courant vers le dehors ait été plus considérable que celui qui se dirigeait vers l'intérieur, ce qui exige que le niveau à peu près constant des

lacs ait été élevé au-dessus du niveau moyen de la mer d'une quantité d'autant plus grande que les eaux supérieures arrivant par les fleuves étaient elles-mêmes plus abondantes, et que le passage de communication vers la mer était plus étroit. On comprend sans peine qu'il est indispensable de supposer dans tout ceci que le passage en question fût relativement étroit, et par conséquent l'oscillation de la marée à l'intérieur des lacs presque insensible, car s'il en avait été autrement les quantités d'eau qui auraient fourni la matière de ces oscillations seraient provenues de la mer, c'est-à-dire qu'elles auraient été composées d'eau salée; par conséquent, plus les oscillations à l'intérieur des lacs auraient été considérables, plus considérable eut été la quantité d'eau de mer entrant à marée haute et sortant à marée basse, plus considérable eut été aussi le degré de salure des lacs.

Il résulte de cette discussion que le niveau constant des lacs étant supposé dépasser de quelques décimètres le niveau moyen de la mer, et le fond actuel de la tourbe se trouvant en Flandre à 3°70 en dessous de ce niveau et en Hollande à 6° 00 environ, la profondeur d'eau dans les lacs devait être de 4 à 6 mètres, quantité encore considérable pour permettre d'expliquer la végétation puissante dont ces mêmes lacs nous ont laissé les traces.



§ 23. Des canaux de communication entre les lacs et la mer.

Cette difficulté n'est malheureusement pas la seule que nous soyons destinés à rencontrer sur le chemin de cette étude. Il résulte de tout ce qui précède que sur les côtes de la Flandre où la marée produit des oscillations de 4 mètres, les pertuis des lacs devaient quatre fois par jour être traversés alternativement dans un sens et dans l'autre par des courants dus à des différences de niveau de 2 mètres au moins. Je laisse à penser quelles cataractes de pareilles différences de niveau devraient produire, quelle irrésistible puissance d'érosion de pareils courants devaient exercer sur un sol aussi peu résistant que celui de ces pertuis. L'exemple que présentent nos polders, lorsque par suite d'une rupture de digue les eaux trouvent accès à l'intérieur des terres, les assouflements énormes que produit au bout de peu de jours sur un sol en général compact et argileux l'entrée et la sortie des eaux de la marée, tout cela est de nature à faire voir que les pertuis dont nous nous occupons devaient au bout de fort peu de temps s'élargir et s'approfondir outre mesure, et que cet effet devait continuer à se faire sentir aussi longtemps que le niveau ne pouvait pas s'établir à chaque instant et librement entre les eaux intérieures et les eaux extérieures. Or dans ce cas, les lacs étant en pleine communication avec la mer, et suivant exactement les oscillations de celle-ci, ne pouvaient pas demeurer lac d'eau douce.

Il faudrait donc conclure de là que les eaux des lacs n'auraient pu rester douces et capables d'entretenir la végétation sur les côtes de la Flandre, que pendant un temps fort court et tout à fait insuffisant pour rendre compte de l'existence de la tourbe.

Pour résoudre cette difficulté l'on pourrait admettre que les pertuis eussent un cours assez long et qu'ainsi la différence de niveau de 2 mètres se trouvant repartie sur un grand développement, n'aurait donné qu'une pente douce compatible avec le degré de résistance à l'érosion, dont le sol était capable.

Une communication de ce genre entre la mer et un lac d'eau douce recevant les eaux d'un fleuve se rencontre à l'embouchure de l'Oder, le long de la Baltique dans un des lacs que j'ai cités tout à l'heure. Les eaux du lac débouchent dans la mer par trois canaux tortueux et obliques dont le plus long a un développement de 50 kilomètres au moins. Mais comme dans la Baltique la marée ne se fait pas sentir, les courants auxquels ces canaux sont soumis, ne peuvent jamais être violents, puisqu'ils ne sont dus qu'à l'écoulement des eaux supérieures. L'exemple que je viens de citer n'est donc pas une preuve que l'on puisse alléguer en faveur d'un état de choses semblable le long de la mer du Nord, mais une simple image des canaux qu'on peut supposer avoir existé sur nos côtes ; canaux dont le développement en longueur aurait été assez grand et par conséquent la pente assez faible pour que la différence totale de niveau de 2 mètres qui devait exister entre les eaux intérieures et les eaux extérieures ne produisît que des courants d'une vitesse suffisante à entretenir la profondeur des canaux en les empêchant de s'ensabler, mais pas assez forte pour leur permettre de s'affouiller en se creusant de plus en plus.

Une autre explication de la même difficulté pourrait être de la circonstance assez probable qu'à l'époque que nous considérons, les marées étaient très faibles sur toute l'étendue de la côte depuis la pointe du Helder jusqu'au cap Skagen, et que nos lacs d'eau douce avaient leurs pertuis de communication avec la mer sur cette partie de la côte. Dans ce cas, la difficulté qui nous arrête et qui est relative à l'action érosive des courants dus aux dénivellations considérables de la marée, disparaîtrait avec ces dénivellations elles-mêmes.

Voyons d'abord ce qui a pu se passer relativement aux marées.

Aujourd'hui le flux et le reflux de la mer sont très faibles aux deux extrémités de la ligne de côtes qui s'étend du Helder au cap Skagen, et dans les points intermédiaires de cette ligne, devant les embouchures du Weser et de l'Elbe, il est évident que la marée n'augmente d'intensité que parceque la côte y forme un golfe d'une concavité assez prononcée. Si donc il était à présumer que ce golfe n'a pas toujours existé, on devrait en conclure que la marée a été jadis très faible sur toute l'étendue de cette partie des côtes de la mer du Nord.

Or il est très probable que le golfe n'a pas toujours existé tel qu'il est, et que la côte en cet endroit a été entamée beaucoup plus profondément que partout ailleurs. La preuve en est d'abord dans la position isolée du rocher d'Helgoland qui se trouve fort loin en mer, tandis que tout porte à croire qu'il a dû faire partie des plateaux élevés de l'ancien continent. Une seconde preuve, c'est le peu de largeur qu'occupe le long de cette côte le terrain sablonneux horizontal qui doit être considéré comme un attérissement du terrain adjacent : en effet, tandis qu'en Zélande, nous trouvons la plaine sablonneuse s'étendant depuis la côte actuelle de la mer jusqu'au delà d'Anvers où seulement commence le coteau de la Cam-pine, c'est-à-dire sur une longueur de 75 kilomètres ; tandis qu'en Hollande nous voyons la même plaine s'étendre sur 100 kilomètres depuis la côte jusqu'aux rives orientales du Zuiderzee, où s'élèvent les coteaux de la Gueldre ; ici au contraire, le coteau se trouve très rapproché de la mer qui le baigne en plusieurs endroits, de manière que le terrain horizontal n'occupe pas plus de 10 à 20 kilomètres de largeur. Et cependant rien ne doit faire supposer que les attérissements sablonneux puissent être moindres ici que sur le reste de la côte. Au contraire, les deux fleuves importants, qui déchargent en cet endroit les eaux d'une grande partie de l'Allemagne devaient provoquer des dépôts au moins aussi considérables que ceux qui se remarquent le long des parties plus méridionales du littoral de la mer du Nord.

Si donc la plaine alluvionneuse mise à nu par la mer s'étendait fort loin en avant des embouchures du Weser et de l'Elbe, le golfe que la côte forme aujourd'hui ne devait pas exister, ou du moins devait être beaucoup moins prononcée, et la cause d'augmentation d'intensité des marées qui s'y remarque à présent n'existaient pas encore ; de manière que rien ne devait provoquer entre le Nord des Pays-Bas et le Jutland des marées plus fortes que celles qui se faisaient sentir eu ces deux points.

Cela posé, les marées ne devaient avoir d'amplitude un peu forte qu'entre le Pas-de-Calais et les environs de Katwyk.

Or, rien n'oblige à admettre qu'il existât des communications entre les lacs et la mer sur cette étendue de côtes; au contraire tout tend à faire croire que les eaux de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin se déchargeaient plus loin vers le Nord.

Pour le prouver, je citerai un fait d'expérience qui a été constaté sur tous ces fleuves ; ce fait est la tendance constante que montrent les eaux de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin à se détourner de plus en plus vers l'Ouest.

Il est remarquable d'abord que ces trois fleuves ont leur cours général dirigé vers le Nord, et que tous trois, en suivant ce cours, devraient se décharger sur la côte septentrionale des Pays-Bas, tandis que tous trois se retournent à angle droit sur leur direction générale pour se jeter dans la mer dans le sens de l'Est à l'Ouest.

Il est remarquable en second lieu que cette déviation n'est motivée par aucun accident de terrain, mais qu'au contraire la déviation, qui n'avait pas eu lieu tant que les fleuves coulaient sur des terrains accidentés, commence précisément quand leur cours rencontre des terrains absolument plats où rien, ce semble, n'aurait dû les porter à changer de direction.

Mais voici qui est plus significatif encore : l'Escaut du temps de Ptolémée n'avait pas d'embouchure particulière, et se jetait au témoignage de César, dans la Meuse qui elle-même se déchargeait dans la mer par le bras de mer qui conserve son nom : successive-

ment nous voyons l'Escaut se séparer de la Meuse pour se détourner vers l'Ouest; il commence par se faire une embouchure spéciale dans ce qui est aujourd'hui l'Escaut Oriental; mais bientôt il abandonne ce bras et se creuse un nouveau lit dans le Hont ou Escaut occidental qui est aujourd'hui sa seule embouchure véritable.

La Meuse suit le même mouvement; elle abandonne son embouchure propre qui aujourd'hui est presque envasée et commence par se jeter dans le Haringvliet; delà elle marche successivement vers l'Ouest, et tend continuellement à gagner l'Escaut Oriental auquel elle se réunit par une dérivation d'abord insignifiante *De Keeten* mais que ses Oots creusent et agrandissent sans cesse de manière qu'aujourd'hui on y trouve jusqu'à 25 mètres d'eau.

Le Rhin à son tour, après avoir selon toutes les probabilités abandonné une première fois son cours vers le Nord que Drusus n'a fait que lui rouvrir, et s'être jeté vers l'Ouest dans la Meuse par le Waal; le Rhin après avoir abandonné successivement toutes les branches par lesquelles il parcourait les deux Hollandes, se confond ensuite tellement avec la Meuse qu'il perd jusqu'à son nom. Ne se bornant pas là, il rompt ses digues en amont de Dordrecht, creuse le Biesbosch et entraîne avec lui la Meuse dans le Hollands-Diep.

Si pendant les temps historiques, quand toute la surface du pays est habitée, nous voyons cette tendance de nos fleuves se manifester d'une manière si énergique, quels effets n'a-t-elle pas dû produire antérieurement à l'invasion romaine lorsqu'apparemment tout était désert et inhabité? N'est-il donc pas bien naturel d'admettre que primitivement les trois fleuves se dirigeaient vers le Nord, et que leurs embouchures, dont la plus méridionale du temps de Ptolémée ne dépassait pas encore Hellevoetsluis, devaient être cherchées sous une plus haute latitude, c'est-à-dire en des endroits de la côte où la marée ne produisait que de faibles oscillations.

Ainsi disparaîtrait une des plus fortes objections que l'on puisse éléver contre l'existence des îles d'eau douce le long de la mer du Nord.

Il resterait à rendre compte de la manière dont la végétation aurait pu s'établir dans les lacs dont la profondeur atteignait 4 à 6 mètres.

Je vais essayer de le faire, et l'explication que je donnerai sera peut-être de nature à jeter un grand jour sur la difficulté que je viens d'examiner, et à éclairer les points obscurs qu'elle peut avoir laissés dans la discussion qui nous occupe.



§ 24. De la manière dont la végétation a pu s'établir dans les lacs.

Je crois qu'il est difficile d'admettre qu'à la profondeur de 4 à 6 mètres sous l'eau la végétation puisse avoir lieu; il faudrait donc recourir pour expliquer la présence de la tourbe dans les endroits les plus profonds des anciens lacs, à des dépôts d'une matière végétale qui aurait pris naissance en des endroits moins profonds et que les eaux auraient enlevée pour l'amener là où elle ne pouvait pas se produire naturellement.

Cette explication n'est pas dénuée de vraisemblance, et elle suffisrait à rendre compte de la formation de la tourbe proprement dite, mais elle ne peut être d'aucune utilité pour résoudre une autre difficulté qui serait de nature à mettre en doute l'existence même des lacs d'eau douce le long de la mer du Nord. Je veux parler des arbres que l'on trouve dans le fond de la tourbe dans une position verticale et avec leurs racines encore implantées dans le sol dans une situation qui démontre qu'ils ont végété à l'endroit même où on les rencontre. Il est évident que ces arbres n'ont pu ni prendre naissance ni se développer dans une profondeur d'eau de 4 à 6 mètres.

Je hasarderai à ce sujet une explication que je crois nouvelle, car personne que je sache ne l'a mise en avant.

Il est un phénomène qui se présente assez fréquemment de nos jours, mais sur une échelle peu étendue, et qui peut avoir eu à des époques antérieures des proportions considérables. Je veux parler des Iles Flottantes.

Donnons quelques détails sur ce phénomène.

Nous lisons dans le Précis de géographie universelle de Malte-Brun:

» Les îles flottantes sont tout simplement des terrains d'une
» nature tourbeuse, mais très légère, quelquefois seulement tissus
» de roseaux et de racines d'arbres; après avoir été minés par les
» eaux, ils se détachent du rivage et à cause de leur grande éten-
» due jointe à une épaisseur très mince, ils restent suspendus et
» flottants à la surface des eaux. Le charmant lac Lomond en
» Ecosse doit contenir quelquesunes de ces îles flottantes qui,
» en général, paraissent ne pas être rares en Ecosse et en Irlande.
» Près de St. Omer, dans le ci-devant Artois, un petit lac est cou-
» vert d'îlots semblables. Les Lagunes de Comacchio en offrent un
» grand nombre; les plus considérables qu'on cite sont celles du
» lac de Gerdau en Prusse qui servaient de paturage à un troupeau
» de 100 têtes, et celle du lac Kolk au pays d'Osnabrück couverte
» de très beaux ormes (livre 32.).

» Les îles flottantes peuvent avoir influé sur la formation du glo-
» be. Celles que Pline et Sénèque virent flotter dans les lacs de
» Bolsena, de Bressanello et d'autres, sont devenues fixes. L'Ost-
» frise renferme un lac souterrain qui paraît avoir été couvert d'îles
» flottantes, qui successivement réunies, ont fini par former une
» croûte solide. (*Ibid.*)

» Les terrains tourbeux suspendus sur l'eau, s'effaissent sous le
» poids des forêts, des maisons et des habitants. L'Irlande voit
» tous les ans le nombre de ses lacs s'accroître par l'enfoncement
» des tourbières. C'est à ces enfoncements que les forêts souterrai-
» nes, du moins en partie, doivent leur origine, il y en a, comme
» sur les côtes de Lincoln qui sont formées conjointement par l'affa-
» issement des côtes marécageuses, et par d'anciennes invasions
» de la mer. Mais pour la plupart elles se rencontrent dans les
» tourbières; ainsi dans l'île de Man, il se trouve au milieu d'un
» marais à 20 pieds de profondeur des sapins encore sur leurs raci-
» cines. Au village de Hatfield dans le comté d'York on voit des
» arbres qui ont à côté d'eux leurs noix et leurs glands. La

» Holland, la Suisse, la France, offrent d'autres faits semblables;
» mais c'est la Suède qui nous fournit l'exemple le plus curieux :
» près d'Asarp en Westrogothie il y a deux tourbières composées
» d'un limon épais et d'une tourbe légère ; on y voit une grande
» quantité de troncs et de racines qu'on enlève tous les ans pour s'en
» servir en guise de combustible ; l'année suivante on en trouve
» encore la même quantité, ce qui provient sans doute d'un im-
» mense amas d'arbres ensevelis dans cette tourbière, et que le
» dégel annuel soulève. (Livre 40.)

» Nous avons parlé des lacs souterrains et entre autres de ce-
» lui de l'Ost-Frise, qui était à découvert dans le 12^e siècle; peu
» à peu il s'est formé à sa surface une croûte de matières tourbeuses
» et limoneuses qui à leur tour se sont recouvertes de terres végétales.
» Aujourd'hui cette croûte est assez forte pour qu'on passe en voiture
» dessus, et pour qu'on y laboure, sème et moissonne. Cependant
» les habitants y font des trous de deux à quatre pieds de profon-
» deur pour trouver l'eau qui leur sert à rouir leur lin. Il existe
» probablement un lac souterrain près de Narbonne dans le territoire
» de Livière. On y voit cinq gouffres nommés les Oeliols, d'une
» profondeur extraordinaire et remplis de poissons; la terre qui les
» environne tremble sous les pas des paysans hardis que la pêche y
» attire. (Ibid)

» Les îles flottantes sont un phénomène assez commun dans les
» lacs de la Pologne. Les Polonais les appellent *Pliques de lacs*, et ce
» sont en effet des tissus de racines d'herbes, semblables à la plique
» des cheveux. (Liv. 97) »

Si nous appliquons les données que nous fournit ainsi l'histoire naturelle moderne à l'explication des faits anciens dont le résultat seul nous est resté, mais dont le mode d'existence nous est inconnu, nous trouvons que les lacs situés le long de la mer du Nord, ont pu se couvrir d'une couche de végétation flottante analogue à celle des divers terrains que l'on voit encore aujourd'hui suspendus à la surface des eaux.

Le premier tissu de cette végétation aura pu se former des débris végétaux de toute espèce que les fleuves ont dû amener continuellement dans les lacs : racines, feuilles, branches, roseaux, joncs, herbes de toute sorte que devaient fournir en abondance les contrées sauvages et inhabitées que ces fleuves rencontraient partout à cette époque sur leur passage. Cette première couche combinée avec quelques dépôts limoneux a pu servir de base à une végétation aquatique dont les débris auront contribué à augmenter l'épaisseur de la couche. Insensiblement l'épaisseur se sera accrue en vertu de la même action : la végétation sera nécessairement devenue moins aquatique et plus terrestre, enfin des arbres y auront poussé. Toutes ces actions, qu'on le remarque bien, ne peuvent sous le rapport de leur possibilité, donner lieu à aucune objection réelle, car leur supposition n'est basée que sur des faits positifs que nous voyons se produire aujourd'hui sous nos yeux dans les îles flottantes modernes.

Si l'on suppose ultérieurement que la végétation ait continué à amonceler ses débris sur cette couche flottante, et que les particules limoneuses charriées par les fleuves soient venues l'alimenter de la terre nécessaire à cette végétation croissante, on s'expliquera que la couche ait atteint et même dépassé l'épaisseur que nous trouvons aujourd'hui à la tourbe enfouie sur nos côtes. Les arbres, nés dès les premiers temps de la formation de la couche flottante, auront vu nécessairement le sol de celle-ci s'exhausser autour de leur tronc, tandis que leurs racines pénétraient jusqu'à la surface inférieure de la couche, et que leurs branches et leurs feuillages s'étendaient sans cesse dans les airs. Insensiblement la charge qui avait à supporter notre couche flottante, sera devenue de plus en plus pesante, la couche se sera enfouie de plus en plus dans les eaux, et un jour elle se sera trouvée immergée tout entière au fond des lacs. Ici encore une fois l'effet que je suppose, à son analogue bien caractérisé dans les exemples cités par Malte-Brun de terrains tourbeux suspendus sur l'eau, qui s'osloissent success-

sivement sous le poids des forêts, des maisons et des habitants.

Dans cette situation on peut admettre ou bien que la couche avait acquis une épaisseur suffisante pour dépasser le niveau ordinaire de l'eau, et alors le lac aura été transformé en bruyère : ou bien que la couche aura été ensevelie entièrement, et le lac sera devenu un marais. Dans les deux cas, la décomposition ultérieure du dépôt végétal et son tassement naturel, tassement que l'on observe encore aujourd'hui sur toute la surface de la Hollande, en auront réduit insensiblement l'épaisseur, de manière à l'amener au niveau où nous le rencontrons de nos jours.

Nous avons donc sous nos yeux des phénomènes incontestables qui peuvent servir à rendre complètement compte non seulement de la formation de la tourbe, mais encore de toutes les circonstances particulières que nous y remarquons; les traces de végétation aquatique dans sa partie inférieure et de végétation terrestre dans sa partie supérieure; les arbres que l'on y trouve enfouis, et dont les racines atteignent le fond primitif de sable sur lequel la tourbe repose; enfin la profondeur à laquelle ce combustible végétal se rencontre aujourd'hui sous le niveau de la mer.

Mais nous avons même plus que de simples inductions pour appuyer l'explication qui vient d'être donnée de la formation des tourbières. Nous avons le témoignage d'auteurs contemporains qui ont vu et décris le phénomène lui-même qui sert de base à cette explication à savoir les terrains flottants, couverts d'arbres et suspendus à la surface des eaux le long des côtes de la mer du Nord.

Pline raconte dans son Histoire Naturelle XVI, 2, que souvent dans le pays des Cauches, qui habitaient les côtes de la mer entre l'Ems et l'Elbe, des îles flottantes couvertes d'arbres se détachaient du rivage et arrivaient portées par les eaux et poussées par les vents aborder les flottes romaines. Ce phénomène, comme on le voit par les termes mêmes dans lesquels il est rapporté, ne devait pas être rare; il nous montre que le terrain tourbeux dont le sol était formé avait fort bien pu être un jour suspendu tout entier sur les

eaux, aussi bien et même mieux que les parcelles isolées dont Pline fait mention.

Puisque, grâce à ce témoignage de Pline, nous pouvons dire que notre hypothèse est devenue une réalité, puisque nous pouvons affirmer sur la foi de témoins oculaires que la tourbe de nos côtes est le produit d'anciennes végétations flottantes, examinons si nous ne pouvons pas aller plus loin, et trouver dans ce fait la solution des seules difficultés sérieuses que nous ayons encore rencontrées dans notre explication de la formation de nos côtes.

Si la végétation qui a formé nos tourbières était flottante à la surface des eaux, est-il absolument nécessaire de supposer que ces eaux fussent tout à fait douces ? est-il impossible d'admettre que la même végétation ait pu prendre naissance et se développer sur des eaux en parties salées ? Je ne le pense pas.

Les lacs quel que fût leur genre de communication avec la mer devait contenir des eaux tout au plus saumâtres, mais jamais entièrement salées. La grande masse des eaux intérieures qui s'y jetaient ne pouvaient le permettre, et l'exemple de ce qui se passe encore aujourd'hui dans des cas analogues, ne laisse à cet égard aucun doute.

Si donc à la surface de ces eaux saumâtres, des débris de plantes mêlés de particules limoneuses sont venus former une première couche flottante de sol végétal capable d'entretenir la vie, faut-il croire que cette couche, fertile comme elle était, en contact avec l'atmosphère, et arrosée en-dessus par les eaux de pluie devait être impropre à la végétation uniquement parce qu'elle était humectée en-dessous par les eaux saumâtres ? Rien ne doit le faire supposer. Dans les prairies si fertiles de nos polders, et à plus forte raison dans les alluvions non indiguées, la végétation est extrêmement énergique dans un sol saturé des sels de l'eau de mer et inondé d'eau salé à des périodes peu éloignées ; cette végétation se continue jusque contre la surface des eaux salées dont les rigoles d'écoulement sont presque continuellement remplies. Bien plus, les roseaux croissent avec la

plus grande énergie dans les alluvions vaseuses que la marée vient régulièrement recouvrir deux fois par jour de plusieurs pieds d'eau salée.

Les faits qui se passent ainsi journellement sous nos yeux nous autorisent donc à admettre comme très probable la supposition que les lacs situés le long de la mer du Nord, étaient capables d'entretenir une végétation flottante, tout en étant remplis d'eaux partiellement salées.

Mais je n'ai pas voulu me contenter de cette seule preuve d'analogie : j'ai cherché par des expériences directes à constater qu'une couche de terre végétale flottant à la surface d'une eau salée au même degré que nos lacs, demeurait capable d'entretenir la végétation.

J'ai à cet effet, enlevé une couche de gazon épaisse de quelques centimètres dans une prairie alluvionnaire des bord de l'Escaut. Je l'ai posée sur une planche flottant à la surface d'une eau que j'avais chargée artificiellement des sels qui se trouvent dans l'eau de mer. L'épaisseur presque entière du gazon plongeait dans l'eau à laquelle j'avais donné le même degré de salure que celui des eaux du Zoider-see d'après les analyses de ces eaux que je communiquerai plus loin. Le gazon ainsi immergé partiellement resta exposé à l'air pour y recevoir les différentes actions de la pluie, du vent et du soleil pendant plusieurs mois, et il continua à vivre comme s'il fut resté attaché au sol d'où je l'avais enlevé.

Mon hypothèse me paraît donc pleinement justifiée par cette expérience, et la seule difficulté sérieuse que puisse présenter la supposition des lacs sur le littoral primitif de la mer du Nord disparaît complètement.

§ 25. Résumé du système de mon père avec les développements dont il est susceptible.

Et maintenant, si nous résumons les idées de mon père sur l'ensemble des faits qui ont pu amener la formation des couches de tourbe et de glaise dont notre plaine maritime est recouverte, et si nous combinons ces idées avec les résultats des discussions qui précédent, nous arrivons aux conclusions suivantes.

Que la plaine maritime horizontale ayant été formée par voie d'atterrissement le long des côtes de la mer du Nord, la lisière extrême de cette plaine du côté de la mer s'est trouvée asséchée, laissant sous les eaux les parties plus rapprochées de la terre ferme, qui ont constitué ainsi d'immenses nappes d'eau séparées de l'Océan par des bandes de terre longues et étroites.

Que l'assèchement de ces bandes de terre s'est effectué soit à cause d'une baisse survenue dans le niveau des eaux par suite d'un événement brusque, tel que la formation du Pas-de-Calais, soit uniquement par la marche naturelle du travail d'atterrissement qui montre dans tous les cas analogues une tendance marquée à produire le même résultat.

Que les lacs ainsi formés sont restés en communication avec la mer par des canaux donnant issue aux eaux supérieures des veuves qui venaient se décharger dans ces lacs.

Que ces lacs se sont couverts d'une végétation analogue à celle des îles flottantes que nous voyons aujourd'hui suspendues à la surface de plusieurs eaux intérieures; que cette végétation a crû successivement en épaisseur, s'est couverte d'arbres, et finalement est descendue par son propre poids jusqu'au fond des lacs.

Qu'à la suite de ces actions les lacs se seront trouvés transformés selon les localités, soit en bruyères, soit en marais, suivant que la couche de végétation flottante avait acquis une épaisseur suffisante pour dépasser ou ne pas dépasser le niveau des lacs qui devait différer fort peu du niveau moyen de la mer.

Que les terrains tourbeux formés ainsi, sont devenus habitables dans les parties qui s'élevaient au-dessus des eaux, et que des habitants s'y sont en effet établis et nous ont laissé des traces de leur séjour dans les médailles, les vases, les restes de constructions etc. que nous rencontrons dans la tourbe.

Que pendant ce temps la mer faisait subir aux langues de terre qui la séparaient des lacs une érosion continue dont l'effet fut d'en diminuer de plus en plus la largeur, et de réduire en conséquence le développement des canaux par lesquels la mer communiquait avec les lacs.

Que de cette manière l'influence de la différence de niveau entre les lacs et la mer se faisant sentir de plus en plus, ces lacs ou plutôt les marais et les bruyères qui les avaient remplacés devinrent de plus en plus soumis aux oscillations de la marée.

Qu'alors la mer commençant à se repondre sur la tourbe, y produisit des dépôts de vase, d'abord faibles à raison du peu de hauteur de l'inondation, en suite de plus en plus considérables à mesure que la mer entrant plus librement versait plus d'eau sur le terrain.

Qu'en même temps que la hauteur de l'inondation augmentait, le terrain tourbeux de son côté s'affaissait, de sorte que ces deux actions, en s'aidant l'une l'autre, finirent par faire passer sous les eaux ce terrain tout entier.

Que les dépôts de vase, en s'accumulant continuellement donnèrent naissance à la couche d'alluvion glaiseuse dont la tourbe est aujourd'hui recouverte, et d'où la main de l'homme finit par chasser la mer au moyen d'endiguements successifs.

Il reste une circonstance dont je n'ai pas encore parlé et qui

pourrait paraître de nature à soulever de graves difficultés. C'est celle des traces d'industrie humaine trouvées jusque dans le fond de sable sur lequel la tourbe repose. Comment expliquer le marteau en fer trouvé à un pied plus bas que la tourbe en Zélande, et les planches de chêne travaillées que l'on rencontra à 21 pieds sous le sol dans la province de Groningue ?

A première vue ces deux faits semblent d'une grande importance, et inconciliables non seulement avec les opinions que je suis occupé à développer sur la formation de nos terrains, mais encore avec tout autre système précédemment proposé. Ils sembleraient prouver en effet que des êtres humains auraient habité le sol de notre plaine d'atténissement à plus de 20 pieds plus bas que notre sol actuel déjà si déprimé.

Il me paraît incontestable cependant que ces deux circonstances isolées ne prouvent rien, et c'est par ce motif que j'ai cru préférable de ne pas en embarrasser la discussion précédente, et de les traiter seules et d'une manière spéciale à la fin.

Si des hommes avaient habité l'une ou l'autre couche inférieure de notre massif d'atténissement, ce ne seraient pas un marteau ni des planches, mais des restes de construction, des poteries, des ustensiles qui pourraient prouver ce séjour. Mais que l'on trouve un marteau enfoncé à un pied sous la tourbe en Zélande, c'est-à-dire enfoncé d'un pied dans la vase qui formait apparemment le fond des lacs d'eau douce, qu'est ce que cela prouve, sinon que des êtres humains ont navigué sur les lacs avant que ceux-ci fussent couverts de végétation flottante, ou qu'ils se sont aventurés sur cette végétation flottante avant qu'elle fût devenue fixe et qu'un marteau est tombé au travers de la couche, soit par une crevasse naturelle, soit par un trou qu'eux mêmes y avaient creusé, soit de toute autre manière qu'il est facile d'imaginer? Peut-on tirer des conclusions plus positives du fait des planches déterrées dans la province de Groningue ? Evidemment non. Ce fait peut s'expliquer exactement de la même manière que le précédent ; les planches rendues plus pesan-

tes par l'un ou l'autre corps lourd qui y était fixé, des ferrures ou autre chose, se seront enfoncées dans le sable mêlé de coquillages qui formait le fond peu consistant des lacs en cet endroit, et l'expérience de tous les jours nous montre sur le bord de la mer avec quelle rapidité les corps pesants déposés sur le sable de la grève s'y enfoncent par la simple trépidation que le mouvement des eaux leur fait éprouver. Il est à remarquer d'ailleurs que l'endroit où les planches en question ont été trouvées, était peu éloigné du terrain élevé qui borde la plaine d'atterrissement. Ce terrain pouvait fort bien être habité pendant que l'atterrissement se formait, et qu'y aurait-il d'étonnant dans ce cas de retrouver parmi les dépôts de terre, de sable, ou d'argile qui constituent l'atterrissement et qui sont venus des hauteurs, des objets que la même cause aurait enlevés en même temps des mêmes hauteurs ?

Il n'y a donc rien de sérieux à conclure ni pour ni contre la théorie précédente des traces d'industrie humaine que l'on a trouvées à différentes profondeurs sous notre sol actuel.

Je pourrais donc terminer ici ce que j'ai à dire de la formation géologique de nos côtes; mais je crois que la discussion de ce point ne serait pas complète si je ne faisais connaître en même temps les opinions de certains savants qui en Allemagne et en Hollande se sont occupés de la même question.

Il me paraît en conséquence nécessaire d'analyser ici ce qui a été dit ailleurs sur le sujet qui nous occupe, d'examiner la valeur des explications qui ont été proposées, et d'en tirer autant que possible des conclusions utiles.

§ 46. Opinions de certains savants sur le même sujet. —
Fr. Arends.

Dans le but d'échapper à toutes les difficultés qui, comme on l'a vu par les discussions précédentes, naissent de la comparaison des niveaux entre la mer actuelle et les formations d'eau douce de notre littoral, les savants dont il s'agit ont presque tous cru devoir recourir à des changements successifs dans le niveau de la mer du Nord.

J'ai déjà eu souvent l'occasion de citer l'ouvrage de Fr. Arends sur l'histoire physique des côtes de la mer du Nord, et j'ai fait connaître plusieurs de ses idées sur la formation de nos terrains. Cet auteur étant parmi tous les autres celui qui a traité le sujet avec le plus d'ensemble, je commencerai par exposer et discuter ses opinions ; après quoi je tâcherai de faire de même pour les idées beaucoup moins complètes et moins coordonnées des autres savants.

La manière de voir de Fr. Arends se rapproche en beaucoup de points de celle de mon père, et sous ce rapport elle donne lieu aux mêmes objections et exigerait par conséquent d'être complétée par les mêmes développements.

Les opinions de cet auteur, en ce qui concerne les causes générales qui ont concouru à la formation des terrains, ne sont pas exposées avec beaucoup de clarté; ce n'est qu'en passant et d'une manière incidente qu'il émet ses idées sur ce qu'il y a de plus intéressant à connaître dans ces causes.

C'est ainsi qu'il faut pour ainsi dire deviner par quelque mots qui lui échappent dans son chap. II (pag. 29, tome I de la traduction

de Westerhoff) qu'il attribue à l'atténissement la formation du sol entier de notre plaine maritime, opinion que j'ai déjà eu occasion de citer plus haut § 5. De même toutes ses idées sur la formation de la couche de tourbe sont exposées, du moins en ce qui concerne les causes d'ensemble, dans quelques lignes du chap. IV (page 112) Sur d'autres points il est tout aussi peu explicite, ainsi que je le ferai voir tout à l'heure.

Voici du reste l'exposé des principales idées de Fr. Arends sur la formation du territoire en question.

J'ai déjà indiqué précédemment § 5, que Arends suppose, ainsi que l'avait fait avant lui l'Abbé Mann, que la mer avait couvert à la même époque tout le Nord-Ouest des Pays-Bas, et le Nord de l'Allemagne et de la Pologne jusqu'aux plateaux élevés de la Russie. La mer se retira de dessus ces terrains et s'arrêta à la ligne formée par les premières éminences que l'on rencontre aujourd'hui le long du littoral et qui bordent notre plaine maritime du côté du continent. A cette époque des atténissements commencèrent à se former le long de la nouvelle côte et firent successivement reculer la mer à une plus grande distance de celle-ci. C'est de cette manière que notre plaine maritime prit naissance.

Quant à la couche de tourbe dont elle est surmontée sur la plus grande partie de sa surface, l'auteur admet qu'elle s'est formée dans des lacs d'eau douce situés le long de la mer du Nord, et séparés de cette mer par des rangées de dunes; il croit que ces lacs étaient en communication avec la mer par des pertuis de peu de largeur et ressemblaient en général aux lacs qui se trouvent le long des côtes de la Prusse et de la Pologne sur la Baltique. Quant à la manière dont les dunes et les bandes de terre qui devaient leur servir de base ont pu prendre naissance, il en parle au Chap. III (pag. 52 et 53) mais il est difficile de démêler exactement ce qu'il en pense. Il dit que la mer en se retirant brusquement de l'étendue immense de terrain qu'elle couvrait jusqu'au pied des hauteurs de la Picardie, de la Westphalie, du Harz, du Riesen gebirge etc., descendit

au niveau qu'elle occupe maintenant, et que ce mouvement eut apparemment pour conséquence la formation d'une ligne de bancs de sable le long de la nouvelle côte et à une grande distance de celle-ci. Ces bancs devaient être à sec, soit dès l'origine, soit à la suite d'accroissements postérieurs. L'action du vent sur leur surface aride suffisait dès lors pour donner naissance à des dunes.

Je ne comprends pas bien comment cette explication est conciliable avec l'idée que l'auteur se fait de la formation de la plaine par voie d'atténissement; car il est évident que suivant cette idée, la plaine ne pouvait pas exister au moment de la brusque retraite de la mer, mais qu'il a fallu au contraire des siècles pour qu'elle pût se former; or si la plaine n'existe pas, comment la mer en se retirant pouvait elle former une ligne de bancs le long de cette plaine, en des endroits où il y avait une profondeur de 2 à 3 cents pieds d'eau? Autant vaudrait alors attribuer à la même action la formation de la plaine tout entière, et n'y voir qu'un brusque dépôt dû à la retraite subite de la mer.

L'auteur lui-même n'est pas satisfait de cette explication. A la page suivante, il paraît attribuer la formation des langues de terre en avant de la plaine, tout comme la formation de la plaine elle-même à l'action lente et successive de l'atténissement.

Enfin à la page 56, l'auteur indique qu'il n'est pas impossible que la côte ait été primitivement longée par une enceinte de roches sablonneuses qui, en se décomposant à l'air, se seraient transformées en dunes; il ne dit pas comment cette ligne de roches s'est formée, si elle est une suite de l'atténissement, si au contraire elle existait avant cet atténissement, et dans ce cas comment elle reposait sur le fond d'une mer de plus de 200 pieds de profondeur sans avoir laissé le moindre vestige de l'énorme base qu'elle devait y occuper.

Quoiqu'il en soit, Fr. Arends admet comme prouvée l'existence de langues de terre, séparant de la mer une série de lacs d'eau douce dans lesquels la tourbe a pu se former.

Quant à la difficulté de concevoir comment ces lacs, en communication directe avec la mer pouvaient rester lacs d'eau douce, en présence des oscillations considérables de la marée sur nos côtes, difficulté que j'ai exposée plus haut en grand détail, l'auteur n'en parle pas. Il ne dit rien non plus de la profondeur d'eau dans les lacs et de la difficulté d'expliquer la végétation qui s'y serait produite. Il paraît avoir été plus frappé d'une autre difficulté dont j'ai également traité plus haut, à savoir de la grande différence de niveau qui s'observe entre la mer actuelle, et le point où l'on retrouve les débris d'une végétation d'eau douce, et même les restes de racines et de troncs d'arbres ; cependant ce n'est encore qu'en passant qu'il indique cette difficulté pag. 54, et il l'explique dans des termes assez dubitatifs en disant « qu'il suffirait d'admettre que l'un ou l'autre événement de la nature ait fait de nouveau monter le niveau de la mer de quelques brasses » depuis sa retraite.

Ces abaissements et ses relèvements successifs de la mer sont certainement très commodes pour expliquer bien des choses, d'autant plus que quand on se dispense de leur assigner aucune cause, on n'est pas embarrassé de les multiplier autant qu'on veut. Mais il ne faut pourtant pas en abuser, or Fr. Arends me paraît tomber dans cet excès quand il admet.

1° Un abaissement de la mer qui mit à sec le lit de la mer du Nord et de la Baltique. (pag. 23.)

2° Un gonflement considérable qui met sous les eaux la plus grande partie des Pays-Bas, le Nord de l'Allemagne, le Danemark, et une partie de la Norvège, de la Suède et de la Russie jusqu'aux hauteurs de la Picardie au midi et des plateaux centraux de la Russie au Nord, en passant par le Hörz, le Erzgebirge et le Riesengebirge (pag. 24.)

3° Un second abaissement qui mit à sec une grande partie des pays que l'inondation précédente avait submergés, et qui aidé plus tard d'un long travail d'atténissement, donna naissance aux contrées du littoral. (pag. 28.)

4° Enfin un second relèvement de la mer nécessaire pour expliquer l'ensouissement de la tourbe et des arbres fossiles à la profondeur où nous les trouvons. (pag. 55.)

Je dirai à cet égard comme son traducteur (pag. 345 Tom. II, notes) que je n'aime pas à voir l'auteur « si prodigue de révolutions, et toujours prêt à faire monter ou descendre la mer au gré de sa fantaisie. »

Telles sont les opinions de Fr. Arends sur le sujet qui nous occupe, et les objections principales auxquelles elles donnent lieu. L'ouvrage de ce savant, malgré le peu de développements qu'on y trouve sur les grandes causes qui ont agi dans la formation de nos terrains, est cependant encore le plus complet qui existe sur cette question, de manière qu'il ne faut pas s'attendre à trouver chez d'autres auteurs Allemands ou Néerlandais, un ensemble d'idées plus satisfaisant et mieux coordonné. Comme le dit son traducteur, le Dr. Westerhoff, dans l'avertissement en tête du 1^{er} volume ; « le
» peu que l'on possède concernant la formation, la situation pri-
» mitive, et la transformation successive du sol de notre patrie, ne
» consiste qu'en fragments, en notes éparses et de peu d'étendue,
» dont la plupart sont marqués au coin de l'inexactitude, et
» témoignent du défaut de connaissances de leurs auteurs. Per-
» sonne jusqu'ici n'a entrepris de nous donner à cet égard un
» travail d'ensemble tant soit peu complet. »

§ 27. Opinions d'autres savants Allemands et Néerlandais.

On conçoit donc qu'il est fort difficile de réduire à l'état de système les idées en quelque sorte individuelles qui ont été émises d'une manière isolée par différents savants à propos de questions de détail, et qui en outre se trouvent disséminées dans une multitude de mémoires, d'ouvrages distincts dont aucun ne traite la question *ex professo*.

Si cependant, malgré ces difficultés, on essaie de coordonner entre elles ces différentes idées et de les rassembler dans un cadre unique, on peut à peu près formuler de la manière suivante le système qui en résulte.

Le fond sablonneux, entremêlé de couches d'argile, qui forme le terrain de notre plaine maritime à une grande profondeur, est généralement regardé comme ayant été formé par voie d'attérissement. La surface supérieure de ce terrain devait, avant la formation de la tourbe, se trouver à peu près de niveau avec la mer ; puisque d'une part la végétation ne pouvait pas se développer à un niveau inférieur à celui des eaux salées, et que d'autre part les débris de plantes aquatiques dont la tourbe est en grande partie formée, prouvent que le terrain était marécageux et par conséquent très bas. Il est probable pour les mêmes raisons que les marées étaient à cette époque peu sensibles sur tout notre littoral.

Cette terre incertaine, dont les flots de la mer et les eaux des fleuves se disputoient la possession, se couvrit successivement d'une végétation aquatique, puis d'une végétation plus terrestre, dont nous retrouvons les vestiges dans la couche de tourbe de nos côtes.

Des arbres y croissent également en grand nombre ; au moins les retrouve-t-on presque partout au fond des tourbières, où pour la plupart il sont renversés dans une direction générale du S. O. au N. E.

Cet état de choses fut brusquement bouleversé par un événement violent, la surface primitive du sol qui se trouvait au niveau de la mer, est ensongée aujourd'hui de plus de 6 mètres sous ce niveau la végétation d'eau douce et la végétation terrestre qui vint après, furent recouvertes d'une alluvion évidemment marine, et l'on peut insérer de ces divers faits que le niveau de la mer a dû subitement s'élèver, que l'inondation qui en a été la suite ; à dû renverser les arbres que l'on trouve couchés dans les tourbières, et qu'à en juger par la direction générale qu'affectent ces arbres fossiles, les eaux de l'inondation ont dû venir du Sud-Ouest.

On peut donc admettre comme très probable que tout ce cataclysme est une suite de la séparation violente qui s'est opérée à une époque encore inconnue entre la Grande-Bretagne et le continent.

A la suite de cette catastrophe, le niveau des marées dans la mer du Nord s'éleva de plusieurs mètres. Les rives unies et compactes, depuis la pointe du Helder jusqu'à l'embouchure de la Meuse, résistèrent à cette élévation du niveau des eaux, mais au Sud de l'embouchure de la Meuse, les côtes divisées par une multitude de criques ne purent s'opposer à l'invasion de la mer qui submergea tout le Pays. Les terrains de la Zélande, de la Flandre et de la partie Sud de la Hollande méridionale se recouvrirent d'une couche de limon déposée par les eaux de la mer. La même chose arriva aux polders maritimes des côtes septentrionales des Pays-Bas et de l'Allemagne. Quant aux terrains de la Hollande et de la province d'Utrecht, ils demeurèrent à l'abri de l'invasion de la mer et furent : ou bien conservés sans modifications et soustraits à l'action des eaux extérieures par des digues insubmersibles, comme les polders du Waterland et du Krimpener Waard; ou bien recouverts du limon des fleuves et des

§ 28. Discussion des opinions précédentes.

Il est assez curieux de voir le rôle que joue dans presque tous les systèmes de formation de nos terrains la rupture de ce qui est aujourd'hui le Pas-de-Calais. C'est la selle à tous chevaux. Tantôt elle doit expliquer l'abaissement de la mer, tantôt elle doit en expliquer l'exhaussement; celui-ci y voit une cause d'augmentation dans l'amplitude des marées, celui-là au contraire y voit une cause de diminution; pour les uns, il faut y voir la cause d'une inondation, pour les autres, c'est elle qui a mis à sec une grande partie du littoral. Tellement il est vrai que, comme je l'ai déjà dit précédemment, personne ne s'était encore rendu un compte exact des effets réels et possibles de la rupture en question.

J'ai fait voir, je crois, d'une manière certaine que la séparation violente de la Grande Bretagne et du continent a bien pu occasionner une dépression dans les eaux de la mer du Nord, mais qu'il est impossible qu'elle ait pu y produire une élévation de niveau; qu'elle a bien pu y diminuer l'amplitude des oscillations de la marée, mais qu'il est impossible qu'elle l'ait augmentée.

D'ailleurs la formation du Pas-de-Calais est un événement qui se perd dans la nuit des temps et qui est antérieur par conséquent à toutes les relations historiques que nous possédons. Il y a donc au moins 2500 ans qu'il a dû se passer; or l'endiguement de nos polders ne date que de 5 à 6 siècles. Il faudrait donc en conclure que pendant 20 siècles ces terrains ont été soumis aux inondations de la marée, qui y versait deux fois par jour de 3 à 6 mètres d'eau. Quelle puissante couche d'alluvion une pareille hauteur d'eau n'était-elle pas capable de produire pendant 20 siècles, quand on

songe qu'aujourd'hui dans les mêmes circonstances, il se dépose en une année une couche de vase de plus d'un pied d'épaisseur ! Ne devrions-nous pas trouver aujourd'hui notre littoral exhaussé par les seuls envasemens de la mer jusqu'à la hauteur la plus considérable à laquelle les marées les plus fortes aient jamais pu atteindre ? et au contraire que voyons-nous ? Un terrain presque partout à 2 mètres en dessous des marées hautes ordinaires, c'est-à-dire à 5 mètres au moins au-dessous des plus hautes marées connues.

On dira peut-être que l'exhaussement du niveau de la mer a eu lieu lentement et par degrés insensibles, et qu'il s'est continué même depuis les temps historiques. Je répondrai que c'est là une supposition purement gratuite, qui n'est appuyée d'aucune preuve, et à laquelle on ne peut assigner aucune espèce de cause admissible, que par conséquent il est impossible d'en faire une hypothèse scientifique. Mais il y a plus ; elle est contredite directement par des raisons positives, que mon père a indiquées dans son Mémoire. Au moins paraît-il prouvé que depuis 8 à 9 siècles la mer n'a pas changé de niveau, puis qu'une source située au bord de la mer dans le pays de Galles se trouve encore aujourd'hui n'être accessible que par les plus basses marées, tout comme elle l'était au 10^{me} siècle. (Journal de physique Tom. I, 1777.)

Ce n'est donc pas depuis le 10^{me} siècle que l'exhaussement de la mer a eu lieu.

Ce ne peut pas être non plus avant ni pendant la domination Romaine, car à cette époque, notre littoral était habité, circonstance qui est inconciliable avec l'idée d'un pays situé à 2 mètres sous la marée haute, au moins si l'on tient compte des ressources de la civilisation dans notre pays à cette époque. D'ailleurs la tourbe était encore à nu à cette époque, et même apparemment plus tard, comme mon père l'a démontré par plusieurs raisons dans ses deux Mémoires.

Ce serait donc entre le 5^{me} et le 10^{me} siècle que la mer, sans cause connue aurait dû s'élever d'une manière, insensible, et cependant

d'une quantité considérable. C'est-là, il faut l'avouer, une solution peu satisfaisante aux difficultés de la question.

Il reste il est vrai une ressource qui a déjà été indiquée par quelques uns des auteurs dont je discute ici les opinions, mais d'une manière aussi vague que les autres explications qu'ils ont mises en avant.



§ 29. De l'affaissement des terrains du littoral.

Le niveau de l'Océan n'a pas baissé depuis les temps historiques, ce fait paraît incontestable ; mais un autre fait non moins incontestable, c'est que le sol de notre littoral montre une tendance marquée à s'affaisser. J'ai déjà eu occasion plus haut, § 8, de signaler d'une manière générale les faits qui la démontrent, et les résultats qu'elle a produits. J'ajouterai ici quelques détails qui permettront d'apprecier plus exactement la mesure de cette action.

En 1452, les premiers moulins d'épuisement furent employés à Enkhuizen : les eaux pluviales qui jusque là avaient pu s'écouler naturellement dans la mer à marée basse, se trouvaient dès lors retenues en dessous de ce niveau, et il fallut recourir à des moyens artificiels pour les éléver au-dessus de leur niveau habituel. Le mouvement de descente ne s'arrêta pas là. En 1616, on avait constaté un nouvel abaissement de 5 pieds 4 1/4 pouces d'Amsterdam (1^{er} 525) en 164 ans, ce qui fait près d'un centimètre par an. En 1732, ou 116 ans plus tard, l'affaissement avait augmenté de 1 pied 1 pouce (0^{er} 31) et le mouvement ne s'est probablement pas arrêté depuis (L'Epie, Natuurlyke gesteldheid van Noord-Holland, chap. 9.)

En 1608, on endiguua le Wieringerwaard, et pour tenir à sec ce polder qui se trouvait plus bas que la mer, on y établit dès l'abord un système de moulins d'épuisement. En 1731, le terrain s'était tellement affaissé qu'il fallut superposer un second étage de moulins au premier (*Ibid.*).

Examinons à présent si l'affaissement du sol, qui est un fait bien

prouvé le long de notre littoral, peut servir à expliquer les points obscurs du système de formation que nous sommes occupés à discuter.

On admet généralement que ce phénomène est en grande partie dû à la compression de la couche tourbeuse; celle couche, en effet, est éminemment compressible, et la décomposition successive de ses éléments a dû contribuer encore davantage à en diminuer le volume. Il est probable aussi que l'alluvion glaiseuse qui surmonte la tourbe aura diminué d'épaisseur à partir du moment où la main de l'homme l'aura soustraite au contact journalier des eaux de la mer au moyen d'endiguements; car, il est certain que cette couche de terre glaise saturée d'eau a dû éprouver un retrait quelconque quand elle aura été asséchée et exposée à l'action de l'atmosphère.

Malheureusement aucune de ces deux causes ne peut être invoquée ici comme explication de la formation géologique; car l'une des principales difficultés de cette formation git comme je l'ai plus d'une fois montré, dans la grande différence qui se remarque aujourd'hui entre le niveau de la mer, et la surface du terrain sablonneux sur lequel la tourbe repose. Pour pouvoir expliquer par un affaissement du sol une pareille différence de niveau, il faudrait que le terrain sablonneux lui-même se fût affaissé, et il ne sert à rien que les couches supérieures de tourbe et de glaise aient pu descendre en se comprimant.

Il faudrait donc avoir recours à l'affaissement général de tout le massif d'attérissement sur lequel repose notre plaine maritime. Or en l'absence d'aucun fait positif qui constate cet affaissement, quelle preuve d'induction pourrait-on apporter à l'appui d'un pareil phénomène, quand l'expérience de tous les jours nous montre que rien n'est moins compressible qu'une couche de sable qui se dépose au fond de l'eau, quand surtout il n'existe aucun autre exemple d'un affaissement semblable dans des terrains d'attérissement; mais qu'au contraire ces terrains, loin de reculer devant les empiètements de la mer, s'étendent encore continuellement aux dépens de celle-ci ?

Les difficultés de la question, comme on le voit, ne sont donc nullement levées par tout ce qu'il est jusqu'ici possible d'invoquer à l'appui du système que je discute en ce moment.

Cependant, quoique ce système soit jusqu'à présent entièrement dénué de preuves positives, je n'oserais pas le rejeter absolument *à priori*, parce qu'il suffirait que quelques faits nouveaux bien constatés vinssent confirmer les indications vagues que l'on possède aujourd'hui, relativement au mouvement général d'abaissement de notre massif d'atterrissement pour donner à ce système un degré de probabilité approchant de la certitude. Si par exemple on parvenait à découvrir d'une manière certaine des traces d'habitation humaine au-dessous de la tourbe et plus bas que le niveau actuel de la mer, ce fait, qui ne pourrait plus s'expliquer par la compression des couches de tourbe et de glaise, serait une preuve presque décisive en faveur de la compression du massif inférieur de notre atterrissement.



§ 30. Des ruines romaines ensevelies sous la mer.

Les ruines d'édifices romains que l'on dit exister sous la mer en avant de la côte à Katwyk pourraient apparemment donner sur cette question des éclaircissements précieux si tant est, que ce soient réellement des ruines et s'il était possible d'aller les explorer de près et en détail. Mais cet examen devrait être fait avec beaucoup de prudence ; car il ne suffirait évidemment pas de s'assurer que les constructions dont il s'agit reposent sur le fond sablonneux au-dessous de la tourbe, puisqu'il est certain que les Romains étaient assez bons constructeurs pour ne pas fonder leurs édifices sur la tourbe, qui d'après moi devait former le terrain naturel à cette époque, mais qu'ils avaient eu soin de creuser leurs fondations jusqu'au terrain sablonneux et qu'ils étaient assez experts dans l'art des constructions pour ne pas être arrêtés par des difficultés d'épuisement que des fouilles profondes pouvaient leur occasionner dans ce cas.

Il ne suffirait pas non plus de constater que la tourbe n'existe plus au milieu de ces ruines, car rien ne prouverait qu'elle n'a pas pu y exister avant que les courants de la mer l'aient élevée. Il ne suffirait pas même de trouver sur le fond sablonneux des objets ayant évidemment appartenu à la surface de l'ancien sol, tels que des pavements etc., si l'on ne pouvait en même temps donner la certitude que ces objets ne se sont pas enfouis graduellement dans le terrain à mesure que la tourbe sur laquelle ils étaient primitivement posés se délayait et disparaissait sous eux. Enfin la grande profondeur sous le niveau de la mer, à laquelle on retrouverait intactes des portions notables de constructions, telles que

muruilles etc., ne serait pas encore un argument décisif en faveur de l'affaissement du terrain inférieur, car il existe de très-nombreux exemples de constructions descendant ainsi graduellement dans le sol d'une manière uniforme et sans se détraquer. A plus forte raison des parties de construction pourraient-elles le faire, et comme il est certain d'ailleurs que sur les côtes de la Hollande le sable est entraîné continuellement par l'action des courants, on voit que par la seule action érosive de ces courants et sans aucun abaissement réel du sol ces portions d'édifices pourraient se trouver graduellement transportées intactes à des profondeurs de plus en plus grandes sous le niveau des eaux.

J'indique toutes ces objections pour montrer combien il est difficile dans la question qui nous occupe d'arriver à des preuves entièrement concluantes en faveur de l'affaissement général de tout le terrain d'atténissement sur lequel repose notre plaine maritime.

Je ne puis du reste me dispenser d'ajouter que le peu que l'on sait sur les ruines romaines aujourd'hui ensevelies sous la mer prouve beaucoup plus contre que pour l'affaissement général des parties inférieures du terrain d'atténissement.

Le temple de Nehalennia dans l'île de Walcheren était construit sur le terrain tourbeux; il n'avait pas de murs en maçonnerie mais présentait seulement des restes de clôtures en planches, et un pavé en pierres. D'autres pierres couvertes d'inscriptions votives étaient éparses dans la tourbe. (Voyez Smallegange, Chroonyk van Zeeland, pag. 82 et 641.— Engelberts, Aloude staat der vereenigde Nederlanden, 3^e Deel.) Il est donc évident que la tourbe, à l'époque où ce temple a été construit, formait le sol naturel, et l'abaissement du niveau de ce sol peut s'expliquer parfaitement par la seule compression de la tourbe. Je dirai même plus: c'est que l'exemple du temple de Nehalennia tendrait plutôt à prouver que le sol n'a pas baissé en cet endroit. Car, quand on découvrit les ruines, on les trouva sur l'estrand, immédiatement contre le pied extérieur des dunes. Or tous les habitants du littoral savent que l'estrand est la

partie de la côte comprise entre les plus basses et les plus hautes marées, et que le pied des dunes est toujours plus élevé que les marées hautes ordinaires. La situation dans laquelle les ruines du temple ont été trouvées prouverait donc plutôt que le terrain n'a pas dû s'abaisser puisque j'ai fait voir que la surface primitive de la tourbe dans les lacs pouvoit fort bien ne pas dépasser le niveau moyen de la mer, même après qu'elle eût cessé d'être flottante. Dans tous les cas, il est certain que l'abaissement du terrain n'a pas pu être considérable, et comme il est également certain que la tourbe a toujours dû se comprimer plus ou moins, je dis que cette circonstance seule autorise à conclure que le terrain d'atterrissement sous la tourbe n'a pas pu se comprimer du tout, car quelque faible qu'on suppose cette compression, comme elle devait agir sur une couche de terrain de 50 mètres au moins d'épaisseur, il est impossible qu'elle ait donné si peu de résultat que l'on en soit réduit à douter si l'abaissement a eu lieu.

Les ruines de *Brittenburg* ou *Huis te Britten*, *Arch Britannica* vont nous mener je pense à peu près aux mêmes conclusions. Elles furent découvertes en 1520 à un kilomètre environ au N. E. de *Katwyk aan Zee* par des marées très basses. Guichardin, qui écrivait quelques années plus tard, assuré que depuis 200 ans on avait aperçu déjà plusieurs fois les mêmes ruines. Les murailles avaient encore en 1520 huit pieds de haut ; en 1552 leur hauteur s'était réduite à deux pieds ; enfin en 1752 on n'aperçut plus que les pilotes sur lesquels les murailles avaient été bâties. Ces pilotes étaient enfoncés trois par trois dans le sol et le dépassaient d'un demi-pied et plus ; ils étaient déjà fort usés et détruits. Le sol était parsemé de grandes pierres et de mosses tourbeuses détachées par les courants ; il se composait d'une sorte terre argileuse entremêlée de tourbe noire. (Guichardin description des Pays-Bas. — Engelberts Aloude-staat, 4^e deel — Berkhey Natuurlyke Historie van Holland 1^e deel). Comme on le voit, le terrain naturel, à l'époque de la construction de *Brittenburg*, était encore une fois la tourbe.

Les fondations furent évidemment posées plus bas que le sol et construites sur pilotis. Cependant 12 à 15 siècles après la construction, on les découvre encore par les marées très-basses, c'est-à-dire à 2 mètres tout au plus en-dessous du niveau de l'ancien sol. N'est ce pas là une nouvelle preuve que le fond d'altérissement dans lequel les pilotes étaient battus n'avait pas bougé depuis l'époque de la construction ? Que l'on songe que tous les édifices sans exception, à moins d'être fondés sur le roc, s'enfoncent graduellement dans le sol, comme le prouvent les pyramides d'Egypte, tous les temples de l'Egypte, de la Grèce et de l'Italie, et plus près de nous encore les cathédrales du moyen-âge, et l'on sera en droit de s'étonner, non pas que les fondations de Brittenburg n'aient été visibles que par des marées très basses, mais qu'elles se soient ensorcelées si peu sous le poids de l'édifice, qu'on les retrouve aujourd'hui au même niveau à peu près que celui auquel on peut supposer qu'elles ont été établies dès l'abord. Quand à la compression ou à l'affaissement du terrain inférieur, il est évident qu'il ne peut pas en être question sans une contradiction manifeste.

Il me reste à parler des autres ruines que l'on croit exister vers le même endroit de la côte mais à deux ou trois kilomètres plus avant en pleine mer et sous 10 brasses d'eau. On les appelle *Den oude Caljaart*, *den toren van Calla*, ou encore *Calloostoren*. Ces ruines seraient entourées d'arbres fossiles dont on aurait recueilli des fragments de branches, noires et dures comme de l'ébène.

On croit trouver en cet endroit les restes de la tour que Caligula au dire de Suétone fit ériger sur le bord de l'Océan en mémoire d'une victoire supposée sur les Bretons. Ce serait donc la même tour que d'autres cherchent à Boulogne sur la Manche et ailleurs encore ! Je dois ajouter qu'à l'exception des branches d'arbres fossiles, on n'a jamais rien retiré du sein de la mer qui puisse donner le moindre éclaircissement sur la nature des ruines dont on soupçonne l'existence ; tout ce que l'on sait à cet égard se réduit au témoignage

des pêcheurs qui au moyen de leurs gasses et de leurs sondes ont cru reconnaître des restes de murailles à 60 pieds de profondeur sous l'eau. De quelle manière ils sont parvenus à s'assurer que c'étaient des murailles bâties de main d'hommes plutôt que des pierres amoncelées par toute autre cause, ou les *Anfractuosités* naturelles d'une roche quelconque, c'est ce que je n'ai pas pu découvrir. Ceux qui ont fait des sondages dans des eaux courantes savent combien il est difficile, non pas comme ici de tâter en quelque sorte la forme des objets placés au fond de l'eau mais seulement d'obtenir une représentation exacte des inégalités les plus saillantes de ce fond. Que doit-ce donc être à une lieue en mer le long d'une côte, où les courants se succèdent continuellement tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, où le vent ne laisse jamais la surface des eaux tranquille. C'est-là que l'on prétendra reconnaître à la sonde des constructions humaines à 60 pieds de profondeur ! Je dois avouer franchement que j'ai peine à le croire ; je trouve donc qu'il serait au moins prématuré de discuter la valeur d'un fait qui ne me paraît nullement constaté. J'ai déjà montré d'ailleurs de combien de précautions il faudrait s'entourer, quand même le fait serait exact, pour pouvoir en conclure quelque chose de certain sur la question de l'affaissement général de notre massif de terrains d'atterrissement. Je crois donc pouvoir répéter ce que j'ai dit alors, que tout bien considéré, il me paraît fort difficile que sur cette question l'on arrive à des preuves affirmatives qui soient entièrement concluantes.

En attendant que des preuves de cette espèce puissent être fournies, il me paraît qu'il est plus prudent de s'en tenir à la théorie de mon père telle que je l'ai développée plus haut; car au lieu de s'appuyer sur une hypothèse dénuée de preuves et en contradiction avec l'exemple des autres terrains d'atterrissement, elle repose au contraire sur deux faits que l'on peut regarder comme certains : le premier, que les terroins d'atterrissement ont partout une tendance marquée à former le long de la mer des lacs séparés de celle-ci par des langues de terre de peu de largeur; le second, que les

Romains ont vu souvent sur nos côtes des terrains mouvants plantés d'arbres, flotter à la surface des eaux.

Je ne pousserai pas plus loin cette discussion, et je poursuivrai l'étude des détails de la formation de nos terrains, formation que je n'ai considérée jusqu'ici que dans ses causes générales.



§ 31. Détails sur la formation de la tourbe.

La formation de la tourbe a été si fréquemment décrite par les savants de tous les pays, qu'il me paraît tout-à-fait inutile d'en rien dire spécialement ici. Je ferai seulement connaître une observation consignée dans l'ouvrage de Fr. Arends (chap. IV. Tom. I, pag. 81 et suiv.) et qui n'est pas généralement connue : c'est que la tourbe ne se produit plus de nos jours, si ce n'est en présence et sous l'influence d'une tourbe préexistante, et que partout où cette influence manque, les débris végétaux se changent en terreau et en humus mais non pas en tourbe. Il paraît donc, dit Arends, qu'il existe dans la tourbe un principe qui s'oppose à la complète dés organisation du tissu végétal, et que ce principe s'est trouvé beaucoup plus répandu dans la nature pendant les siècles antérieurs, de manière à exercer son action dans toute espèce de circonstances sur les débris du règne végétal, et leur permettre de se transformer en tourbe, faculté qu'ils ont perdue depuis. (Arends Tom. I, pag. 106.)

Le professeur Van Marum de Haarlem était arrivé à des conclusions différentes à la suite de l'expérience suivante : il avait fait creuser un bassin de 10 pieds de profondeur jusqu'au terrain sablonneux; ce bassin se remplit d'eau et de plantes aquatiques, la *Confera rivularis* et le *Myriophyllum spicatum*, qui se multiplient tellement, qu'au bout de cinq ans la profondeur du bassin n'était plus que de 6 pieds au lieu de 10. On extraya la matière déposée sur le fond primitif du bassin, et l'on trouva une véritable tourbe, présentant toutes les qualités de la tourbe ordinaire. On recommença l'expérience, mais le *Myriophyllum* seul repartit, les conser-

ves ne se montrèrent plus ; et une nouvelle fouille faite quelques années après dans le bassin ne donna plus de tourbe, mais seulement de la vase. L'observateur en conclut que la conserve était la plante indispensable à la formation de la tourbe, Arends tire de cette expérience des conclusions tout opposées; il fait remarquer d'abord que l'on ne trouve généralement pas de traces de conserves dans la tourbe, ce qui suffirait déjà pour renverser l'opinion de Van Marum; ensuite il fait voir que le bassin ayant été creusé dans un sol tourbeux, cette circonstance seule explique la formation de la tourbe, et seule aussi doit être considérée comme la condition indispensable à la production de cette matière. (*Ibid.*)

Du reste, ce ne serait pas seulement en se déposant au-dessus d'ancienne tourbe que la tourbe se produirait, mais encore en s'étendant en largeur à côté de cette matière végétale ; et dans les deux sens le pouvoir d'accroissement serait assez rapide, car Arends cite non seulement des étangs de plusieurs pieds de profondeur remplis par la tourbe dans l'espace d'un demi siècle, mais encore de vastes étendues de terrains successivement recouverts par les empiétements superficiels de tourbières qui ne cessaient de s'étendre en largeur. Ce qui tendrait à la même conclusion, ce sont les exemples fréquents de tourbières dont le fond repose sur un sol qui présente des traces de culture et même d'habitation. Je n'ai pas besoin d'ajouter que ce n'est pas de nos tourbières du littoral qu'il s'agit ici, mais bien de celles qu'on trouve sur les plateaux plus élevés. (*Ibid.* pag. 96.)

A l'égard de l'âge de nos tourbières du littoral, les médailles romaines que l'on trouve à leur surface supérieure prouvent qu'elles ont cessé de s'accroître vers l'époque de la domination romaine, et que c'est à partir de cette époque, que la mer a commencé à les recouvrir de la couche d'alluvion glaiseuse. C'est ce qui résulte encore du témoignage des écrivains romains. César en parlant de nos côtes, dit qu'elles étaient couvertes de marais, et que la marée haute y formait des îles, ce qui prouve que la tourbe était encore à nu ,

mais qu'elle commençait à être envahie par la mer, qui déjà y avait creusé des criques. Pline en parlant des côtes situées entre l'Ems et l'Elbe indique que la mer les couvrait déjà régulièrement de ses eaux, mais que la tourbe était encore à nu ou du moins mêlée de fort peu de départs argileux, car les habitants du pays employaient pour combustible le terrain même sur lequel ils étaient établis, et le faisaient sécher, dit-il, plutôt au vent qu'au soleil. Tacite, en parlant des expéditions de Germanicus sur les côtes de la Frise, semble indiquer aussi assez clairement que la mer submergeait régulièrement les terrains de cette partie du littoral.

En présence de ces divers témoignages, en présence surtout des nombreux monuments écrits du moyen âge qui prouvent qu'à cette époque la formation de l'alluvion glaiseuse était dans toute son activité, il est assez surprenant de voir Arends reculer cette formation d'environ deux mille ans en arrière et lui donner plus de 3000 de date. (Tom. I pag. 165.) Cette singulière opinion, que son auteur n'appuie d'aucune preuve, lui paraît néanmoins si certaine qu'il n'hésite pas à nous tracer un tableau détaillé des occupations, des mœurs, et même du nombre des habitants qui ont dû s'établir sur le terrain alluvionnaire de cette époque reculée. On voit cependant quelques pages plus loin que cette opinion lui a paru difficile à concilier avec les relations des historiens romains. Il se donne beaucoup de peine pour expliquer d'après ses idées les passages de Pline qui parlent des inondations périodiques de la mer sur le pays des Cauchi et surtout ceux qui sont relatifs aux îles flottantes. Malheureusement il passe précisément sous silence le passage qui était le mieux à même de lui faire connaître l'état du littoral à cette époque, celui où Pline dit que les habitants employaient comme combustible le sol même qu'ils foulaien. S'il avait songé à discuter ce passage aussi attentivement que les autres, il n'aurait pas manqué de reconnaître qu'il donnait la clef de toutes les difficultés puis qu'il prouvait que du temps des Romains la tourbe était encore à nu, chose qui du reste est prouvée sans aucun doute possible par les

nombreux restes de civilisation romaine que l'on trouve dans nos tourbières.

Mon père est entré à cet égard dans de nombreux détails que je crois inutile de rappeler ici.

On peut donc regarder comme certain que c'est vers l'époque de la domination romaine que les tourbières ont cessé de s'accroître et qu'elles ont commencé à être recouvertes par les eaux de la mer. A partir de ce moment, loin d'augmenter d'épaisseur elles ont dû d'après toutes les probabilités, éprouver un affaissement graduel, dû soit au retrait spontané de leurs parties constituantes, soit à la pression des couches de vases qui se déposaient sur elles, soit peut-être à une action chimique que les eaux de la mer chargées de différents sels, ont pu exercer sur les débris végétaux dont la tourbe était formée.

Pour se faire une idée exacte de la compression de la tourbe, il faut se représenter cette matière comme éminemment compressible, comme pouvant absorber, sans augmenter de volume jusqu'à 10 fois et plus son poids d'eau, et comme capable par conséquent de se réduire par une forte compression à la 10^{me} partie environ de son volume ; enfin il faut songer que la pesanteur spécifique de la tourbe est à celle de la couche de glaise qui la surmonte dans un rapport variant entre 1/16 et 1/8 c'est-à-dire que la glaise qui n'a qu'une fois et demie le poids de l'eau pèse cependant encore de 8 à 16 fois plus que la tourbe. (Arends Tom I pag. 103).

En partant de ces données et des conséquences qui en résultent il devient plus facile de se faire une idée exacte des phénomènes que les inondations de la mer durent occasionner sur les tourbières de notre littoral.

Insensiblement la tourbe s'affaissa en se comprimant, et la mer vint la recouvrir successivement de quantités d'eau de plus en plus considérables, les criques, que l'entrée et la sortie alternative des flots de la mer creusaient dans le sol s'affouillèrent de plus en plus, augmentèrent peu à peu en largeur, et en profondeur, et finirent

par acquérir ces dimensions énormes que plusieurs d'entre elles conservent encore aujourd'hui. Il est à remarquer que les eaux de l'Océan ne s'étendirent pas sans exception sur toute l'étendue du terrain tourbeux situé plus bas que leur niveau ; les parties de ce terrain situées le long des branches du Rhin dans les provinces d'Utrecht et de Hollande, étant plus peuplées que les autres, furent soustraites à l'invasion de la mer, et la tourbe y resta, en grande partie à nu. Apparemment que de bonne heure déjà, avant que l'affaissement eût fait des progrès, une ligne de dunes continues s'était élevée du côté de la mer, et que les habitants n'avaient eu qu'à établir le long de leurs rivières des digues de défense de peu d'importance pour empêcher totalement les eaux salées de pénétrer dans le pays. Successivement ces ouvrages auront été renforcés et exhaussés à mesure que le terrain s'affoissait, et ainsi aura été obtenu ce résultat si surprenant de terres habitées de temps immémorial et dont le sol naturel est ensoncé de 1 à 2 mètres sous le niveau de la mer qui les environne. Le reste de la couche tourbeuse passa tout entière sous la mer, soit simultanément soit successivement.

Malgré cette submersion, il paraît que le pays ne cessa pas complètement d'être habité : car il nous en est parvenu quelques vagues traditions historiques qui doivent faire supposer qu'à toute époque il y est resté des habitants. Du reste, le témoignage de Pline fait voir que même pendant la submersion complète des terrains tourbeux, ils pouvaient conserver quelques habitants, puisque dans le tableau qu'il nous a laissé du pays des Couches, pays que la marée couvrait deux fois par jour et pour lequel on était *perpétuellement en doute de savoir s'il appartenait à la terre ou à la mer*, nous voyons que ce même pays était parsemé d'habitations élevées sur des tertres, et dont l'aspect pendant l'inondation de marée haute ressemblait à celui de navires voguant sur les eaux. Les traces de ces mêmes tertres que l'on retrouve sur toute l'étendue de nos alluvions glaiseuses permettent d'admettre que partout il sera

resté pendant la période d'inondation marine quelques rares habitants, qui, clairsemés comme on doit raisonnablement les supposer, auront néanmoins suffi pour que la contrée ne fût pas complètement déserte, et pour que de loin en loin le reste du monde eût quelque occasion de s'occuper de cette région désolée. De nos jours encore, bien des terrains non endigués et soumis par conséquent aux inondations des fortes marées, sont habités par des gens qui s'occupent de la pêche ou élèvent des troupeaux. Il est à remarquer d'ailleurs que l'affaissement du terrain a été très lent en moyenne, et qu'il n'est pas difficile de calculer l'importance et la fréquence des inondations auxquelles il a donné lieu d'après l'épaisseur de la couche de vase que ces inondations ont déposée sur le terrain tourbeux. En effet, les couches d'alluvion glaiseuse qui surmontent la tourbe n'ont pas plus de 1 à 3 mètres d'épaisseur selon les localités, et l'on sait qu'il s'est passé au moins 10 à 12 siècles entre la domination romaine et l'époque des principaux endiguements, c'est-à-dire, entre l'époque où la mer a commencé à submerger les terrains tourbeux et celle où elle en a été définitivement exclue. L'épaisseur de l'envasement n'a donc pas dépassé 10 à 25 centimètres par siècle. Or, si l'on admet que l'importance de l'envasement soit proportionnel à la hauteur de l'inondation, ce que l'expérience confirme, et si l'on part des données d'observation recueillies sur les envasements actuels de nos côtes, il est facile de calculer que pour produire un envasement de 10 à 25 centimètres par siècle il suffit que la mer couvre le terrain d'un mètre d'eau, 2 à 5 fois par an. Il est donc probable que pendant la longue période où les terrains de notre littoral ont été soumis sans défense aux inondations de la mer, celle-ci ne les a visités moyennement que 2 à 5 fois par an en les couvrant chaque fois d'un mètre d'eau, ou moins souvent encore, mais avec plus d'eau. De pareilles inondations n'étaient pas de nature à rendre tout-à-fait inhabitables les terrains qui s'y trouvaient soumis, puisqu'en élevant les habitations sur des tertres on parvenait à se soustraire entièrement à leur action. Il ne restait donc

à craindre que les marées exceptionnelles : or pour celles-là, c'étaient des fléaux auxquels il fallait se soumettre, et qui heureusement ne se représentaient qu'à des intervalles assez éloignés ; les lugubres tableaux que les chroniques nous en ont transmis, nous montrent du reste qu'ils trouvaient chaque fois de nouvelles victimes à frapper, ce qui prouve que la crainte qu'ils inspiraient ne suffisait pas pour empêcher les gens de s'y exposer.



§ 32. Détails sur la formation de la glaise. Les savants allemands y voient une action chimique.

Passons à la formation de la glaise,

Mon père a décrit cette formation dans son ensemble, je ne répéterai pas ce qu'il en dit.

La formation glaiseuse présente le même caractère sur toute l'étendue des côtes de la Belgique et des Pays-Bas; elle se compose d'une seule couche uniforme d'un dépôt argileux très-fin et éminemment fertile qui se trouve là et là mêlé de sable.

Plus au Nord, sur les côtes du Hanovre et du Danemark, la formation se compose de deux dépôts distincts et superposés dont le plus ancien est une argile dure et pierreuse contenant beaucoup de fer, son épaisseur varie de 5 à 30 centimètres vers l'intérieur du pays; plus près des côtes et des rivières, elle augmente de manière à atteindre 2 à 3 pieds. Ce terrain est rebelle à la culture et quoique vers les bords de la mer il se trouve mêlé de sable, il n'en devient aucunement meilleur; il est connu en Frise sous le nom de *Knik*, en Hanovre sous celui de *Dwer* ou *Dwo*, en Holstein sous ceux de *Stært* ou *Biet*. Il ne paraît pas s'étendre vers l'Ouest en deçà de la province de Groningue (Arends Tom 1, pag. 132).

Ce dépôt a été suivi et même en certains cas précédé d'un autre dépôt argileux semblable à celui qui règne seul sur nos côtes.

Les savants allemands ont émis au sujet des alluvions glaiseuses de nos côtes des opinions particulières d'après lesquelles ils font intervenir dans la formation de ces alluvions non pas des causes purement mécaniques ou physiques, comme on l'a fait jusqu'à présent, mais surtout des actions chimiques.

Wiebeking dans son architecture hydraulique § 79, 1^e partie, dit que la mer ne dépose pas la moindre vase le long des côtes, et que le dépôt n'a lieu que là où l'eau salée se mêle à l'eau douce ; il conclut de là que le mélange de l'eau de mer avec l'eau douce chargée de particules terreuses précipite ces particules, en même temps que certains sels dissous dans l'eau de mer; ce seraient ces sels qui donneraient aux dépôts leur nature grasse et onctueuse.

Jusque là, cette argumentation ne prouve pas grand chose, car la véritable raison pour laquelle la mer ne dépose pas de vase sur les côtes tandis qu'elle en dépose dans les endroits où elle rencontre des courants d'eau douce, c'est qu'ici elle reste forcément en repos pour quelque temps, et que là elle est dans un mouvement continual qui ne permet pas aux dépôts de se former. La preuve qu'il en est ainsi, c'est que lorsque le long de la côte une rupture de digue permet à l'eau de mer de se jeter sur la terre ferme, et d'y rester dans un repos relatif, les dépôts de vase ont lieu immédiatement ; témoin, les polders entourant Ostende, où aucune rivière ne se jette.

Le même auteur continuant sa thèse, dit § 106.

Les alluvions qui se forment sur les rives de fleuves, sont d'une nature beaucoup plus grasse dans les parties du cours où pénètre le flux que dans les parties plus élevées, où cependant le lit est creusé dans les mêmes terrains : il faut donc que la mer améliore la qualité de la vase en y déposant des sels.

Des observations faites sur l'Elbe montrent, que les eaux sont plus chargées à marée montante qu'à marée descendante. D'où viendrait cette différence, qui est directement opposée à ce qui devrait se passer, si les dépôts étaient dus à la seule action des eaux supérieures.

Les marées de la Frise Orientale qui contiennent beaucoup de détritus de végétaux, subissent une transformation complète par leur mélange avec l'eau de la mer. L'eau tourbeuse de ces marais mêlée à l'eau salée donne un sédiment vaseux, blanchâtre, gras,

qui présente la plus grande ressemblance d'aspect avec les terres des poldres, et qui en a également l'odeur. Une inondation d'eau de mer qui eut lieu en 1717 dans ce pays permit d'observer que partout où l'inondation s'était étendue sur le terrain stérile des marécages, la végétation sauvage qui y existait avait été remplacée pour plusieurs années par de beaux trèfles blancs.

Dans ces diverses circonstances, les dépôts ne provenaient évidemment pas de l'eau douce uniquement, puisque celle-ci abandonnée à elle-même, n'avait jamais donné de résultats semblables. Provenaient-ils donc de l'eau de la mer ? Si l'en était ainsi, les dépôts devraient commencer à se faire remarquer le plus sensiblement aux îles et aux côtes qui sont en contact immédiat avec la mer, et non pas sur les rives des fleuves à l'intérieur du pays. Or les îles et les côtes restent ce qu'elles ont toujours été, des plages stériles, des dunes sablonneuses que rien ne peut transformer en terrains fertiles. Lorsque les marées extraordinaires inondent les prairies dans les îles situées à une certaine distance des côtes, l'eau de mer qui agit seule dans ce cas ne laisse pas le moindre dépôt sur les terres. Il faut donc bien en conclure que l'eau de mer et l'eau de rivière prises chacune isolément, sont incapables de produire les sédiments auxquels leur mélange donne naissance, et il paraît clair d'après cela que la production de ceux-ci doit être attribuée à une action chimique.

Tels sont les arguments de Wiebeking.

Arends, dans son ouvrage déjà cité, a adopté une opinion semblable, mais avec quelques variations dans les détails, et il a eu soin de la développer davantage et de l'appuyer de raisons plus concluantes.

Si les fleuves, dit Arends chap V, avaient seuls amené la vase dont est formé notre terrain glaiseux, comment alors expliquer que pendant la longue période qui précéda la formation de la tourbe et pendant celle qui lui donne naissance, les fleuves n'aient nulle part opéré des dépôts semblables ? Car les couches de glaise que l'on rencontre en certains endroits sous la tourbe, ou mêlées avec

ce combustible, sont évidemment le produit de la mer, tout comme celles qui surmontent la tourbe et continuent à se former de nos jours.

Cette première raison, on l'avouera, est extrêmement faible, ou plutôt les faits d'observation cités par l'auteur lui-même prouveraient qu'elle n'a aucune valeur, puisqu'on trouve des dépôts analogues à ceux d'aujourd'hui avant et pendant la formation de la tourbe et que d'ailleurs une grande partie de ces dépôts a dû changer de nature et même disparaître en s'incorporant à la végétation dont elle était contemporaine, végétation qui à dû évidemment s'assimiler un grand nombre des principes nutritifs azotés et autres, dont ces dépôts sont si richement fournis.

D'où provient, continue Arends, la diversité que l'on observe dans la nature des terrains déposés ? pourquoi les couches inférieures contiennent-elles de la chaux dans les parties avoisinant la mer et point dans les parties plus rapprochées de l'intérieur ? pourquoi les terroirs dont l'endiguement est le plus récent contiennent-ils également de la chaux, et les terrains plus anciens et plus éloignés de la mer n'en contiennent-ils pas ? enfin d'où provient la formation simultanée sur une grande étendue du littoral de la couche d'argile dure connue sous le nom de *Knik* ? est-il croyable qu'à des époques déterminées toutes les rivières aient, comme de concert, changé la nature de leurs alluvions, tantôt en glaise chargée de chaux, tantôt en glaise pure, tantôt en argile dure et ferrugineuse ?

Une autre objection contre l'action des rivières se tire, dit notre auteur, de la disproportion qui existe entre l'importance de ces cours d'eau et celle des alluvions qui devraient leur être respectivement attribuées. L'Ems qui n'est pas beaucoup plus qu'un fort ruisseau et qui coule partout sur un terrain sablonneux de l'espèce la plus aride où il ne peut évidemment recueillir aucun limon, correspond sur le littoral à une étendue d'alluvions beaucoup plus grande que celle qui se trouve dans le bassin du Weser ; et les alluvions réunies des bassins du Weser et de l'Elbe ne donnent en

surface que le tiers de celles qui correspondent aux bassins du Rhin et de la Meuse donc l'importance n'est pourtant pas plus grande.

Pourquoi les dépôts sont-ils les plus abondants, non pas quand les fleuves chorrient le plus d'eau, c'est-à-dire, en hiver et au printemps, mais bien en été et en automne quand les eaux supérieures diminuent de volume?

Pourquoi les eaux des rivières sont-elles relativement claires dans les parties de leurs cours où la marée ne pénètre pas, et deviennent elles troubles sous l'action de l'eau salée, tandis qu'en continuant vers le large la limpidité reparait, et l'eau de mer pure est de nouveau claire et transparente ?

Pourquoi les vents du Nord et de l'Ouest ont-ils de l'influence sur l'abondance des dépôts ? on a trouvé par expérience à l'embouchure de l'Elbe que la quantité de vase contenue dans l'eau, variait dans le rapport de 1 à 5 d'après la violence du vent.

Pourquoi les alluvions déposées sous l'influence de la mer, diffèrent-elles si fort dans la nature de leur sol, d'avec les alluvions purement fluviatiles ; les premières étant de la nature la plus forte et éminemment propres à la culture des céréales, des plantes oléagineuses et de tous les produits les plus épuisants, tandis que les terrains déposés le long des rivières dans les parties plus élevées de leur cours sont légers et spécialement appropriés à la production du soin ? et pourquoi les inondations qui ont lieu le long des rivières dans la partie de leurs cours soumis à l'action de la marée ne manquent-elles jamais de laisser après elles des dépôts de vase, tandis que celles qui ont lieu dans les parties plus élevées du cours n'en laissent le plus souvent pas, surtout en été ?

Pourquoi des étendues considérables d'eaux intérieures sur lesquelles les rivières devraient avoir le plus d'action, n'éprouvent-elles aucun altérissement, tandis que des bras de mer sans communication avec aucun fleuve, s'envasent rapidement ? que l'on compare d'une part le Biesbosch sur la Meuse, le Jahlde sur le Weser, le

Zuiderzee sur le Rhin, où les dépôts sont insensibles, et d'autre part les nombreuses baies jadis disséminées le long des côtes septentrionales depuis la Frise jusqu'au Holstein, qui aujourd'hui ont disparu sous l'action de l'envasement.

De tout ce qui précède Arends conclut que l'envasement sur les côtes de la mer du Nord, doit-être attribué à l'action réunie des eaux salées et des eaux douces ; il montre que l'eau de mer qui paraît si limpide, contient beaucoup plus de parties solides en suspension que l'eau de rivière, et il pense que ces parties ont été enlevées par elle aux terrains qui constituent son lit et s'y sont chimiquement incorporées. La réaction produite par l'eau de rivière et plus particulièrement par l'eau des tourbières précipite ces matières solides et entraîne en même temps celles que contient l'eau douce.

A l'appui de cette opinion il cite les observations suivantes : de l'eau de mer recueillie loin de tout contact avec les eaux intérieures, fut mêlée parfaitement limpide avec de l'eau de tourbières également claire mais plus colorée : le mélange se troubla et donna un précipité analogue à la matière de nos alluvions maritimes. D'autre eau salée recueillie dans des endroits où elle avait déjà été en contact avec les eaux douces, et où le repos lui avait rendu sa limpidité primitive, fut de même mêlée à l'eau de tourbières, mais ne donna aucun précipité, ce qui prouveroit que son mélange antérieur avec les eaux douces l'avait déjà dépoignée des principes qui pouvaient se combiner avec ceux de l'eau des tourbières. Cette dernière contiendrait d'après les observations faites sur la tourbe, une huile d'une espèce particulière qui se combinerait avec les sels alcalins contenus dans l'eau de mer et formerait un savon que l'on retrouve dans les dépôts glaiseux et qui donne à ceux-ci leur qualité grosse et onctueuse.

Si les expériences citées par Arends prouvent qu'il y a réaction chimique entre l'eau de mer et l'eau des tourbières, il est difficile d'admettre comme vraisemblable l'explication qu'il

donne de cette réaction, car tous les sels contenus dans l'eau de mer sont le produit de combinaisons extrêmement fortes et stables, et il est très-peu probable qu'une huile quelconque ait le pouvoir de les défaire pour s'emparer des bases alcalines. D'ailleurs, quand même on admettrait les idées de l'auteur il faut avouer qu'elles ne prouveraient encore rien à l'égard de l'eau ordinaire des rivières. Or il est rare qu'aujourd'hui de l'eau, ayant été en contact avec la tourbe, puisse jouer un rôle quelconque dans la formation des dépôts de glaise, puisque la tourbe le long du littoral est partout recouverte de terre et que là où elle a été mise artificiellement à nu par la main des hommes pour être exploitée, on se garde bien de laisser pénétrer l'eau des rivières.

La question ne peut donc nullement être considérée comme résolue par ce qui précède.



§ 33. Nouvelles expériences à ce sujet.

J'ai en conséquence cru devoir procéder moi-même à quelques expériences sur le même sujet.

J'ai rempli un verre d'eau de rivière ; un autre d'eau de mer ; un troisième d'un mélange d'eau de rivière et d'eau de mer par moitiés égales.

Au bout d'un jour de repos j'ai trouvé :

1^e que l'eau de mer n'avait rien déposé et était parfaitement claire comme toujours.

2^e que l'eau de rivière avait formé un dépôt floconneux et irrégulier au fond du verre, mais qu'il restait encore en suspension dans cette eau une grande quantité de matières qui la rendaient trouble.

3^e que l'eau mêlée avait formé un dépôt uniforme et régulier qui ne présentait pas l'aspect floconneux de celui de l'eau douce, et que cette eau ne contenait en suspension aucune matière agglomérée. Elle paraissait un peu trouble mais beaucoup moins cependant que l'eau douce. La précipitation des dépôts dans l'eau mêlée s'était faite beaucoup plus promptement que dans l'eau de rivière.

Après quelques jours tout était encore dans le même état, si ce n'est que l'eau douce contenait une grande quantité d'animalcules infusoires et paraissait toujours au moins aussi trouble.

Au bout de 8 jours je décantai l'eau de rivière et j'obtins ainsi de l'eau douce trouble mais qui ne déposait plus rien.

Je la mêlai avec une égale quantité d'eau de mer.

Celle-ci opéra assez promptement une clarification presque complète, l'eau douce qui était trouble devint claire, les matières qu'elle tenait en suspension depuis 8 jours se précipitèrent en quelques

heures, mais la circonstance la plus remarquable qui put être observée, c'est que les animolcules que l'eau douce contenait furent tués instantanément, et selon toute apparence précipités.

Je recommençai la même série d'opérations, en versant sur les dépôts déjà obtenus au moyen de l'eau douce et de l'eau mêlée, de nouvelles quantités d'eau douce et d'eau mêlée, afin d'augmenter la quantité des dépôts.

J'observai de nouveau des phénomènes analogues.

L'eau douce forma un dépôt très-flaconneux et irrégulier au fond du verre, et conserva en suspension une quantité notable de flocons semblable à ceux qui s'étoient déposés mais qui restèrent flotter dans le liquide sans montrer aucune tendance à se précipiter ; l'eau paraissait très-trouble.

L'eau mêlée présenta un dépôt régulier légèrement moutonné au fond du verre mais rien d'appreciable en suspension, elle semblait seulement un peu trouble.

La réalité d'une réaction chimique entre l'eau de mer et l'eau de rivière paraissant prouvé d'après cette expérience, il s'agissait d'en découvrir la nature.

Tous les phénomènes ci-dessus pouvaient s'expliquer par la présence dans l'eau de rivière d'une certaine quantité d'albumine en dissolution; en effet, la clarification de l'eau douce par l'adjonction de l'eau de mer offrait une grande analogie avec la clarification du vin par le blanc d'œuf. En admettant la présence de l'albumine dans l'eau douce, et sa coagulation par l'action de l'eau de mer, il devrait se produire dans le liquide une sorte de réseau qui en se précipitant devait entraîner les troubles que le liquide tenait en suspension. L'explication cherchée étoit donc trouvée si l'on parvenoit à démontrer la présence de l'albumine dans l'eau douce, et sa coagulation par l'eau de la mer.

A cet effet, je décantai le verre d'eau de rivière qui avait déposé depuis 8 jours et qui contenait encore en suspension des flocons nombreux, et au lieu de mêler cette eau avec de l'eau de mer

comme j'avais fait jusque là, j'y versai quelques gouttes d'acide hydrochlorique, cet acide ayant la propriété de coaguler l'albumine. J'obtins exactement le même effet que j'avais obtenu 8 jours auparavant en mêlant l'eau de mer à l'eau douce décantée. L'eau resta trouble pendant plusieurs heures ; le lendemain elle était clarifiée, et présentait au fond du verre des dépôts qui s'étaient précipités. Cette expérience paraissant confirmer mes suppositions, je cherchai à constater directement la présence de l'albumine dans l'eau de rivière. Pour parvenir à ce résultat, je pris un verre à vin de cette eau, et pour rendre la présence de l'albumine plus sensible, si elle était réelle, je concentrerai cette substance en évaporant lentement l'eau de manière à la réduire du quart au cinquième de son volume.

J'obtins de cette manière quelques grammes d'eau concentrée dans laquelle il s'agissait de prouver la présence de l'albumine. J'employai à cet effet les deux réactifs qui ont le plus d'action sur l'albumine : le sublimé corrosif et le tannin. Je pris la moitié de l'eau ; elle était parfaitement transparente, quoiqu'elle contint encore en suspension plusieurs particules terreuses ou végétales, qui avaient même, par suite de la concentration, donné à l'eau une légère teinte verte ; je préparai une solution de sublimé corrosif qui était aussi parfaitement claire, et je la versai dans l'eau. Au bout de quelques minutes, celle-ci se troubla, perdit sa transparence et devint d'un blanc sacré. L'action s'arrêta là, et je n'obtins pas de précipité, ce qui prouvait que la quantité d'albumine contenue dans l'eau était très-petite, si elle existait.

Je pris ensuite l'autre moitié de l'eau et j'y versai une solution de tannin parfaitement incolore et transparente ; le même effet se produisit comme avec le sublimé corrosif, seulement il fut un peu plus lent à avoir lieu.

La présence de l'albumine dans l'eau de rivière me paraissant prouvée, il restait à démontrer que l'eau de mer la congulait ; je résolus donc de faire dissoudre directement de l'albumine dans l'eau pure, et de mêler ensuite cette dissolution à de l'eau

de mer afin d'observer ce qui se passerait. A cet effet je pris du blanc d'œuf, j'y mêlai de l'eau de pluie en remuant et agitant le mélange. Le blanc d'œuf se coagula et resta nager dans l'eau sous forme de flocons blancs.

Dans la persuasion que l'eau de pluie que j'avais employée n'était pas pure, je recommençai l'expérience avec de l'eau distillée. Le blanc d'œuf se coagula également et le mélange devint trouble, flaconneux et d'un blanc nacré. Néanmoins j'y versai de l'eau de mer, et je fus fort surpris de voir que l'eau redevenait claire, que les flocons disparaissaient, et que l'albumine paraissait s'être redissoute. Le mélange resta ainsi plusieurs jours sans aucun changement.

Ce résultat renversait toute mon explication, puisque l'eau de mer, loin de coaguler l'albumine, semblait au contraire redissoudre l'albumine coagulée.

Malgré cela, le fait en lui-même m'avait assez frappé pour m'engager à l'examiner de plus près.

Comme dans cette expérience j'avais assez fortement agité le mélange d'eau et de blanc d'œuf, je soupçonnai que c'était à cette circonstance que la coagulation était due. Je recommençai donc l'essai en versant tranquillement du blanc d'œuf dans de l'eau; voici ce que j'observai : le blanc d'œuf alla au fond ; au bout de quelques heures il commença à blanchir, le lendemain on voyait de l'eau pure et transparente à la surface, puis plus bas une dissolution gommeuse jaunâtre, puis encore au fond du verre un tissu blanc nacré ; ce tissu avait des parties qui s'élevaient jusqu'à la surface, et qui permettaient de juger parfaitemment de leur contexture.

Raspail donne au sujet de l'albumine des détails qui expliquent parfaitement tout ce qui précède.

D'après lui, l'albumine se compose d'un tissu insoluble dans l'eau qui contient dans ses vésicules un liquide gommeux, de même composition chimique à peu près, mais soluble ; cette gomme se dissout dans l'eau, et abandonne les cellules qui la contenaient ; alors le tissu insoluble reste seul et ses cellules se remplissent d'eau à me-

sure qu'elles se vident de leur albumine soluble. L'albumine ainsi séparée en deux parties, et qui était transparente avant cette séparation parceque les deux parties qui la composaient avaient le même pouvoir réfringent, perd sa transparence et se fait apercevoir sous l'aspect d'un coagulum blanc nacré, dès que les cellules du tissu insoluble se sont remplies d'un liquide ayant un pouvoir réfringent différent du sien.

Je mis à part une partie de l'eau mêlée à la gomme et au tissu insoluble ; j'y versai une quantité d'eau de mer ; peu d'heures après, la presque totalité du tissu avait disparu et paraissait s'être redissoute dans l'eau salée, le mélange conservait la teinte jaunâtre de la gomme qui s'était séparée du tissu.

J'y ajoutai une nouvelle quantité d'eau de mer double ou triple de la première, et j'y vis disparaître à la vue tout ce qui restait encore du tissu albumineux. Ainsi les phénomènes que j'avais obtenus précédemment et que j'avais attribués à la réaction de certains sels contenus dans l'eau de pluie s'expliquent tout naturellement par l'action de l'eau pure qui sépare le tissu insoluble de l'albumine, de la gomme soluble qu'elle contient, et par l'action de l'eau de mer qui a la propriété de rendre invisible le tissu albumineux, parceque probablement elle possède le même pouvoir réfringent que celui de ce tissu.

Je reviens au blanc d'œuf versé dans l'eau pure.

J'ai dit qu'au bout d'un jour on avait à la surface du liquide de l'eau claire, plus bas, une solution jaunâtre qui présentait exactement l'aspect de la gomme arabique dissoute dans l'eau, avec les petites ondulations transparentes que présente cette dissolution quand on l'agitte légèrement avant de la mêler intimement. Au fond on avait un liquide trouble d'un blanc nacré dont quelques parties s'élevaient à la surface et présentaient clairement l'aspect d'un tissu. Le jour d'après, le liquide trouble se coagula davantage ; j'obtins un gros flocon de tissu blanc entouré de la partie restante du liquide trouble. Quelques jours plus tard la séparation fut complète, toute

la partie insoluble s'était réunie en un seul flocon et s'était déposée au fond du verre. Je décantai et j'obtins dans deux verres séparés, d'une part la dissolution gommeuse jaunâtre, qui se mêla entièrement avec l'eau pure par l'agitation, tout en conservant sa couleur; d'autre part, le tissu insoluble.

Je versai de l'eau de mer sur l'un et l'autre de ces composants. Le tissu insoluble qui était blanchâtre et opaque, devint insensiblement transparent, d'abord à la surface, puis de proche en proche vers l'intérieur; au bout d'une couple d'heures, il l'était devenu tout-à-fait; mais il ne s'était pas redissout comme je l'avais cru dans les expériences précédentes. Il est apparent que l'eau de mer avait pénétré dans les vésicules du tissu, y avait remplacé le liquide gommeux que l'eau douce en avait chassé, et que cette pénétration de l'eau de mer avait rendu au tissu albumineux sa transparence primitive, parceque l'eau salée possédait le même pouvoir réfringent que celle du tissu. Le second verre qui contenait la dissolution gommeuse, et dans lequel j'avais aussi versé de l'eau de mer, ne présenta aucun phénomène particulier; le liquide conserva sa couleur jaunâtre.

Je fis une autre expérience en versant du blanc d'œuf dans un verre d'eau de mer. Le blanc d'œuf n'y blanchit pas comme il avait fait dans l'eau douce, mais il perdit peu à peu sa couleur jaunâtre pour prendre l'aspect d'une gelée incolore et transparente, tout-à-fait semblable à ce qu'était devenu dans l'eau de mer le flocon de tissu albumineux de l'expérience précédente.

Il est apparent que dans ce dernier essai le liquide gommeux de l'albumine s'était dissous dans l'eau de mer comme il avait fait dans l'eau douce, mais qu'il avait été remplacé par l'eau de mer dans le tissu albumineux. Cependant il est remarquable que dans la dernière expérience le liquide observé n'ait pas présenté la couleur jaunâtre que l'on remarquait dans la dissolution gommeuse de l'expérience précédente.

Pour en revenir à notre sujet, mes premières expériences, quelque

-superficielles qu'elles fussent, m'avaient déjà appris plusieurs choses :

1° Qu'il se passe réellement une action chimique dans le mélange de l'eau de mer et de l'eau de rivière.

2° Que l'acide hydrochlorique ayant sur l'eau de rivière une action analogue à celle de l'eau de mer, il est probable que ce sont les chlorures de cette dernière qui produisent l'action chimique.

3° Que de la part de l'eau de rivière l'action chimique ne doit pas être attribuée à une coagulation albumineuse, quoique cette eau, se troublant sous l'influence du sublimé corrosif et du tannin, doive contenir des quantités appréciables sinon d'albumine au moins de mucilages organiques.

4° Que des animalcules nombreux se produisent et se développent dans l'eau de rivière, probablement aux dépens de ces mucilages organiques.

5° Que ces animalcules sont tués par l'eau de mer, et que leur présence dans les alluvions marines pourrait très bien expliquer la grande fertilité de ces alluvions, et les miasmes malsains et quelquefois mortels qu'elles exhalent.

Pour parvenir à une connaissance plus détaillée des actions chimiques dont j'avais constaté l'existence, de nouvelles recherches devenaient nécessaires. Avant d'y procéder je jugeai utile de préciser autant que possible les données du problème.



§ 34. De la composition des eaux de mer et de rivière.

La nature exacte des réactions chimiques qui se passent entre l'eau de mer et l'eau de rivière, étant assez difficile à constater directement à cause du grand état de division dans lequel se trouvent les principes actifs de l'un comme de l'autre liquide, je résolus de n'observer et de ne mettre en présence que des liquides où les corps capables de réaction mutuelle, se trouveraient assez concentrés pour que leurs actions fussent aisément appréciables.

L'eau de rivière est composée presque en totalité d'eau de pluie qui, après avoir été répandue sur les champs, en découle ensuite insensiblement après s'être chargée des corps solubles organiques et inorganiques qu'elle rencontre sur son passage. Outre les corps qu'elles entraîne en dissolution elle en emporte encore une quantité beaucoup plus grande en suspension, c'est ce qui lui donne l'aspect trouble qu'elle a presque toujours. Les corps tenus en suspension par l'eau de rivière se déposent partiellement à mesure que le mouvement de cette eau devient moins agité en parcourant successivement des ruisseaux de plus en plus forts. Cependant une quantité notable de ces corps est entraînée jusqu'à la mer et l'on conçoit que ce sont les particules les plus fines qui doivent rester le plus longtemps en suspension, et réciproquement les plus grossières qui doivent se déposer le plus tôt. On comprend aussi que si, comme il est probable, les principes solubles recueillis par l'eau sont susceptibles de réagir l'un sur l'autre, et de donner lieu à une certaine élaboration ou fermentation entre leurs éléments, cet effet doit-être d'autant plus prononcé que ces éléments sont restés plus longtemps en contact mutuel, et doit par conséquent se faire

sentir de plus en plus à mesure que l'on descend vers l'embouchure des rivières.

L'eau de rivière, au moment où elle se mêle à l'eau de mer, est donc caractérisée par deux particularités ; la première, c'est qu'elle s'est dépourvue de la portion la plus grossière des corps qu'elle entraînait en suspension, mais qu'elle a conservé les particules plus fines dont la pesanteur spécifique n'a pas été assez grande ni le volume assez fort pour se précipiter malgré le mouvement du liquide ; la seconde, c'est que les principes solubles organiques et inorganiques dissous par l'eau y ont déjà séjourné pendant un certain temps, qui est d'autant plus considérable que le cours de la rivière est plus étendu, et sa rapidité moindre.

Pour imiter artificiellement, en les exagérant les propriétés de l'eau de rivière, je pris de la terre végétale ordinaire que je lavai à l'eau pure. Cette eau de lavage, décantée après quelques heures de repos, était très-trouble, et contenait, outre les principes solubles qui s'y étaient dissous, une grande quantité de particules insolubles en suspension. J'abandonnaï pendant une quinzaine de jours cette eau à elle-même, afin de continuer le dépôt des matières suspendues et de donner aux réactions entre les principes solubles le temps de s'effectuer de la même manière que dans les rivières. J'obtins ainsi une eau contenant les mêmes principes que ceux de l'eau de rivière au moment de son mélange avec l'eau de mer, mais à un état de concentration beaucoup plus grand.

Il me restait à imiter artificiellement l'eau de mer. Mais comme les sels contenus dans cette eau sont nombreux et qu'il était essentiel de savoir quels étaient ceux qui exerçaient de l'action sur l'eau de rivière, je résolus de ne pas les mêler mais de les essayer séparément. Pour les connaître je rassemblai les résultats de diverses analyses connues de l'eau de mer. Ces analyses, comme on le verra plus bas, concordent fort peu entre-elles; ce qu'il faut attribuer d'une part à des compositions réellement différentes de l'eau dans les différentes mers et à leur mélange plus ou moins fort avec les

eaux douces des rivières; d'autre part, à l'incertitude des méthodes d'analyse chimique qui ne permet guères d'attacher de l'importance à la répartition des bases et des acides entre les différents sels, et n'indique d'une manière tant soit peu certaine que les quantités totales de ces acides et de ces bases.

Quoiqu'il en soit, voici un tableau de neuf analyses d'eau de mer que j'ai recueillies dans divers auteurs.

| ORIGINE DES EAUX ANALYSEES. | Mer du Nord. | | | | Atlantique. | | La Man- che. | Méditer- ranée. |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------|--------------------|--------------------|
| | à Sche- ve- nin- gen. (1) | Dans le Zui- der- zee. (2) | Dans le goïf de l'Y. (3) | En pleine mer. (4) | (5) | (6) | | |
| Indication des sels trouvés. | | | | | | | | |
| Chlorures sodique et | | | | | | | | |
| » potassique. | 23007 | 8605 | 2088 | 25100 | 27200 | 25100 | 25100 | 23100 |
| » Magnésique. | 2500 | 153 | 152 | 4600 | 3600 | 3300 | 3300 | 3250 |
| » Calcique. | 5043 | 454 | 423 | 3500 | | | | 3219 |
| Sulfates sodique et | | | | | | | | |
| » potassique. | | | | 1050 | 50 | | | |
| » Magnésique. | 2402 | 1118 | 991 | 3250 | 2400 | 5780 | 5780 | 6250 |
| » Calcique. | 401 | 46 | 51 | 840 | 1400 | 150 | 150 | 1557 |
| Carbonates Magnésique | 117 | 151 | 170 | 206 | 40 | 200 | 200 | 150 |
| » Calcique. | 145 | 124 | 102 | 500 | | 110 | | 336 |
| Bromures, iodures et matières organiques. | | | | | | | | |
| Totaux . . | 32417 | 10651 | 9959 | 36800 | 34800 | 34750 | 34750 | 36900 |
| | | | | | | | | 37652 |

Les analyses (1) (2) et (3) faites par G. J. Mulder, sont extraites de l'onvrage de cet auteur : *Verhandeling over de wateren en lucht der stad Amsterdam, enz.* (Amsterdam, 1827) — L'analyse (4) de P. Driessen est citée dans la traduction de l'onvrage de Fr. Arends (Tom. II. pag. 323.) -- L'analyse (5) est tirée du Précis de

chimie industrielle de Payen pag. 42. — L'analyse (9) par Usiglio est tirée de la même source. — Les analyses (6) (7) et (8) sont de Bouillon-Lagrange et Vogel. (Annales de chimie, Tom. 87 pag. 208.)

Je pourrais citer encore plusieurs autres analyses, mais comme je ne suis pas assez sûr du lieu où avaient été prises les eaux analysées, je préfère les passer sous silence.

Je dirai seulement que la Baltique, suivant Lichtenberg, Pfaff, et Link (Annales de chimie et de physique, Tome 6 pag. 434) ne contient que 0,0118 parties salines, et que celles-ci se composent d'après l'un de ces savants (Pfaff, Handbuch der analytischen Chemie II, 147.) de chlorures sodique et magnésique, de sulfates sodique, magnésique et calcique, de carbonate calcique, et d'iодures, matières organiques et oxyde de fer.

Une conclusion assez curieuse que l'on peut tirer du tableau précédent, c'est que les analyses de la même mer faites par des chimistes différents, sont beaucoup plus divergentes dans leurs résultats que les analyses de mers différentes faites par les mêmes observateurs. Ainsi les analyses (6) (7) et (8) ayant mêmes auteurs, se ressemblent beaucoup plus, quoiqu'il s'agisse de trois mers différentes, que les analyses (5) et (6) où il s'agit de la même mer, mais où les observateurs sont différents. De même les analyses (5 et (9) ou les analyses (2) et (3) venant des mêmes auteurs mais relatives à des mers différentes, ont beaucoup plus de ressemblance que les analyses (5) et (6), ou bien (8) et (9), ou bien encore (1) et (4) qui sont relatives aux mêmes mers, mais qui proviennent d'auteurs distincts. On peut à bon droit insérer delà, me paraît-il, que les différences dans les résultats des analyses proviennent au moins autant de l'imperfection des méthodes d'observation que des variations réellement existantes dans la composition des eaux de la mer. Il ne faut donc pas s'attacher bien scrupuleusement aux chiffres de ces analyses, mais considérer plutôt leurs résultats généraux.

On verra ainsi qu'en faisant abstraction des carbonates magné-

sique et calcique, et du sulfate calcaire qui sont des sels généralement répandus dans la plupart des eaux douces, les sels qui caractérisent l'eau de mer sont, outre les iodures et les bromures dont la proportion est peu connue, les chlorures sodique et magnésique, et le sulfate magnésique.

Ainsi, la première conclusion positive que l'on puisse tirer de l'ensemble des analyses connues des eaux de la mer en général, c'est que ces eaux sont caractérisées par trois sels :

le chlorure sodique dans la proportion de 25 à 30 p. 1000.

le chlorure magnésique 3 à 5 " "

le sulfate magnésique 3 à 6 " "

La seconde conclusion, c'est que les mers intérieures telles que le Zuiderzee, la Baltique, contiennent beaucoup moins de sels et beaucoup plus d'eau que les mers proprement dites avec lesquelles elles communiquent.

La troisième conclusion, aussi tranchée que les deux autres, c'est que la mer du Nord se distingue de toutes les autres mers, même de la Baltique, par la présence d'une proportion notable de chlorure calcique : 3 à 5 p. 1000.

Après avoir étudié aussi complètement que possible la composition de l'eau de mer, je cherchai à faire une étude analogue sur l'eau de rivière.

Des recherches directes, auxquelles je soumis l'eau qui avait servi à laver la terre végétale dont j'ai parlé plus haut, m'apprirent qu'outre les matières organiques entraînées en dissolution ou en suspension, les sels inorganiques dissous se composaient presque exclusivement de carbonates de magnésie, de soude ou de potasse et de chaux. Ce résultat ne peut naturellement pas être généralisé, car les sels dissous par l'eau des rivières, doivent varier d'une rivière à une autre d'après la nature des terrains que celles-ci traversent. Cependant on peut avec assez de raison regarder les mêmes sels comme répandus dans la plupart des eaux de rivière puisque les analyses connues les ont fait trouver dans toutes les eaux de source.

Le sulfate de chaux doit également se rencontrer fréquemment dans nos rivières, au moins tous nos terrains en sont-ils chargés et les eaux de nos puits sont-elles toutes fort séléniteuses.

Quant à la nature des matières organiques contenues dans l'eau de rivière, elle est beaucoup plus difficile à déterminer. J'ai déjà fait voir précédemment qu'il n'est pas probable que l'albumine y joue un rôle appréciable, comme j'avais d'abord été tenté de le croire. Il paraîtrait plutôt, d'après des expériences récentes, que ces matières auraient de l'analogie avec des corps organiques plus simples tels que le sucre, la mannile et la dextrine.

La question qui nous occupe vient d'être traitée en France dans un but agricole par l'Institut agronomique. Deux chimistes, MM. Verdeil et Risler, ont été chargés par cette société d'analyser les substances contenues dans différents sols, et de rechercher spécialement les principes solubles qu'ils renferment, principes qui seuls représentent la nourriture propre aux végétaux. Ces savants arrivèrent à des résultats curieux qu'ils communiquèrent à l'Academie des sciences de Paris, et qui ne manquent pas d'intérêt pour la question qui nous occupe.

Ils soumirent les différentes terres végétales à des lavages aussi complets que possible, et recueillirent les eaux chargées des principes solubles. Après les avoir filtrées, ils les soumirent à l'évaporation au bain-marie jusqu'à entière dessication des matières en dissolution. Ils obtinrent ainsi ces matières isolées, et purent en examiner les propriétés. Ils reconnaissent d'abord que ces matières ne se composaient pas en entier de matières organiques, mais qu'elles contenaient environ en moyenne 50 p. 0/0 de matières inorganiques; cette proportion du reste variait selon les sols de 30 à 67 p. 0/0. La calcination décomposait la partie organique, qui commençait par se noircir et se dégageait ensuite en laissant un résidu blanc. L'analyse de ce résidu donna du sulfate, du carbonate et du phosphate de chaux, de l'oxyde de fer, de l'albumine, des chlorures de sodium et de potassium, de la silice et des silicates

de sonde et de potasse, enfin des traces de magnésie. Ce qui étonna le plus les auteurs de ces recherches, ce fut de trouver des quantités notables de corps presqu'entièrement insolubles, tels que le phosphate et le carbonate de chaux, l'oxide de fer, la silice, dans le résidu d'une dissolution soigneusement filtrée. Ils durent conclure de ce résultat que ces corps insolubles n'avaient été dissous par l'eau que sous l'influence de la matière organique qui les accompagnait ; et ils résolurent en conséquence d'étudier plus particulièrement cette matière.

Ils n'y parvinrent néanmoins que d'une manière fort incomplète, parcequ'ils ne réussirent pas à séparer entièrement la matière organique des corps inorganiques qui l'accompagnaient. Une partie de ces derniers, à la vérité, se décomposait par la chaleur et cessait de se redissoudre dans l'eau après le refroidissement ; on parvint ainsi à en éloigner une partie, mais le reste demeura obstinément combiné à la matière organique. Tout ce que l'on put observer sur cette dernière, fut qu'elle possédait les propriétés d'un corps neutre analogue au sucre et à la dextrine.

Comme contre épreuve de ce résultat M. Verdeil procéda à une série d'expériences dans le but de reconnaître synthétiquement la faculté dissolvante du sucre et de la dextrine sur les substances minérales insolubles dans l'eau pure. On sait que le sucre dissout une quantité assez notable de chaux, et que la présence d'un corps organique empêche la précipitation de l'oxide de fer de ses combinaisons solubles. Il s'agissait d'étendre cette loi à d'autres corps, et M. Verdeil y réussit en parvenant à dissoudre dans de l'eau mêlée de sucre, de glucose ou de dextrine, une quantité assez notable de différents corps insolubles dans l'eau pure, tels que la silice, le carbonate et le phosphate de chaux (Voyez pour plus de détails l'Agriculteur Praticien, Novembre 1852 pag. 37.)

§ 35. Des actions chimiques de l'ordre inorganique qui se passent entre l'eau de mer et l'eau de rivière.

Après avoir précisé ainsi le mieux que je pus les données continues du problème que je voulais étudier, je commençai à rechercher expérimentalement quelle était l'action qu'exerçait sur l'eau de rivière chacun des sels contenus dans l'eau de mer.

Je reconnus après diverses expériences que les seuls sels qui eussent quelque action étaient les trois chlorures, sodique magnésique et calcique, et le sulfate calcique. Encore ce dernier n'exerçait-il d'action que pour autant qu'on l'employât à l'état de dissolution saturée, ce qui correspond à peu près à la proportion de 2 1/2 de sel pour 1000 d'eau. Essoyé à l'état de concentration dans lequel ce sel se trouve dans l'eau de mer, c'est-à-dire, au plus dans la proportion de 1 4/10 pour 1000, je n'aperçus point d'action sensible.

Du reste, comme je l'ai déjà dit plus haut, le sulfate calcique est un sel assez répandu dans les eaux douces, pour que l'action qu'il est capable d'exercer sur elles, ait l'occasion de se produire bien avant que ces eaux ne se mêlent à la mer. Et les eaux de la mer en contiennent des proportions si variables, ou pour mieux dire, si incertaines, qu'on doit en quelque sorte y considérer ce sel comme un élément plutôt accidentel qu'essentiel, et que pour cette raison seule il faudrait le mettre hors de cause.

Il ne reste donc à proprement parler que les trois chlorures auxquels on puisse assigner un rôle régulier et constant dans l'action de l'eau de mer sur l'eau de rivière.

L'acide hydrochlorique m'avait donné précédemment une action

analogue à celle de l'eau de mer ; je l'essayai en conséquence aussi sur mon eau de brûage et j'obtins le même résultat qu'avec les chlorures, ce qui me fit croire d'abord que ceux-ci n'agissaient qu'en dégagement de l'acide hydrochlorique.

Pour m'assurer davantage de ce fait j'essayai l'action du chlore, et je fis passer un courant de chlore gazeux dans mon eau de rivière. Le chlore se dissout en grande partie dans l'eau et peu de temps après il se forma un dépôt analogue à ceux déjà observés. Le liquide ne montrait aucune trace d'acidité, de sorte que l'action qui se manifestait, ne devait pas être attribuée à une transformation du chlore en acide hydrochlorique. Il devenait donc évident par là que l'on peut expliquer, soit par un dégagement d'acide hydrochlorique, soit par un dégagement de chlore, l'action que les chlorures exercent sur l'eau douce.

J'ai dit précédemment que mon eau de rivière artificielle contenait des carbonates sodique, potassique, magnésique et calcique; ce dernier probablement dissous à l'aide de la matière organique répandue dans l'eau.

Si, comme il est vraisemblable, les chlorures attaquent cette matière organique, le carbonate calcique devait s'en séparer et se précipiter ; c'était un premier fait à constater.

D'un autre côté, les carbonates solubles de l'eau douce rencontrant un sel de chaux soluble, le chlorure calcique, devaient se combiner avec lui par double décomposition et former du carbonate calcique insoluble qui devait encore se précipiter.

La principale action de l'ordre inorganique devait donc consister dans une précipitation de carbonate de chaux.

Pour vérifier ces prévisions, j'examinai d'abord le dépôt produit pas l'action du chlorure calcique sur l'eau de rivière, et j'y trouvai, comme je devais m'y attendre, une assez forte proportion de carbonate calcique.

J'examinai ensuite les dépôts produits par les autres chlorures et par l'acide hydrochlorique, et j'y trouvai de même une proportion

notable de carbonate calcique, qui cette fois ne pouvait provenir des chlorures, et qui par conséquent devait avoir été précipité de l'eau de rivière en même temps que la matière organique qui le tenait en dissolution.

Les dépôts obtenus se composaient donc tous de matière organique coagulée et de carbonate de chaux. Et en effet, en les essayant à l'acide hydrochlorique, je reconnus qu'une partie, le carbonate calcique, s'y dissolvait, et qu'une autre partie, la matière organique, restait insoluble.

Enfin comme troisième vérification j'examinai la vase déposée naturellement sur le bord de nos rivières sous l'influence de l'eau de mer et j'y trouvai une quantité notable de carbonate calcique, ce résultat n'était d'ailleurs pas local puisqu'il avait été constaté sur toute l'étendue de nos côtes comme je l'ai dit précédemment.

Ainsi la précipitation du carbonate calcique qui d'après mes prévisions devait être dans l'ordre inorganique le fait prédominant de l'action de l'eau de mer sur l'eau de rivière, se trouvait pleinement vérifiée par l'expérience.

Ce fait reçoit même une confirmation toute spéciale d'une circonstance observée sur les alluvions de nos côtes et que j'ai citée plus haut en rendant compte des opinions de Fr. Arends sur la formation de ces alluvions. Cet auteur fait remarquer que les alluvions les plus rapprochées de la mer sont aussi les plus calcaires, et que celles qui se trouvent plus loin vers l'intérieur le long des rivières, le sont le moins. Il est aisément de voir d'après ce qui précède que la décomposition des carbonates solubles de l'eau douce et la formation du carbonate calcique doivent en effet être le plus énergiques à mesure que l'influence de l'eau salée augmente en s'approchant de la mer.

anologue à celle de l'eau de mer ; je l'essayai en conséquence aussi sur mon eau de lavage et j'obtins le même résultat qu'avec les chlorures, ce qui me fit croire d'abord que ceux-ci n'agissaient qu'en dégageant de l'acide hydrochlorique.

Pour m'assurer davantage de ce fait j'essayai l'action du chlore, et je fis passer un courant de chlore gazeux dans mon eau de rivière. Le chlore se dissout en grande partie dans l'eau et peu de temps après il se forma un dépôt analogue à ceux déjà observés. Le liquide ne montrait aucune trace d'acidité, de sorte que l'action qui se manifestait, ne devait pas être attribuée à une transformation du chlore en acide hydrochlorique. Il devenait donc évident par là que l'on peut expliquer, soit par un dégagement d'acide hydrochlorique, soit par un dégagement de chlore, l'action que les chlorures exercent sur l'eau douce.

J'ai dit précédemment que mon eau de rivière artificielle contenait des carbonates sodique, potassique, magnésique et calcique; ce dernier probablement dissous à l'aide de la matière organique répandue dans l'eau.

Si, comme il est vraisemblable, les chlorures attaquent cette matière organique, le carbonate calcique devait s'en séparer et se précipiter ; c'était un premier fait à constater.

D'un autre côté, les carbonates solubles de l'eau douce rencontrant un sel de chaux soluble, le chlorure calcique, devaient se combiner avec lui par double décomposition et former du carbonate calcique insoluble qui devait encore se précipiter.

La principale action de l'ordre inorganique devait donc consister dans une précipitation de carbonate de chaux.

Pour vérifier ces prévisions, j'examinai d'abord le dépôt produit par l'action du chlorure calcique sur l'eau de rivière, et j'y trouvai, comme je devais m'y attendre, une assez forte proportion de carbonate calcique.

J'examinai ensuite les dépôts produits par les autres chlorures et par l'acide hydrochlorique, et j'y trouvai de même une proportion

notable de carbonate calcique, qui cette fois ne pouvait provenir des chlorures, et qui par conséquent devait avoir été précipité de l'eau de rivière en même temps que la matière organique qui le tenait en dissolution.

Les dépôts obtenus se composaient donc tous de matière organique coagulée et de carbonate de chaux. Et en effet, en les essayant à l'acide hydrochlorique, je reconnus qu'une partie, le carbonate calcique, s'y dissolvait, et qu'une autre partie, la matière organique, restait insoluble.

Enfin comme troisième vérification j'examinai la vase déposée naturellement sur le bord de nos rivières sous l'influence de l'eau de mer et j'y trouvai une quantité notable de carbonate calcique, ce résultat n'était d'ailleurs pas local puisqu'il avait été constaté sur toute l'étendue de nos côtes comme je l'ai dit précédemment.

Ainsi la précipitation du carbonate calcique qui d'après mes prévisions devait être dans l'ordre inorganique le fait prédominant de l'action de l'eau de mer sur l'eau de rivière, se trouvait pleinement vérifiée par l'expérience.

Ce fait reçoit même une confirmation toute spéciale d'une circonstance observée sur les alluvions de nos côtes et que j'ai citée plus haut en rendant compte des opinions de Fr. Arends sur la formation de ces alluvions. Cet auteur fait remarquer que les alluvions les plus rapprochées de la mer sont aussi les plus calcaires, et que celles qui se trouvent plus loin vers l'intérieur le long des rivières, le sont le moins. Il est aisément de voir d'après ce qui précède que la décomposition des carbonates solubles de l'eau douce et la formation du carbonate calcique doivent en effet être le plus énergiques à mesure que l'influence de l'eau salée augmente en s'approchant de la mer.

§ 36. Des actions chimiques de l'ordre organique qui se passent entre l'eau de mer et l'eau de rivière.

Il est aisé de voir que ce n'est pas par la précipitation seule du carbonate calcique que l'action de l'eau de mer sur l'eau de riv re peut s'expliquer. Les dépôts que j'avais obtenus avaient tous un aspect floconneux et organique qui ne permettait pas d'y voir exclusivement le résultat d'une action inorganique. D'ailleurs le sol de nos alluvions maritimes est caractérisé par tout autre chose que par sa nature calcaire; et quoique ce dernier caractère lui convienne parfaitement, ce qui confirme entièrement la théorie pr c idente, il est certain cependant que la principale propriété qui le distingue des autres sols, c'est la richesse de ses principes nutritifs, c'est la fertilité en quelque sorte inépuisable qu'il offre à la culture. C'est donc bien plus par ses éléments organiques que par ses éléments inorganiques que ce terrain est caractérisé, et c'est surtout sous le point de vue organique qu'il est intéressant d'en étudier la nature et l'origine.

Les recherches des chimistes français d'ont j'ai parlé plus haut m'avaient déjà mis sur la voie de ce que je cherchais moi-même. J'avais ainsi appris à connaître quelques unes des propriétés de la mat re organique dont j'avais reconnu la présence dans mon eau de riv re artificielle, et tout m'avoit porté à conclure que les dépôts floconneux que les chlorures de l'eau de mer et l'acide hydrochlorique provoquaient dans l'eau de riv re, étaient d s à l'action de cet acide sur la mat re organique contenue dans l'eau en question.

Il s'agissait à présent de rechercher les détails de cette action, et d'en étudier de plus près la nature.

Pour cela, partant des indications de MM. Verdeil et Risler qui

avaient trouvé de l'analogie entre la matière organique en question, et le sucre, la gomme et la dextrine, je crus utile de rechercher qu'elle serait l'action d'un chlorure sur des dissolutions de ces trois corps organiques. Je soumis donc ces dissolutions séparément à l'action du chlorure calcique et au bout de quelques jours je vis nager dans les divers liquides des flocons d'un blanc nacré, translucides, d'un aspect soit albumineux comme les flocons du blanc d'œuf, soit filamenteux comme les végétations de la moisissure.

Ces flocons descendaient au fond du vase quand on l'agitait, et ils paraissaient devenir d'un blanc plus opaque quand on chauffait le liquide.

Au bout de quelques jours de repos, ils acquièrent encore plus de ressemblance avec la moisissure en se tachant en vert sombre et prenant ainsi non seulement la forme mais encore la teinte de la moisissure ordinaire.

Ces résultats paraissaient confirmer au moins en partie la réalité d'une grande analogie entre la matière organique de l'eau de rivière, et les corps que je venais d'essayer. Cependant, comme dans les actions de l'ordre organique, il est indispensable de suivre de près les phénomènes que présente la structure des corps et la forme qu'elle affecte, je voulus soumettre au microscope les divers dépôts que j'avais obtenus. et j'examinai en conséquence ces dépôts sous un grossissement qui pouvait aller jusqu'à 300 fois la grandeur réelle en diamètre.

Voici les faits principaux que je parvins à constater après de nombreuses recherches.

Les dépôts formés dans l'eau de rivière par les chlorures et l'acide hydrochlorique sont formés de flocons de matière transparente, d'un aspect gélatineux ou albumineux, et présentant une espèce de réseau grossier dans lequel sont emprisonnées en grande quantité des particules terreuses opaques et brunes. Ce réseau se présente souvent en forme de plaques, auquel cas il ressemble un peu à une aile d'insecte moins la régularité du tissu.

Dans les dissolutions de gomme, de dextrine et de sucre, les nuages floconneux qui s'étaient formés sous l'action du chlorure calcique, avaient une conformation différente. Ils se montrèrent composés d'une multitude de filaments séparés, ne formant point tissu ; leur aspect était celui d'une végétation plutôt que d'un réseau. Je fus donc tenté de n'y voir que le produit d'une moisissure ordinaire d'autant plus que les divers liquides répandaient une odeur acide qui dénotait une fermentation. Une autre circonstance tendait encore à confirmer cette conclusion : c'est que la dissolution de gomme arabique, qui est bien plus lente à fermenter que le sucre ou la dextrine, contenait beaucoup moins de flocons que les autres, et que les filaments dont ces flocons se composaient étaient moins développés et moins distinctement formés que dans les dissolutions de sucre et de dextrine.

Il avait dû y avoir cependant une action spéciale de la part du chlorure, car les dissolutions seules, abandonnées à elles-mêmes, n'eussent pas pu donner au bout de si peu de temps des résultats aussi sensibles, et la fermentation acide ne s'y serait d'ailleurs certainement pas manifestée aussi tôt.

L'acide hydrochlorique eut sur les dissolutions de gomme et de sucre des effets qui se rapprochaient beaucoup plus de ceux que j'avais observés sur l'eau de rivière. Dans la gomme surtout les dépôts étaient à peu près identiques avec ceux de l'eau de rivière; vus au microscope ils présentaient l'aspect du même réseau albumineux en forme de flocons tremblotants ou de plaques minces.

Je retrouvai encore les mêmes formes dans les dépôts produits dans l'eau de rivière par le chlore gazeux. Le microscope ne fit donc que confirmer l'analogie que j'avais déjà remarquée à l'œil nu entre la manière d'agir du chlore et celle de l'acide hydrochlorique sur l'eau de rivière.

Je fus donc autorisé à conclure de ces expériences, quant à la nature de la matière organique répandue dans l'eau de rivière :

1° Qu'il existe une grande analogie entre cette matière organique et la gomme ordinaire.

2° Que ces deux corps éprouvent à peu près la même coagulation de la part de l'acide hydrochlorique.

3° Que la matière organique de l'eau de rivière est en outre encore coagulée par le chlore et les chlorures contenus dans l'eau de mer, et que si je n'avais pas constaté identiquement les mêmes effets sur la gomme, cette différence était fort probablement due à des circonstances étrangères.

L'action de l'eau de mer sur l'eau de rivière envisagée au point de vue de l'ordre organique consiste donc en ceci : que les chlorures de la première coagulent la matière organique de la seconde, et la précipitent sous forme de réseau gélatineux qui entraîne les matières en suspension contenues dans le liquide. Les chlorures agissent dans cette circonstance, soit directement comme chlorures, soit en dégageant du chlore ou de l'acide hydrochlorique ; l'opération tout entière peut être comparée pour la forme à la clarification du vin par le blanc d'œuf, où l'on remarque une série de phénomènes semblables dans la coagulation de l'albumine par l'alcool, et dans la précipitation subséquente du coagulum entraînant avec lui les particules les plus tenues qui se trouvent en suspension dans le liquide.

Ce phénomène de clarification s'opérait en général assez rapidement.

Dans une expérience que je suivis de près, de l'eau qui avait servi à laver la terre végétale, après être restée en repos pendant une quinzaine de jours contenait quelques pellicules visibles à l'œil nu qui flottaient près du fond du liquide, formant un léger dépôt mêlé de quelques matières végétales et terreuses. Au-dessus de ce dépôt le reste de la masse liquide avait un aspect trouble, sans cependant laisser distinguer les corps en suspension qui la troublaient. On mêla à cette eau une dissolution de chlorure calcique et au bout d'une demi-heure, on vit un nuage très prononcé se former à la partie supérieure du liquide. Ce nuage s'épaississant de plus en plus, descendit

lentement en laissant au-dessus de lui l'eau parfaitement claire et limpide. Il était composé d'une grande quantité de flocons plus ou moins colorés par les matières que l'eau tenait en suspension. Au bout de plusieurs heures le nuage entier avait gagné le fond.

Je dois signaler ici une circonstance, à laquelle j'avais cru d'abord devoir attacher une grande importance, mais qui ne résista pas à un examen plus approfondi. J'ai dit plus haut que l'eau de rivière naturelle, par laquelle j'avais commencé mes expériences, avait donné après un repos de plusieurs jours une grande quantité d'infusoires visibles à l'œil nu, qui avait été tués par le mélange de l'eau de mer.

En examinant mon eau de rivière artificielle au microscope, je crus reconnaître qu'un phénomène analogue se passait sur des infusoires d'un ordre différent qui n'étaient visibles que sous de forts grossissements.

L'eau de lavage de la terre végétale après deux jours de repos contient une grande quantité d'animaux infusoires d'une forme très simple : cette forme est celle d'une ellipse pointue aux deux extrémités. Ces animaux paraissent transparents, ils n'ont pas de membres extérieurs, mais présentent quelques traces d'organisation intérieure, quoiqu'il soit difficile de décider si ce que l'on voit ainsi n'est pas simplement l'effet de la réfraction inégale produite sur la lumière qui traverse leur corps diaphane par des inégalités de leur enveloppe extérieure. Si la goutte d'eau qui contient ces infusoires vient à se dessécher, les animaux meurent, et ne reprennent plus le mouvement quand on verse de nouveau une goutte d'eau sur eux. A l'état de mort, les infusoires semblent s'être aplatis et s'être réduits à leur enveloppe extérieure qui flotte dans le liquide sous forme d'une pellicule transparente à surface inégale.

Lorsque, sans laisser dessécher la goutte qui contient les infusoires, on y mêle une goutte de chlorure de calcium, les animaux sont tués instantanément, et leurs cadavres ont également l'aspect que je viens de décrire.

Pour compléter la description de ce que l'on voit dans l'eau de lavage de la terre végétale, il faut ajouter qu'outre des animaux vivants qui s'y meuvent avec rapidité, on trouve encore des matières organiques privées de vie qui ressemblent beaucoup à ce que deviennent les infusoires quand d'une manière ou d'une autre ils ont cessé de vivre. Je crus donc y voir des restes d'animaux déjà morts qui continuaient à flotter dans le liquide.

Après une quinzaine de jours de repos, l'eau contient à peu près la même quantité d'infusoires vivants, mais la matière organique inerte est considérablement augmentée ; elle forme de petits flocons au fond de l'eau et a entraîné avec elle des matières végétales et terreuses qui la colorent en brun. C'est ce qui forme le léger dépôt visible à l'œil nu que l'on observe dans l'eau de lavage qui a reposé depuis quelques jours et dont j'ai déjà rendu compte plus haut.

Je crus pouvoir m'expliquer cet accroissement de matière inerte par la précipitation de nouveaux cadavres d'infusoires morts naturellement pendant l'intervalle des deux observations.

En mêlant à cette eau du chlorure calcique à l'état de dissolution assez concentrée, je savais par une expérience précédente que les infusoires devoient avoir été instantanément tués ; il me paroissait donc fort probable que le nuage floconneux que je voyais se former et descendre dans le liquide, était dû à une multitude d'infusoires morts qui se précipitaient lentement sous forme de pellicules entraînant avec elles les corps étrangers suspendus dans l'eau.

Afin de contrôler ce résultat, je voulus m'assurer si l'action souffrante du chlorure calcique sur les infusoires ne dépendait pas uniquement du degré de concentration de la dissolution de ce sel qui est très soluble dans l'eau. Comme l'eau de mer n'en contient au maximum que 1/2 p. 100, tandis que l'eau peut en dissoudre 400 p. 100, on conçoit que l'action de ce sel peut différer énormément selon le degré de concentration auquel sa dissolution est employée.

J'essayai donc l'action du chlorure calcique au même état de

dilution auquel il se trouve dans l'eau de mer, et je fus fort surpris de voir que non-seulement les animalcules n'en étaient point tués, mais même qu'ils paraissaient y acquérir une activité nouvelle qui ne se ralentit pas pendant plus de vingt quatre heures que je pus en faire l'observation.

Cependant le chlorure calcique, à ce même état de division agissait énergiquement sur la clarification de l'eau de rivière et sur la production des nuages que j'avais d'abord pris pour une réunion d'animalcules soudroyés.

Il fallut donc nécessairement abandonner cette explication, et se contenter de voir dans la clarification dont il s'agit, le résultat d'une coagulation de la matière organique de l'eau de rivière par les chlorures ou plutôt par l'acide hydrochlorique.

Mes expériences me montrèrent encore un résultat auquel il était facile de s'attendre, c'est que le phénomène de clarification s'opérait d'autant plus rapidement et plus complètement que les chlorures étaient employés à un état plus concentré. Je ne signalerais pas ici cette circonstance toute naturelle, si elle ne donnait pas l'explication d'une singularité que l'on a eu déjà souvent l'occasion de remarquer sur notre littoral, c'est que les rives du Zuiderzee s'envasent fort peu, en comparaison surtout des côtes de la mer du Nord proprement dite, qui paraissent bien moins favorablement disposées pour aider cet effet. Le Zuiderzee est un golfe tranquille, où les dépôts devraient se produire aisément et où les matières déposables doivent arriver en abondance par le bras du grand fleuve qui s'y jette. Et cependant les côtes ne s'attérisent point, parceque l'eau du golfe n'est presque pas chargée de sels ; ce n'est pas dans le Zuiderzee que la réaction chimique de l'eau salée et de l'eau douce peut avoir lieu complètement. Il faut que les eaux du Rhin poursuivent leur cours jusqu'à la mer avant de pouvoir trouver en quantité suffisante l'agent qui doit les clarifier.

§ 37. Examen des précipités qui se forment dans le mélange des deux eaux.

Avant de procéder plus avant dans mes recherches, je crus utile de faire l'analyse de la vase formée naturellement dans une rivière sous l'influence de l'eau de mer.

Je pris à cet effet de la vase des bords de l'Escaut en aval d'Auvers. Comme l'eau salée remonte à plusieurs lieues plus haut qu'Anvers, la vase que j'avais à ma disposition était produite sous l'influence de l'eau de mer, quoiqu'à un moindre degré que celle qui se dépose le long des côtes.

Je commençai par évaporer toute l'eau de la vase et je la réduisis ainsi aux tiers environ de son poids. Je la calcinai ensuite dans un crenet dans le but de lui enlever ses matières organiques ; cette opération lui fit perdre un huitième de son poids. J'en conclus que la vase due à la réaction mutuelle des eaux de mer et de rivière contient $\frac{1}{8}$ de matières organiques et $\frac{7}{8}$ de matières inorganiques. Cette proportion déjà si forte de matières organiques augmente apparemment encore à mesure que l'on approche de la mer. On peut s'expliquer déjà d'après ce résultat la grande fertilité de nos alluvions maritimes ; car la terre végétale ordinaire que je soumis à la calcination après l'avoir desséchée, ne perdit que $\frac{1}{15}$ de son poids, ce qui prouve qu'elle contenait moitié moins de matière organique que la vase de nos alluvions.

La calcination de la vase desséchée commença par dégager une faible odeur d'ammoniaque impur; plus tard il se produisit une assez forte odeur sulfureuse. Il est donc probable que les produits organiques de la vase contiennent de l'hydrosulfate d'ammoniaque.

La calcination, outre les produits organiques qu'elle avait volatilisés, avait selon toute apparence eu également pour résultat de décomposer les carbonates au moins en partie, et de dégager l'acide carbonique. La perte en matières organiques se trouvait donc exagérée de ce chef puisqu'elle était augmentée de la perte due au dégagement d'acide carbonique des composants inorganiques de la vase. D'un autre côté cependant, comme les résidus fixes de la calcination des matières organiques étaient restés dans la vase calcinée et avaient été pesés avec elle comme composants inorganiques, il y avait de ce chef un rectification inverse à opérer sur le résultat obtenu. On pouvait donc regarder ces deux erreurs comme se compensant mutuellement, et la proportion d'un sur huit comme indiquant d'une manière approximativement exacte la quantité relative de matières organiques contenue dans la vase.

Je procédaï ensuite à l'examen de la partie inorganique. Je la trouvai composée de silice et d'alumine qui sont les composants de l'argile, de carbonate de chaux, de protoxide et de peroxide de fer, et d'une petite quantité de potasse. Je n'y rencontrai point de magnésie.



§ 38 Seconde émersion de notre plaine maritime.

Il me reste à présent, pour compléter la série des questions que je m'étais proposé d'examiner, à traiter celle qui est relative à la dernière sortie de la mer de dessus les terrains inondés par elle le long de notre littoral.

Cette sortie a eu pour cause première l'excavation successive du terrain par le dépôt des alluvions glaiseuses sur la tourbe ; cependant cette cause a partout dû être aidée par la main de l'homme, qui au moyen de digues artificielles est venu mettre à l'abri des plus grandes crues de la marée, les terrains que l'alluvion naturelle n'avait pu qu'élever tout au plus à la hauteur des marées ordinaires.

Les premières inondations de la mer sur le terrain de tourbe paraissent coïncider comme on l'a vu plus haut, avec l'arrivée des Romains dans notre pays. Les premiers endiguements au contraire, paraissent dater du 12^e siècle. A partir de cette époque ils furent poussés avec une grande vigueur, de telle sorte qu'à la fin du 14^e siècle on avait construit dans les Pays-Bas plus de 700 kilomètres de digues. (Lacroix, mémoire cité pag. 206). Arends évalue leur développement actuel à 330 milles d'Allemagne, 2500 kilomètres, en y comprenant les digues qui enferment les eaux des fleuves aussi loin que la marée s'y fait sentir. (Arends Tome I, p. 210). Il évalue la dépense de ces ouvrages à 225 millions de francs, sans compter les écluses, revêtements, perrés etc., qui doivent augmenter ce chiffre d'un quart environ. La surface de terrain alluvionnaire protégée de cette façon contre les envahissements de la mer, s'élèverait d'après lui à 238 myriamètres carrés. (424,5 milles géographiques carrés ainsi distribués (pag. 250).

§ 39 Des Fleuves et Rivières qui coulent dans la plaine maritime.

J'ai terminé tout ce que j'avais à dire sur la formation géologique de notre plaine maritime et sur les actions naturelles ou artificielles qui ont contribué à cette formation.

Je me propose d'étudier maintenant l'histoire des cours d'eau qui débouchent sur cette plaine.

Les fleuves et rivières qui se jettent dans la mer du Nord, présentent dans la partie de leurs cours qui traverse notre plaine maritime, des particularités fort remarquables que nous allons examiner.

Participant à l'horizontalité presque complète du terrain sur lequel ils roulement leurs eaux, la pente de leur lit est pour ainsi dire insensible ; et la marée, aux oscillations de laquelle leur voisinage de l'Océan les rend sujets, verse périodiquement dans leur lit des masses énormes de liquide, qui en agrandissent les dimensions hors de toute proportion avec l'importance réelle de leurs eaux propres.

Il se forme ainsi de véritables bras de mer qui n'ont de commun que le nom avec les fleuves et rivières dont ils sont le prolongement, et dont la source doit être cherchée à leur embouchure dans la mer bien plutôt que sur les terres du continent.

Les parties du cours où le flux et le reflux de la marée se font sentir doivent donc être soigneusement distinguées des parties où la marche des eaux est constamment descendante. Dans celles-ci, l'intensité du courant est indépendante de la configuration du lit, et des autres circonstances que le cours rencontre : les accidents qui se présentent ne peuvent ni augmenter ni diminuer la masse des eaux qu'elles charrient. Dans les premières, au

contraire, le courant qui provient de la marée n'a pas d'intensité absolue, parcequ'il dépend du volume de liquide auquel la rivière donne entrée pendant les six heures que dure la période ascensionnelle du flux. Chaque obstacle que le courant rencontre oppose une résistance particulière à l'entrée des eaux et diminue la quantité de celles qui pénètrent dans la rivière; et comme toutes les eaux qui sont entrées pendant la marée montante doivent sortir pendant la marée descendante, il en résulte que l'obstacle qui affaiblit le courant ascendant parcequ'il diminue la masse des eaux qui entrent, doit affaiblir d'une égale quantité le courant descendant parcequ'il diminue la masse des eaux qui peuvent sortir.

Ainsi, dans les rivières ordinaires, c'est l'intensité du courant qui détermine la section du lit, tandis que dans les rivières à marée, c'est la section du lit qui détermine généralement l'intensité du courant. Dans les rivières ordinaires, le rétrécissement du lit occasionne l'affouillement du fond ou le gongslement de la surface liquide; dans les rivières à marée, il n'occasionne que des attérissages en amont et en aval de l'obstacle. Dans les rivières ordinaires, les entraves que l'on oppose au courant produisent, une dénivellation de la surface et une augmentation de rapidité dans le mouvement des eaux; dans les rivières à marée, les entraves ne produisent que des embâlements et des dépôts sur toute l'étendue du lit.

Je donnerai plus bas quelques développements à ces diverses propositions.

Les cours d'eau dont nous nous occupons ont encore d'autres particularités qui comme celle que je viens d'analyser, résultent de la situation presque horizontale du terrain sur lequel ils coulent.

L'une de ces particularités est la grande facilité avec laquelle ils changent leur cours, se creusent de nouveaux lits, abandonnent les anciens, se bifurquent ou se réunissent. Cette grande mobilité de direction a amené des déplacements si considérables et des révolutions si profondes que je ne crois pas pouvoir me dispenser d'en parler avec détails ci-après. Je reprendrai donc plus tard une à une

l'histoire de chacun de nos cours d'eau , et je me contenterai de dire ici que les changements qu'ils ont éprouvés obéissent à des tendances générales en vertu desquelles les fleuves et rivières débouchant sur la partie des côtes située en deçà du Zuiderzee se déplacent vers l'Ouest et le Midi. tandis que ceux qui ont leurs embouchures à l'Est de la Frise se déplacent vers l'Est. Je tâcherai plus loin d'expliquer à quoi sont dues ces deux tendances contraires.

Une autre particularité provenant des mêmes causes, est l'exhaussement continu du fond des lits de rivière par le dépôt des matières terreuses que les eaux amènent de l'intérieur du continent. J'entrerai également dans quelques développements à l'égard de cette action et de ses résultats.

Mais avant d'entamer la discussion de ces diverses particularités, je dois encore insister en quelques mots sur le phénomène qui leur donne naissance, c'est-à-dire sur le défaut de pente que présentent les cours d'eau dans le parcours de notre plaine maritime.

Le plus remarquable de ces cours d'eau sous ce rapport est peut-être l'Escaut, car sans les écluses qui en barrent le cours à Gand la marée remonterait au-delà de cette ville c'est -à-dire à environ 160 kilomètres de l'embouchure, distance mesurée suivant les sinuosités du cours.

La Merwe, entre la mer et Dordrecht, n'a qu'une pente de 1 sur 108,000, et entre Dordrecht et Hardinxveld, de 1 sur 13,500. (Velse, Rivierkundige verhandeling , pag. 126. — Voyez aussi l'Architecture hydraulique de Wiebeking.)

Dans la Meuse, la hauteur des eaux moyennes à Kuik à 200 kilomètres environ de l'embouchure, est de 7^m 80 au-dessus du niveau moyen de la mer. (Lacroix pag. 210) :

Dans le Rhin on trouve à Arnhem à la même distance de l'embouchure un chiffre un peu plus fort, c'est-à-dire 9^m 20. (Lacroix pag. 212).

La pente moyenne est donc de 1 sur 25,000 pour le premier et de 1 sur 20,000 pour le second de ces deux fleuves.

Comme point de comparaison je dirai que le même Rhin depuis Arnhem jusqu'à Strasbourg monte de 2 pieds par mille géographique c'est-à-dire de 1 sur 12,000 ; et entre Strasbourg et Schaffhouse, de 4 pieds par mille, soit de 1 sur 6000 (Malte Brun, Livre 32).

Les divers cours d'eau de l'Ost-Frise présentent des pentes qui varient de 1 sur 30,000 à 1 sur 70,000. (Brahm, Principes d'hydraulique § 208).

J'ai déjà dit plus haut que la marée remontait dans l'Ems à 37 kilomètres de distance de l'embouchure dans le Dollart, c'est-à-dire à 75 kilomètres environ de la côte proprement dite.

Dans le Weser, la marée remonte à 56 kilomètres de Bremerhasen, c'est-à-dire à 90 kilomètres au moins de la ligne extérieure des côtes.

Dans l'Elbe, la marée remonte à 126 kilomètres de l'embouchure; et dans l'Eyder, elle parcourt 50 kilomètres dans le lit proprement dit de la rivière, et s'étend ainsi à plus de 65 kilomètres de la ligne extérieure des côtes.

De l'autre côté de la mer du Nord, la Tamise, qui coule dans un terrain analogue à celui qui nous occupe, laisse remonter la marée à 90 kilomètres environ de son embouchure.

§ 40. De l'action de la marée dans les rivières.

Pour se faire une idée de l'action de la marée dans les rivières qui y sont sujettes, il est nécessaire de calculer d'une manière approximative le volume des eaux que le flux y fait entrer et que le reflux en fait sortir, et de comparer ce volume au débit propre de la rivière pendant le même espace de temps.

Ce calcul, comme on le pense bien, ne peut-être que très superficiel, car il serait impossible, sans des mesurages extrêmement minutieux et compliqués de le faire exactement. Néanmoins les résultats auxquels on parvient sont assez significatifs pour dispenser d'une exactitude plus grande.

Pour calculer approximativement le volume d'eau que la marée fait entrer dans une rivière, il faut se figurer ce volume comme formant au moment où la marée est haute à l'embouchure, une tranche d'une épaisseur constamment décroissante depuis l'embouchure jusqu'à l'endroit où la marée est basse à l'intérieur de la rivière, et où par conséquent l'épaisseur devient nulle. La largeur de cette tranche décroît aussi continuellement depuis l'embouchure où elle est très grande, jusqu'à l'autre extrémité où elle se réduit à une largeur très faible par rapport à celle de l'embouchure.

On peut donc considérer ce volume comme une espèce de pyramide couchée ayant sa base verticale à l'embouchure et son sommet à l'endroit du lit où la marée est basse quand elle est haute à l'embouchure. La base de cette pyramide est un rectangle ayant pour largeur la largeur de l'embouchure et pour hauteur la hauteur de la marée au même endroit. Le sommet de la pyramide ne se réduit pas rigoureusement à un point, puisque le lit de la

rivière y conserve encore une certaine largeur, mais comme cette largeur est très petite par rapport à celle de l'embouchure, on peut dans un calcul aussi superficiel que celui-ci la négliger tout à fait. Alors le volume cherché est égal au tiers du produit de la base de la pyramide multipliée par sa longueur, c'est-à-dire au tiers du produit des trois quantités suivantes :

la largeur de l'embouchure,
la hauteur de la marée à l'embouchure,
le développement de la partie du lit occupée par
la marée montante.

Prenons pour premier exemple de ce calcul, l'Escaut.

Pour cette rivière nous avons approximativement les dimensions suivantes :

largeur de l'embouchure 4000^m
hauteur de la marée à l'embouchure 4^m
distance occupée simultanément
par le flux 100,000^m

Le tiers du produit de ces trois quantités est égal à 533 millions de mètres cubes. C'est donc là le volume d'eau que la marée montante fait entrer dans la rivière, et ce volume a dû y entrer en 6 heures et quelques minutes. Pendant le même espace de temps le débit propre de la rivière qui est d'environ 200 mètres cubes par seconde en eaux moyennes, fournit un volume d'eau égal à 4 1/2 millions de mètres cubes au plus. Le premier volume surpasse le second dans le rapport de 118 à 1. Il résulte de la comparaison de ces deux chiffres que sur 119 volumes d'eau qui parcourent le lit de la rivière, un seul volume est dû aux eaux supérieures et 118 aux eaux de la marée. Ce résultat a de quoi effrayer l'imagination; il est pourtant facile de s'assurer qu'il n'est nullement exagéré en le contrôlant par la comparaison des sections du lit mesurées d'une part à l'embouchure et d'autre part hors de l'atteinte de la marée sur les différents affluents dont la réunion constitue le fleuve. On trouvera ainsi que la largeur réunie de tous ces affluents, savoir la Nèthe au-

dessus de Lierre, la Dyle et la Senne au-dessus de Malines, la Dendre au-dessus d'Alost, l'Escaut et la Lys au-dessus de Gand, n'atteint pas la 12^e partie de la largeur de l'embouchure; que la profondeur moyenne de tous ces affluents est à-peu-près la 10^e partie de la profondeur moyenne de l'eau à l'embouchure; enfin que la vitesse, qui est en général assez faible dans les affluents, est probablement dépassée ou au moins égalée par la vitesse moyenne de la marée à l'embouchure, vitesse qui à la vérité, est très petite vers le commencement et la fin du flux, mais qui par contre est considérable à la mi-marée. D'après ce calcul de vérification la masse d'eau qui passerait à l'embouchure serait plus de 120 fois plus considérable que celle qui passerait aux endroits du lit immédiatement en amont du parcours de la marée; de manière que la disproportion entre les importances relatives des courants dûs aux eaux de la marée et aux eaux supérieures serait encore plus grande que nous ne l'avons trouvée plus haut.

L'Escaut, comme je l'ai déjà dit, est le plus remarquable des fleuves de la mer du Nord, sous le rapport de son défaut de pente; il résulte de là qu'il est aussi le plus remarquable sous le rapport de l'influence de la marée. Dans les autres fleuves, nous ne trouverons pas en général une disproportion aussi énorme entre l'action de la marée et celle des eaux intérieures.

La Meuse et le Rhin ont pour embouchure à la mer les quatre cours d'eau appelés : Escaut oriental, Grevelingen, Haringvliet, et Vieille Meuse. Leur largeur réunie est d'environ 15,000 mètres.

La hauteur moyenne de la marée à ces diverses embouchures est de 2^m 50.

La distance à laquelle le flux s'étend simultanément à l'intérieur est d'environ 100 kilomètres ou 100,000 mètres.

Le tiers du produit de ces trois quantités donne un volume de 1250 millions de mètres cubes pour la quantité d'eau que chaque flux fait entrer dans les deux fleuves.

Le débit propre du Rhin d'après des jaugeages faits en 1819,

est de 2000 mètres cubes par seconde dans les eaux moyennes, de 6000 mètres dans les hautes eaux et de 9000 mètres dans les crues extraordinaires. (Lacroix, mémoire cité, pag. 212.) Dans les circonstances ordinaires, $\frac{1}{12}$ seulement des eaux se décharge par le Nord dans le Zuiderzee, les $\frac{11}{12}$ restants se dirigent par le Waal et le Leck vers la mer du Nord. (Ibid.) Le volume d'eau qui prend cette dernière direction est donc d'environ 1800 mètres, et si l'on y ajoute environ 400 mètres pour le débit de la Meuse, on obtient un total de 2200 mètres cubes d'eaux supérieures par seconde, ce qui fournit pendant l'espace d'une marée montante ou descendante 50 millions de mètres cubes.

Il résulte de ce calcul que la proportion entre les eaux de la marée et les eaux supérieures, est ici de 50 à 1250, c'est-à-dire de 1 à 25. Il est probable que ce rapport doit être un peu augmenté parceque je n'ai pas tenu compte, en calculant les eaux dues à la marée, des énormes espaces de terrains inondés, tels que le Biesbosch et autres sur lesquels la marée est obligée de se répandre.

L'Elbe va nous fournir un troisième exemple de calcul.

La largeur de l'embouchure un peu en amont de Brunsbüttel, est d'environ 7000^m.

La hauteur de la marée est de 3^m 50.

La distance occupée à la fois par le flux est de 100 kilomètres à peu près.

Le tiers du produit de ces trois dimensions donne 820 millions de mètres cubes pour le volume d'eau fourni par la marée. Le débit propre des eaux supérieures de l'Elbe a été calculé par Arends pour un autre objet. (Tom. I. pag. 145.) Cet auteur l'évalue à 720 mètres cubes environ par seconde. Le produit des eaux supérieures pendant la durée d'une demi-marée est donc d'environ 16 millions de mètres cubes. Le rapport entre les deux volumes de liquide est de 16 à 820 ou de 1 à 51. Il est apparent qu'ici, comme dans le calcul précédent, ce rapport doit être augmenté par la raison que l'Elbe, comme la Meuse et le Rhin, conserve une largeur considé-

disparaît presque complètement auprès des causes plus puissantes que la marée met en jeu.

Ce principe est de la plus grande importance dans la question si essentiel du maintien de ces cours d'eau, auxquels est attachée la prospérité commerciale de tout le littoral. En effet, c'est sur ces cours d'eau que se sont établis les ports les plus florissants du Nord de l'Europe, Anvers, Rotterdam, Brême, Hambourg, et c'est à la conservation de ceux-là comme grandes voies navigables, qu'est intimement liée l'existence de ceux-ci comme centres commerciaux.

On conçoit donc de quel intérêt il est de ne point perdre de vue le principe énoncé ci-dessus dans l'emploi des mesures qu'exige continuellement le maintien des cours d'eau dont il s'agit, afin de ne pas s'exposer par des moyens inopportunus, à entraver l'action de la puissance même qui a créé ces cours d'eau, tels que nous les voyons aujourd'hui. La considération de la marée, qui est indispensable dans l'étude de ces mesures, y apporte une complication que l'on ne rencontre pas dans les rivières où le courant est constamment descendant, et il est donc nécessaire de bien se rendre compte de la manière différente dont le liquide se comporte dans les deux espèces de rivières.



41. Étude comparative des courants dus à la marée, et de ceux qui sont produits par les eaux supérieures.

Or sous ce point de vue, ce qui caractérise les rivières ordinaires, c'est que la quantité d'eau qui passe à chaque instant par une même section du lit, dépend uniquement de la masse du liquide que fournissent les différents affluents dont la réunion forme le fleuve. Cette quantité est indépendante des circonstances que présente le cours du fleuve ; elle est indépendante de toute considération d'hydraulique ; elle est indépendante même des obstacles ou des facilités que la main de l'homme pourrait apporter au cours de l'eau. Étant donnée la quantité de liquide que fournissent dans un temps déterminé, les pluies et les sources dont la rivière s'alimente, on est assuré que pendant un temps égal, cette même quantité de liquide devra passer par chaque section du lit quelles que soient d'ailleurs, et sa pente, et sa longueur et ses dimensions, et toutes les autres circonstances de son cours, quels que soient même les obstacles qui l'entravent, car à chacun d'eux, le courant forcera l'eau à s'accumuler indéfiniment derrière l'obstacle jusqu'à ce que l'augmentation de la vitesse du liquide ait compensé la diminution du débouché. En un mot, dans les rivières ordinaires, une quantité déterminée d'eau doit passer nécessairement. Cette obligation est absolue, elle est inhérente à la qualité même de fleuve et ne pourrait être supprimée sans entraîner l'anéantissement de cette qualité.

Mais il n'en est pas de même dans les rivières où la marée se fait sentir. Dans ces rivières, la partie invariable du courant, celle qui est produite par les eaux supérieures, est une si faible portion de la partie variable occasionnée par la marée, que son influence, ainsi

que je l'ai déjà établi, disparaît auprès de celle du flux et du reflux. L'action de la marée est double ; elle agit alternativement dans deux directions opposées, et elle ajoute ses effets à ceux des eaux supérieures pendant la durée du courant descendant. L'action du reflux est donc un peu plus grande que celle du flux, et il est à remarquer d'ailleurs que l'une de ces deux actions ne peut être diminuée sans diminuer l'autre d'une quantité égale, en sorte qu'une diminution quelconque produite sur le flux par un obstacle quel qu'il soit, opère une diminution double sur l'effet total du courant. ~~X~~

Ces principes posés, on comprend de quelle importance il est dans les rivières sujettes à la marée, d'assurer un libre cours au flux et au reflux, et de faire disparaître les obstacles qui pourraient s'opposer à la marche des courants. Les courants de la marée diffèrent essentiellement de celui qui s'observe dans les rivières proprement dites : tandis que ce dernier est nécessaire et supérieur aux obstacles qu'on lui oppose, tandis qu'il fait partie intégrante de la qualité même de rivière, et qu'il est indépendant de toutes les circonstances que son cours peut rencontrer, les courants alternatifs du flux et du reflux au contraire sont tout-à-fait accidentels et susceptibles d'accroissement et de diminution. L'action de la marée n'est point nécessaire et inévitable : elle peut être modifiée, diminuée et même à la rigueur annulée par des obstacles naturels ou artificiels : elle peut de même être augmentée par les facilités que l'on offre au libre développement du courant; elle n'est point inhérente à l'idée de rivière; elle pourrait cesser d'agir sans que pour cela la rivière dût cesser d'exister.

Et d'abord, l'action de la marée dans les rivières n'est point nécessaire et inévitable ; on comprend qu'il suffirait pour anéantir cette action, que le fond se relèvât de quelques mètres : or, cet exhaussement est loin d'être impossible ; des signes certains montrent, au contraire qu'il a eu lieu d'une manière lente mais incessante, dans les rivières ordinaires, et bien plus encore dans celles qui sont sujettes à la marée.

L'action de la marée peut-être modifiée, diminuée, et même à la rigueur annulée par des obstacles naturels ou artificiels. Pour aller directement à l'extrême, je suppose qu'il soit possible de fermer l'embouchure du fleuve par une barrière qui empêche les eaux de la mer d'y entrer, et qui ne permette aux eaux supérieures de s'écouler que lorsque le niveau de la mer est plus bas que celui de l'eau dans le fleuve. Dans ce cas, qu'arriverait-il ? évidemment le lit de la rivière ne serait plus soumis qu'à l'action du courant des eaux supérieures ; ses dimensions seraient beaucoup trop grandes pour pouvoir être entretenues dans leur état actuel par cette action, des attérissements se formeraient donc : le fond se relèverait, les bords se resserreraien, et au bout d'un temps plus ou moins long, le régime de la rivière serait devenu tel, que l'obstacle opposé à l'entrée de la marée deviendrait inutile et qu'il pourrait être enlevé sans que la marée pût encore avoir accès dans la rivière. Cette conséquence extrême que produirait l'exclusion complète du flux, se présente d'une manière partielle, lorsque l'entrée de la marée n'est qu'en partie empêchée. Tout obstacle à cette entrée, tout rétrécissement du lit, toute résistance quelconque au libre développement du courant, toute entrave à sa marche, a pour effet inévitable de provoquer des attérissements, et par suite, de diminuer la section du lit; en effet, pour la marée, il n'est plus permis de dire, comme pour le courant descendant des rivières ordinaires, que les eaux doivent passer quels que soient les obstacles qu'on leur oppose; dans les rivières ordinaires, la vitesse du courant augmente par l'effet même de la résistance mais ce n'est pas le cas pour la marée, parceque son action est limitée et dans sa durée et dans sa hauteur, et qu'elle ne peut point obliger les eaux à s'accumuler indéfiniment derrière l'obstacle jusqu'à ce que la pression s'y soit accrue suffisamment pour compenser la perte d'action que l'obstacle absorbe dans sa lutte contre le courant. Cette accumulation a bien lieu jusqu'à un certain point : mais outre qu'elle est bornée dans sa hauteur, il ne faut pas perdre de vue que le temps entre comme élément indispensable

dans l'action de la marée et que tout le temps de la lutte du flux contre chacun des obstacles qu'il rencontre, est complètement perdu pour la marche progressive des eaux vers l'intérieur de la rivière. Il en résulte, que toute résistance a pour effet de diminuer l'action du courant de la marée de part et d'autre de cette résistance, et par conséquent de produire des attérissements non seulement en amont de l'obstacle, mais encore en aval.

Mais d'ailleurs, quand même toutes ces entraves naturelles n'existaient pas; quand même la main de l'homme n'en ferait pas naître d'artificielles, la nature fait agir sans interruption une cause à laquelle il n'est point en notre pouvoir de résister et qui par des effets lents et insensibles, conduit au même résultat que le barrage de l'embouchure dont j'ai examiné plus haut l'hypothèse. Cette cause est la tendance à l'envasement dont nous avons eu occasion précédemment d'étudier la nature avec quelques détails. Toutes les eaux soumises à cette tendance, s'envasent plus ou moins promptement et sont remplacées entièrement par des terrains solides, à moins qu'une action étrangère ne vienne enlever les dépôts à mesure qu'ils se forment. Le même effet se produit, mais à un degré moindre, dans les eaux qui reçoivent de l'intérieur un courant opposé à celui de la marée. Ces eaux tendent aussi à s'envaser, mais l'envasement est plus lent, par ce que la durée de l'état de repos du liquide est plus courte, d'ailleurs, l'envasement ne peut jamais être complet : il faut toujours que les eaux supérieures conservent un débouché suffisant pour leur écoulement, et lorsque le lit s'est resserré au point de ne plus conserver que la section strictement nécessaire à l'écoulement des eaux intérieures, l'envasement doit cesser, parce que l'action du courant descendant en neutralise continuellement les effets. Jusqu'à ce que la section de la rivière se soit rétrécie partout à ce degré, il est inévitable qu'il y ait tendance naturelle à la formation d'alluvions et d'attérissements. Cette tendance est une de ces forces qui proviennent de la nature même des choses ; il est très-difficile et le plus souvent même impossible d'y résister avec succès.

On doit donc s'attendre dans un avenir plus ou moins éloigné, à voir disparaître toutes ces embouchures ou plutôt ces bras de mer au moyen desquels nos fleuves communiquent à l'Océan. Ce résultat est inévitable, l'époque seule en est incertaine, et quelque intérêt que les contrées du littoral aient à la conservation de ces grandes voies navigables, il n'est pas en leur pouvoir de faire autre chose que de retarder le moment où leur fermeture sera devenue complète. Les moyens de conservation qu'il convient d'employer dans ce but, sont de la nature la plus délicate et ce ne peut être ici le lieu d'en parler avec détail. Qu'il me suffise donc de dire qu'ils peuvent tous se résumer dans le principe suivant : faciliter le plus possible l'entrée, la sortie et le libre parcours des eaux de la marée.



§ 42. De la tendance du lit des fleuves à se déplacer et à s'exhausser.

Les fleuves et rivières qui débouchent sur la partie des côtes située en deça du Zuiderzee, montrent une tendance à se déplacer vers l'Ouest et le Midi, ceux au contraire qui ont leurs embouchures à l'Est de la Frise, tendent à se déplacer vers l'Est.

La cause la plus probable de cette double tendance est l'augmentation qui s'observe dans l'amplitude des marées, à mesure qu'on s'éloigne à droite et à gauche de l'angle Nord-Ouest des Pays-Bas. Voici, me paraît-il, de quelle manière on pourrait s'expliquer l'action de cette cause.

Si l'on admet pour un instant que le niveau moyen de la mer soit à la même hauteur absolue sur toute l'étendue de nos côtes, et forme par conséquent un plan de comparaison horizontal, on verra que la hauteur absolue de la marée basse se trouve à 0^m 75 sous ce plan de comparaison à l'île de Texel, et que de là cette hauteur ira en diminuant jusqu'au Pas-de-Calais d'une part, où elle est de 3^m 00 sous le même plan, et d'autre part jusqu'aux côtes de Holstein, où elle est de 2^m 00 sous le même niveau. Voici donc une ligne de côtes, aux deux extrémités de laquelle la mer descend deux fois par jour, d'un côté à 2^m 25, et de l'autre côté à 1^m 25 plus bas qu'elle ne le fait au milieu.

A marée haute la relation est inverse. La hauteur absolue du flux est plus élevée, respectivement de 2^m 25 et de 1^m 25 aux extrémités de la ligne qu'au milieu.

Je ferai remarquer avant d'aller plus loin, que ces deux chiffres de 2^m 25 et 1^m 25 doivent apparemment être réduits d'une légère

fraction, parce que j'ai supposé que le niveau moyen de la mer était à la même hauteur absolue sur toute l'étendue de la ligne. Or, ceci n'est probablement pas exact ; mais l'erreur qui peut en résulter dans le calcul qui m'occupe, n'est pas de nature à en altérer les résultats.

En vertu de l'enfoncement de plus en plus sensible du niveau de marée basse depuis le Texel jusqu'au Pas-de-Calais, les eaux des rivières, en s'écoulant vers la mer, c'est-à-dire, pendant la période du reflux, doivent être attirées vers l'Ouest, puisque à mesure qu'elles se déplacent de ce côté, elles trouvent une pente plus forte pour favoriser leur mouvement.

Pendant la période ascensionnelle de la marée, la même tendance continue à agir mais par une raison toute contraire. Ce ne sont plus alors les eaux des rivières qui coulent vers la mer, mais celles de la mer qui refluent vers l'intérieur. Or, la hauteur absolue de la marée haute augmentant à mesure qu'on avance vers l'Ouest, les eaux de la marée en remontant dans le lit des rivières, doivent tendre de nouveau à déplacer celles-ci vers l'Ouest, puisque à mesure qu'elles font des progrès dans ce sens, la pente qui détermine leur mouvement, devient plus forte.

Le mouvement alternatif des eaux, tantôt descendant, tantôt ascendant, trouve donc toujours la même attraction vers l'Ouest, parce qu'en se détournant de ce côté, il est toujours favorisé par une pente de plus en plus forte, dans quelque sens que le mouvement ait lieu.

Le raisonnement que je viens de faire pour la partie de la côte située entre le Texel et le Pas-de-Calais, s'applique mot pour mot à l'autre partie de la côte qui s'étend de la Frise au Danemark, à cela près que la direction du déplacement doit y être inverse, et tendre vers l'Est au lieu de marcher vers l'Ouest.

Outre ces tendances générales au déplacement latéral, les fleuves et rivières dont nous nous occupons, sont encore sujets sur le par-

cours de notre plaine maritime à un autre phénomène qui dépend comme les autres de l'horizontalité presque absolue de cette plaine. Je veux parler de l'exhaussement continual du fond de leurs lits par le dépôt des matières terreuses que les eaux amènent de l'intérieur. Cet effet, qu'il ne faut pas confondre avec les envasements dus au concours de la marée, et dont il a été question plus haut, se fait remarquer dans les parties du cours les plus éloignées de la mer, quoique toujours situées dans la plaine basse. A l'endroit où les fleuves débouchent sur notre plaine maritime, la brusque différence de pente que leurs eaux rencontrent, et le ralentissement qui en résulte dans leur marche, provoque le dépôt d'une grande partie des matières qu'elles charriaient. Cet effet, qui est purement mécanique, tend à éléver constamment le lit des rivières ; et comme depuis que le pays est habité et cultivé, on ne leur permet plus de vaguer au gré de leurs caprices, et de se détourner à droite ou à gauche chaque fois que leur cours éprouve le moindre obstacle, il est résulté delà qu'il a fallu successivement endiguer toutes les rivières pour fixer leurs cours, et que les digues ont dû être exhaussées de plus en plus à mesure que le fond du lit s'élevait.

Plusieurs ingénieurs, notamment en Hollande, nient cet exhaussement successif du fond des fleuves ; ils prétendent au contraire que ce sont les terrains riverains qui s'abaissent, et rendent ainsi nécessaire le renforcement et le rechargeement continual des digues ; ils disent que la pente des rivières, étant toujours d'au moins 1 sur 10,000, suffit pour chasser vers la mer tous les limous et les sables charriés par les eaux. (Lacroix, pag. 215.)

Il est à remarquer à cet égard, que toutes les rivières sur notre plaine maritime sont loin d'avoir une pente moyenne de 1 sur 10,000, puisque j'en ai citées plus haut dont la pente n'atteignait que le tiers et même le septième de cette quantité. Quant à l'affaissement des terrains, c'est un effet qui ne peut guères être mis en doute sur toute la partie de notre plaine qui avoisine la mer ; mais peut-il être invoqué avec autant de certitude à l'égard des parties plus

faire violemment, à la suite de catastrophes qui coûteront la vie à des milliers de personnes, ce que les hommes, faute d'entente, faute de prévoyance ou faute d'énergie, ne se décident presque jamais à faire en temps utile : des sacrifices.



§ 43. Des variations dans le cours de la Lys.

J'ai dit plus haut qu'il serait utile d'examiner en détail les variations que le cours des fleuves et rivières a subies sur le parcours de notre plaine maritime. Je vais procéder à cet examen, en allant du Midi au Nord.

Les plus anciennes relations, celles de César, nous montrent l'Escaut se jetant dans la Meuse, et peu de temps après, Tacite nous apprend que cette même Meuse, réunie aux eaux du Rhin occidental, se jetait dans la mer par une embouchure immense : *immensa ore*, formant une sorte de mer *Spatium velut aequoris* (Ann. II Hist. V.). Il est remarquable que les historiens de cette époque ne mentionnent aucune autre embouchure de rivière au Midi de celle-là ; s'il en a existé d'autres on doit les retrouver aujourd'hui au même état d'ensablement que l'ancienne embouchure de la Meuse. Or, nous voyons aujourd'hui tous les bras de mer qui sillonnent la Zélande parallèlement à l'ancienne Meuse, conserver des profondeurs considérables, preuve évidente qu'ils sont plus récents ; car il est aisé de conclure de tout ce qui a été dit plus haut sur ces cours d'eau que les plus récents doivent être les plus profonds. Un seul de ces bras de mer fait exception, car il est non seulement envasé, mais il a même presque complètement disparu : c'est le Zwin en Flandre. On peut en conclure que le Zwin doit avoir une origine très-ancienne. Or, nous lisons dans Ptolémée, qui écrivait deux siècles après César, qu'il existait au midi de la Meuse une rivière à laquelle il donne le nom de *Tabuda*. Au moyen âge nous retrouvons un nom analogue dans le *Buda* ou *Budaneliet* qui paraissait se jeter dans le Zwin. Il est donc très-probable que le

Zwin est l'embouchure de la Tabuda de Ptolémée, et il ne serait nullement impossible que cette Tabuda fut une dérivation nouvelle de la Lys formée depuis le temps de César, et par laquelle cette rivière, à la suite de quelque crue, se serait jetée vers le Nord-Ouest par ce qui forme aujourd'hui le cours de la Lieve et se serait creusé une embouchure dans la mer à l'endroit où depuis se ramièrent en tout sens les branches du Zwin. Cette déviation de la Lys est rendue extrêmement probable par plusieurs circonstances ; mais surtout par l'impossibilité d'expliquer autrement la naissance de la Lieve dont le cours tortueux indique un canal creusé par la nature et non pas par la main de l'homme, quoiqu'elle ne livre passage à aucun courant à l'exception de celui qu'y forment exceptionnellement les eaux de la Lys.

On sait d'ailleurs que même de nos jours les eaux de cette rivière s'écoulent à volonté dans presque toutes les directions, et qu'il en passe peut-être davantage par Bruges et Ostende que par Anvers et Flessingue qui est leur cours officiel. Dans le moyen âge, le *Torrent des châtelains* et d'autres branches encore qui en conduisaient les eaux vers les bras de mer du Brackman et du Dullert, témoignent assez de l'extrême mobilité du cours de la Lys.

Il est donc très-probable que la Tabuda de Ptolémée est la même chose que le Zwin et qu'elle constituait l'ancienne embouchure de la Lys. Cette embouchure se sera successivement accrue et étendue comme l'on fait toutes les grandes criques de la Zélande, de manière à devenir à la fin un véritable bras de mer très-connu dans le moyen âge sous le nom de *Sincval*, *Sincfalla*.

L'agrandissement de tous ces bras de mer est dû à la même cause : l'affaissement successif des terrains et les inondations périodiques qui en résultèrent : les eaux que la mer répandait sur les terres devant arriver et s'en retourner constamment par les mêmes conduits, finirent naturellement par creuser ceux-ci de plus en plus; réciproquement, à mesure que les conduits s'agrandissaient, les inondations s'élevaient plus haut et s'étendaient plus loin à l'inté-

rieur. Il est vrai qu'à mesure que les terrains s'inondaient, leur niveau s'élevait par les dépôts de vase que les eaux y laissaient et qu'ainsi la masse des eaux d'inondations devait tendre à diminuer; mais cet effet était contrebalancé par l'affaissement du terrain qui tendait à augmenter la capacité du réservoir d'inondation; de sorte que jusqu'à l'époque où les terrains furent endigués et définitivement soustraits aux inondations, les criques furent constamment parcourues par des courants d'une intensité à peu-près régulière.

A partir de l'époque des endiguements, la masse des eaux entrantes et sortantes diminua; mais comme les criques à elles seules offraient déjà une capacité très-grande aux eaux de la mer, les courants n'en demeurèrent pas moins importants; et les ruptures des digues, les inondations de poldres, qui se succédèrent tantôt sur un point, tantôt sur un autre, à des intervalles malheureusement assez rapprochés, suffirent pour entretenir, et souvent même pour augmenter considérablement les dimensions des bras de mer dont nous nous occupons.

La Sincfalla forma pendant le moyen Âge un bras de mer important qui détermina la limite entre la Flandre et la Zélande, entre les pays soumis à la suzeraineté de la France et ceux appartenant à l'Empire.

Un fait qui confirme ce que j'ai avancé plus haut, que le Sincval et la Meuse étaient les plus importants, les plus anciens et par conséquent d'abord les seuls bras de mer de la Zélande, c'est que dans les plus anciens documents connus, ces deux cours d'eau sont désignés comme formant au Nord et au Sud les limites de la Zélande. Mr. Ab. Utrecht Dresselhuis dans les diverses monographies qu'il a publiées sur la province de Zélande, a prouvé ce point d'une manière incontestable, et a en même temps jeté une vive lumière sur toute cette question en expliquant l'identité des limites dont il s'agit avec celles qui se rencontrent simultanément dans les anciennes chartes et qui s'y trouvent désignées sous le nom de Heedenesse ou Heedenzee et Burnesse ou Bornesse. L'explication de ces dénominations est une question des plus obscures qui a été traitée fort

long par Altinc (Notitia germaniae inferioris), Kluit (Historia iaca comitat. Holl. et Zeel.), Wagenaar (Vaderlandsche Historie), stendorp (Oudheidkundige Verhandel.), Arends (Ouvrage cité) beaucoup d'autres. La plupart des auteurs ont voulu trouver des r's d'eau dans ces Heedenesse et Bornesse, quoique, chose remarquable, deux de ces auteurs Wagenaar (Beschryving van Amsterdam D. 1, Bl. 34 et 258) et Kluit (Hist. crit. 1 vol. 2 P. pag. 1) fassent remarquer que la terminaison *nesse* indique des *terrains* et humides. M'Ab Utrecht Dresselhuis (De Provincie Zeeland, rare aloude gesteldheid beschouwd, — Nieuwe werken van het Zuwsch genootschap der Wetenschappen, pag. 75) a fait voir des raisons fort concluantes que les Heedenesse et Bornesse ient des terrains alluvionnaires déposés sur les rives du Sincval le Meuse et que pour cette raison les limites de la Zélande ient indiquées tantôt par les cours d'eau qui la terminaient, tantôt les terrains extrêmes qui touchaient à ces cours d'eau. Cette solution lève toutes les difficultés et concilie toutes les contradictions que fait naître sans cela la comparaison des divers textes les limites de la Zélande sont mentionnées.

Le Zwin conserva des dimensions considérables jusqu'au 14^{me} siècle. Un combat naval y eut lieu en 1213 entre les Français d'une part les Anglais et les Flamands de l'autre; quatre cents voiles y furent prises ou coulées à fond et plus de mille autres devinrent proie des flammes. Vers la fin du 13^{me} siècle, Philippe le Bel fit ériger au port de Dam toute sa flotte forte de plus de 1600 voiles; en 1386, le roi de France et le comte de Flandre assemblèrent dans port de l'Ecluse une flotte de 1287 voiles. Mais en 1470, les fets de l'envasement commencèrent à se faire sentir : le port de l'Ecluse devint impraticable pour les gros navires, et Charles le Téméraire fut obligé pour améliorer cet état de choses d'ordonner la fondation du polder de Zwartegat, mesure qui ne conduisit cependant à aucun résultat. Depuis cette époque, l'envasement du Zwin fit des progrès rapides et les branches plus reculées qui com-

muniquaient avec lui : le Sincval, le Brackman etc. s'oblitérèrent dans la même proportion.

Quant à la Lieve, il ne paraît pas qu'elle continua à former le seul ni-même le principal débouché des eaux de la Lys, car nous voyons en 1228 les Gantois s'adresser à leur comtesse Marguerite de Constantinople afin d'obtenir l'autorisation de creuser la Lieve, de manière à s'ouvrir une communication navigable avec le Zwin. Néanmoins, les documents contemporains désignent tous ces cours d'eau sous le nom de rivière, ce qui prouverait que les eaux de la Lys continuaient à s'écouler par là au moins en partie. (Visquin — des voies navigables en Belgique) Aujourd'hui, comme je l'ai dit plus haut, les eaux de la Lys s'écoulent dans plusieurs directions et l'on est occupé en ce moment à leur en creuser une nouvelle par le canal de Schipdonck qui prend son origine en amont de Gand et se dirige vers la mer.



§ 44. Des variations du cours de l'Escaut.

Telles sont les données plus ou moins certaines que l'on possède sur l'histoire de la Lys et de ses embouchures.

Passons à l'Escaut.

Ce fleuve a éprouvé quelques déplacements dans son cours entre Gand et Auvers mais ces déplacements n'offrent pas assez d'intérêt pour être signalés. En aval d'Anvers, l'Escaut se divise en deux branches qui portent le nom d'Escaut occidental et oriental. Il est même arrivé accidentellement que par suite d'inondations sur la rive gauche, une sorte de troisième bras de ce fleuve allait se réunir au Zwin en passant par Calloo, Kieldrecht et Hulst, où il trouvait le Dullert communiquant avec le Brakman par Axel, puis delà avec le Sincval et le Zwin par le Sas de Gand et Ardenbourg. Mais cette succession de bras de mer, quoique communiquant entre eux n'a jamais formé un cours d'eau unique comme les autres grandes criques qui sillonnent la Zélande; elle n'a jamais été parcourue par un seul et même courant et ne peut donc être considérée que comme un débouché purement accidentel des eaux de l'Escaut.

La branche occidentale de l'Escaut porte le nom de Hont.

La première mention que l'on rencontre de ce bras, se rapporte à la fin du 7^e siècle, et est tirée de l'histoire de St-Willebrord apôtre de ces pays. Dans la vie de ce saint écrite par Alcuin on lit à l'année 695 chapitre 14 : *pervenit ad quamdam insulam oceani Walacrum nomine*, et dans la vie de St-Willebrord écrite par l'abbé Theofridus se trouve le passage suivant : *diverit in insulam Wachriam, scaldæ fluvii et Britannici maris circumfluam brachio.* (Debast, recueil d'antiquités romaines et gauloises trouvées en

Flandre p. 355). Ces passages prouvent que l'île de Walcheren existait à l'état d'île en 695 et qu'elle était entourée par des bras de la mer et de l'Escaut.

Un document postérieur prouve cependant que le Hont n'avait encore que des dimensions très modestes. L'annaliste Meyer, à l'année 1058 rapporte que les moines de Bergues-S.-Winnox transportèrent le corps de S^r.-Liévinne de village en village, de château en château le long de la côte de la Flandre et ensuite passèrent dans l'île de Walcheren avec une grande foule de monde et tout ce qu'ils avaient avec eux. D'où l'on insère qu'une eau très peu large séparait cette île de la terre ferme.

Cet état de choses ne devait pas avoir beaucoup changé au commencement du 14^{me} siècle, car nous lisons dans Melis Stoke Livre VIII, V, 62 et suivants un passage où le Hont est décrit comme *een Nauw onreyn Diep*, une Eau étroite et sans profondeur.

Ce ne fut guères que pendant le 15^{me} siècle que le Hont commença à être fréquenté par la navigation, ainsi qu'il résulte d'une sentence de la Cour de Malines en date du 11 octobre 1504 dont voici un extrait : « *Feue Dame Jaques Comtesse de Hollandt et Zeelande voyant que par les grandes inundations qui advindrent en son temps et aussi au paravant tant en Flandres que en Hollande la dite rivière de la Honte qui paravant avoit esté petite estroicte et peu profonde, estoit devenue si grande large et profonde, que tous les bateaulx tant karakes que galleas y poivent franchement navier et passer, que les marchans estrangiers commençoient à prandre leur chemin pour tirer en Brabant per icelle Honte, en delaissant le chemin de l'Escault de tout temps accoustumé en fraudant per ce nostre tonlieu de Yersiekeroort.* » L'administration de la Comtesse Jacqueline se rapporte à la première moitié du 15^{me} siècle.

La même chose résulte du passage suivant de Reigersberch relatif à l'année 1393 (Edition de Boxhorn II^{me} partie pag. 172) « *Ende 't veergat worde van daghe te daghe grooter, wyder, en breeder overmits die groote stroomen ende vloeden, die dageliekx uytter*

*tee quamen, ende mede omdat 't zeewater veel ruymte kreech van die
gheinundeerde landen. Desgelykx't gat van der Wielinghe.* »

On voit en résumant tout ce qui précède que le bras de mer qui nous occupe est antérieur au 7^{me} siècle mais resta peu important jusqu'au commencement du 15^{me} siècle où de grandes inondations de terres endiguées vinrent augmenter considérablement les courants qui le parcouraient. Cette augmentation d'intensité dans les courants, accrut dans la même proportion les dimensions du chenal, et celui-ci s'agrandit d'une manière apparemment assez rapide jusqu'au point où nous le voyons aujourd'hui.

On voit d'après l'histoire réelle du Hont quelle importance on doit attacher à la fable, aujourd'hui rejetée par tous les savants, suivant laquelle le Hont devrait son origine à un fossé creusé par l'empereur Othon pour séparer ses possessions de celles du roi de France. Ce fossé aurait été mis en communication avec la mer par l'intermédiaire d'une écluse qui aurait pris le nom de *Wielinge* à cause des roues qui servaient à la manœuvrer, et le tout aurait été emporté par l'inondation de 1377 qui aurait changé le fossé en un bras de mer large et profond dont l'embouchure à la mer aurait conservé jusqu'à nos jours le nom de *Wielinge*.

Outre qu'aucune partie de cette histoire ne repose sur le moindre document positif, mais qu'au contraire tous les renseignements historiques la contredisent, il est encore aisé de voir qu'il y a contradiction dans l'histoire elle-même puis que jamais le Hont n'a formé la limite entre la France et l'Empire, et que ce serait par conséquent au Zwin et au Sincval que devrait s'appliquer ce que l'on raconte du Hont; mais alors que deviennent les Wielingen?

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur cette narration apocryphe, et je continuerai ma revue des cours d'eau en remontant vers le Nord. Après le Hont nous trouvons l'Escaut oriental, qui portait seul le nom d'Escaut au moyen âge. L'origine de cette branche doit être antérieure à celle de la branche occidentale comme le prouve suffisamment l'époque relativement récente de

l'approfondissement de celle-ci. Il est apparent d'ailleurs que depuis longtemps l'Escaut oriental se serait fermé tout-à-fait s'il n'était parvenu à se mettre en communication avec les eaux du *Volke Rak*, du *Hollandsch diep* et du *Biesbosch* auxquelles il se lie par les *Keeten* et la *Zype* formant ainsi une série non-interrompue de cours d'eau larges et profonds depuis la mer jusqu'à près de *Gorcum*. L'ancien cours de l'Escaut devant *Bergen-op-Zoom* s'est tellement envasé qu'il n'y reste plus à marée basse qu'une petite canette étroite et sans profondeur et qu'il a été sérieusement question dans ces derniers temps de le barrer tout-à-fait pour hâter l'envasement des terrains riverains. Ceux-ci sont encore inondés sur une assez grande largeur à marée haute dans l'île de Sud-Beveland, et il est étonnant que ces terrains qui sont déjà submergés depuis 1530 ne se soient pas envasés davantage pendant ce long espace de temps. Quoiqu'il en soit on est à l'œuvre dans ce moment pour regagner sur les eaux une partie de cette vaste étendue de terrain, qui jusqu'en 1530 était couverte de 18 villages et d'une ville du nom de *Romerswale*.

Un sort à peu près semblable a atteint les terres de *Saftingen* sur la rive gauche de l'Escaut occidental vis-à-vis des terrains dont je viens de parler. Le polder de *Saftingen* fut inondé en 1532 et depuis cette époque on n'a pas encore tenté de le réendiguer.

L'Escaut ne nous offrant pas d'autres particularités remarquables, nous passerons à l'histoire de la Meuse.



§ 43. Variations du cours de la Meuse.

Les relations de César et de Tacite nous apprennent que la Meuse après s'être réunie une première fois avec une branche du Rhin nommée Waal, s'en séparait pour s'y réunir une seconde fois et se jeter avec elle dans la mer par une très large embouchure nommée *Helium ostium*. L'endroit de la première réunion des deux fleuves se trouvait selon toute apparence, comme aujourd'hui au fort St-André au Nord de Bois-le-Duc ; quant à l'endroit de la seconde réunion il est plus difficile à déterminer, s'il est vrai comme le dit Cluverius (de drie uillopen van den Ryn V) que le cours actuel de la Meuse vers Worcester soit une œuvre de l'art postérieure à l'époque romaine. Si l'on admet cette opinion, quoique dénuée de preuves, il faudrait admettre que l'ancien cours de la Meuse se dirigeait par Heusden et Geertruidenberg au travers de l'emplacement actuel du Biesbosch vers la branche qui sépare aujourd'hui les îles de Beyerland et d'Ysselmonde et qui porte le nom de vicille Meuse. Dans ce cas, la réunion avec le Rhin se serait opérée à l'extrémité de l'île d'Ysselmonde. Cluverius (*Ibid*), prétend, mais sans le prouver que du temps des Romains la première réunion de la Meuse et du Waal près du fort St-André n'existant pas, et que ce n'est que plus tard qu'elle a été effectuée par des creusements artificielles. Cette prétention me paraît en opposition directe avec les paroles de César qui dit cloirement que la Meuse et le Waal se réunissent à 80,000 pas de distance de leur embouchure à la mer. Si les deux rivières ne s'étaient réunies qu'une seule fois auprès de Vlaardingen comme le dit Cluverius, la distance indiquée par César serait tout à fait fautive.

chercher à découvrir l'ancien état des choses par l'analogie des choses présentes, on devrait au contraire rejeter toute induction concluant de la situation actuelle à la situation ancienne, par la raison seule que la ressemblance entre ces deux situations est une chose improbable pour ne pas dire impossible.

Pour en revenir à la Meuse il paraîtrait d'après une carte de 861 donnée par *Smallegange* dans sa chronique de Zélande, pag. 209, que le bras qui porte le nom de *Groelingen* existait à cette époque. C'est le seul document qu'on possède sur l'âge de cette branche du fleuve. L'embouchure contiguë à celle-ci du côté du Nord porte le nom de *Haringeliet*; on n'a pas de données sur la date de son origine. Plus vers le Nord se trouve la vieille Meuse qui est selon toute apparence l'embouchure primitive qui existait seule du temps de César et de Tacite.

La plus grande révolution connue, que ces divers cours d'eau aient éprouvée, est celle du 18 au 19 novembre 1421, qui inonda une surface de terrain longue de plus de dix lieues et large de plus de deux, s'étendant au Nord jusqu'à Gorcum, Dordrecht et la vieille Meuse, et au Sud jusqu'à Heusden, Geertruidenberg, Zevenbergen et Steenbergen en Brabant. La superficie engloutie par les eaux ne mesuroit pas moins de 5 myriamètres carrés et comprenait 72 villages (*Wagenaar, Vaderlandsche historie 3^e Deel, XII Boek, pag. 453.*) C'était l'ancienne contrée connue sous le nom de *Zuid Hollandswaard*, entourée de digues qui l'avaient jusque là préservée des invasions des rivières dont elle était entourée. L'inondation couvrit outre l'emplacement actuel du Biesbosch, les polders d'Altena à l'Est jusque près de la Meuse, la plus grande partie des îles de Beyerland et de Dordrecht à l'Ouest, et les polders qui bordent les rives du Hollandsdiep et du Biesbosch au Midi.

Les causes de cette épouvantable catastrophe, dont le *Biesbosch* actuel n'est qu'un faible vestige, sont encore obscures. Les uns l'attribuent à la mer qui poussée par un violent vent de N. O. s'éleva à une hauteur extraordinaire dans le Hollandsdiep et rompit

les digues du Zuidhollandswaard à Wieldrecht sur l'île actuelle de Dordrecht. Les autres pensent que ce sont les eaux de la Merwe, enflées par les pluies et arrêtées dans leur course par la hauteur extraordinaire de la marée, qui ont rompu les digues du Zuidhollandswaard à Werkendam.

Quoiqu'il en soit de la cause première de l'inondation, la surface entière du Zuidhollandswaard passa sous les eaux et se trouva en communication aussi bien avec les eaux du Hollandsdiep en aval, qu'avec celles de la Merwe ou du Waal en amont.

Dès l'abord, la presque totalité des eaux du Waal se jeta dans la nouvelle inondation et se dirigea par le Hollandsdiep vers la mer, abandonnant son ancien cours par la Merwe et la Meuse inférieure.

Ce fait, qui n'a rien de surprenant, quand on considère la tendance de tous nos fleuves à se déplacer vers l'Ouest, donne lieu à une observation importante relativement à l'opinion émise par plusieurs savants et notamment par Fr. Arends au sujet du cours primitif de la Meuse en aval de la ville de Heusden. Ces auteurs regardent le cours actuel de ce fleuve vers Worcum, comme une œuvre de l'art ou du moins comme n'ayant acquis de l'importance que depuis l'inondation de 1421 ; et ils croient que le véritable lit de la Meuse avant cette époque se dirigeait par Heusden et Geertruidenberg vers le Hollandsdiep.

Ce qui est de nature à jeter le plus grand doute sur la réalité de l'ancien cours de la Meuse par Heusden et Geertruidenberg c'est que si l'inondation de 1421 avait eu pour effet d'attirer avec force les eaux du Waal vers le Hollandsdiep, à bien plus forte raison les eaux de la Meuse qui auraient dans ce cas été traversées par l'inondation, auraient dû être attirées du même côté et par conséquent le cours prétendu par Heusden, au lieu de se fermer comme on soutient qu'il l'a fait à la suite de l'inondation de 1421 aurait dû s'accroître de manière à devenir le seul débouché des eaux de la Meuse. Est-il croyable que ce soit l'inverse qui ait eu lieu, et que la branche qui s'éloignait de l'inondation se soit accrue au dépens

de celle qui s'y rendait directement. Il me paraît évident par cette considération seule que le cours de la Meuse s'est toujours dirigé vers Gorcum comme il le fait à présent, ou que la branche dirigée par Heusden, Geertruidenberg etc., si elle à jamais formé le cours de la Meuse, a dû s'oblitérer à une époque bien antérieure à celle de l'inondation de 1421 de manière à être définitivement abandonnée par les eaux à cette époque.

Une grande partie des terrains inondés furent successivement réendigués après avoir été exhaussés en même temps que fertilisés par les dépôts de vase que l'inondation y avait apportés, et les limites de celle-ci furent peu à peu resserrées jusqu'au point où nous la trouvons aujourd'hui.

Si l'inondation de 1421 opéra des changements énormes dans la situation des terrains, ses effets ne furent pas moins sensibles sur le régime des eaux, et ce n'est pas sans raison qu'on rapporte à cet événement l'état d'équilibre instable dans lequel se trouvent aujourd'hui les eaux du Rhin et de la Meuse.

Le nouveau pertuis ayant attiré à lui la plus grande partie des eaux de la Meuse et du Waal, le cours de la Merwe s'ensabla considérablement. Pour empêcher cet effet si désastreux pour le commerce des villes riveraines telles que Dordrecht, Rotterdam, etc., on fit à diverses reprises des tentatives de barrages dans les pertuis par lesquels les eaux se repandaient dans le Biesbosch. Ces tentatives eurent d'abord fort peu de succès, et lorsqu'enfin en 1728 et pendant les dix années suivantes, on réussit à fermer une partie de ces pertuis, le cours de la Meuse s'était tellement encombré de vase qu'il n'était plus capable de donner issue à la masse des eaux supérieures, de manière qu'on fut obligé, pour éviter de nouvelles catastrophes, de détruire une partie des barrages exécutés. De son côté la rivière s'était créé de nouveaux pertuis à la place de ceux qu'on lui avait enlevés, de sorte qu'après beaucoup de vains efforts on fut obligé de laisser aux choses leur cours naturel, conclusion à laquelle pour le dire en passant il est toujours fort sage de se tenir chaque fois qu'il s'agit

rive gauche une dérivation appelée Meuse de Beers, du nom du village auprès duquel elle eut lieu à une petite distance en amont de Grave. La digue qui bordait la rive gauche du fleuve fut abaissée de manière à permettre aux eaux, lorsqu'elles auraient atteint un niveau dangereux, de s'épancher sur les terres du Brabant septentrional pour s'écouler delà dans le Biesbosch. En 1766 un déversoir semblable fut établi à Baudwyk. En 1826, ces deux déversoirs furent agrandis. (*Ibid.*)



§ 46. Variations du cours du Rhin.

Le Rhin à son entrée dans le royaume des Pays-Bas se divise en deux branches au fort Schenckenschans, la branche méridionale prend le nom de Waal, se réunit une première fois à la Meuse au fort St-André puis une second fois à Worcum et s'écoule ensuite avec elle sous le nom de Merwe par Gorcum, Dordrecht et Rotterdam vers la mer. La branche septentrionale du Rhin se bifurque de nouveau avant Arnhem, la branche de droite s'écoule sous le nom de Yssel dans le Zuiderzee, la branche de gauche conserve le nom de Rhin et se dirige sur Wyk-by-Duurstede où elle se partage pour la troisième fois. L'embranchement de droite conserve son nom et se dirige par Utrecht, Leyde et Katwyk vers la mer ; l'embranchement de gauche prend le nom de Lek et se jette à Krimpen en amont de Rotterdam dans la Merwe.

Le cours de ce fleuve est comme on le voit assez compliqué : son histoire ne l'est pas moins.

César qui en parle le premier se contente de dire (de Bell. Gall. IV. 10) que le Rhin en s'approchant de l'Océan se divise en plusieurs branches qui forment beaucoup de grandes îles et qu'il se jette ensuite dans la mer par un grand nombre d'embouchures.

Strabon (Geogr. IV. 3) déclare, d'après Asinius Quadratus, contemporain de César, que l'on ne devait admettre que deux embouchures du Rhin, et ces deux embouchures semblent définies d'une manière plus précise par Pomponius Mela quand il dit (De situ orbis, III, 2) que le Rhin en s'approchant de la mer se divise en deux branches : celle de gauche conservant son nom et l'aspect d'une rivière jusqu'à la mer ; celle de droite s'élargissant de ma-

nière à former un lac du nom de Flevo et se rétrécissant ensuite pour redevenir une rivière qui se jette dans l'Océan.

Ces deux branches du Rhin sont évidemment : d'une part celle qui d'Arnhem se dirige par Wyk-by-Duurstede, Utrecht et Leyde vers la mer ; d'autre part celle qui sous le nom d'Yssel se jette dans le Zuiderzee, et qui en sortait anciennement par le Flie, avant la réunion du Zuiderzee avec la mer du Nord. Strabon et Mela ne font pas mention du Waal, apparemment parcequ'ils n'y voyaient qu'une dérivation latérale vers la Meuse et non une embouchure véritable du Rhin.

Pline semble confirmer et expliquer les indications de César quand il dit (*Hist. nat.* IV, 15) qu'entre les deux branches extrêmes du Rhin appelées Helium et Flevum, dont la première se décharge dans la Meuse et la seconde dans des lacs, il en coule une troisième moins importante qui conserve son nom ; et que ces diverses branches forment un grand nombre d'îles : celle des Bataves, celle des Caunesfates, et d'autres qui appartiennent aux Frisons, aux Cauches, aux Frisiabons, aux Sturiens, aux Marsaces.

Ici nous trouvons clairement indiquées les trois branches principales du Rhin : le Waal sous le nom de Helius, le Rhin central et l'Yssel sous le nom de Flevus.

Tacite (*Annales* II, 6) indique que le Rhin à l'origine de l'île des Bataves se divise en deux branches : celle de droite conserve son nom jusqu'à la mer, celle de gauche prend le nom de *Vahal* jusqu'à ce qu'elle se confonde avec la Meuse et se jette avec elle dans l'Océan par une embouchure immense.

Pourquoi Tacite ne fait-il pas mention de la branche septentrionale du Rhin qui se jetait dans le lac Flevo ? La raison en serait-elle que cet historien regardait la branche en question comme une œuvre de l'art ? C'est ce que les commentateurs ont généralement admis. Cependant Tacite, au livre II des annales, se contente de dire que Germanicus entra avec sa flotte dans le canal creusé par son père Drusus, et qu'il adressa des prières à celui-ci

pour solliciter son aide et sa protection dans une entreprise semblable à celle que Drusus avait osé tenter le premier.

Suétone, dans la vie de Claude, parlant de Drusus dit également qu'il fut le premier général romain qui eût osé naviguer sur la mer du Nord, et qu'il fit construire au-delà du Rhin de grands canaux qui conservent son nom.

Tous les commentateurs ont appliqué ces passages de Tacite et de Suétone à la branche du Rhin qui s'en sépare aux environs de Arnhem, sous le nom de Yssel. Arends, le premier dans son ouvrage déjà cité (Tome II, chap II) contredit cette opinion généralement reçue, et la combat par des raisons extrêmement plausibles. Il fait remarquer d'abord qu'il existe deux opinions différentes sur la position du Canal de Drusus ; l'une généralement admise, place le canal entre le Rhin et la ville de Doesburg où il rencontre l'Yssel venant du Sud-Est et coulant vers le Nord ; l'autre opinion, mise en avant par Bruining (comment. perp. 8) assigne la branche située entre le Rhin et Doesburg à l'ancien cours de l'Yssel qui se serait jeté dans le Rhin, et non dans le Zuiderzee ; la percée de Drusus se serait faite depuis Doesburg jusqu'à Zutphen et aurait mis en communication l'Yssel et le Borckel petite rivière qui se rendait vers le Nord dans le lac Fleva. Quelle que soit l'opinion que l'on adopte à cet égard, il est certain dit Arends, que toute la vallée dans laquelle coule la branche septentrionale du Rhin, depuis Arnhem jusqu'au Zuiderzee, est une vallée naturelle partout semblable à elle-même, d'une largeur uniforme et assez considérable, bordée sur tout son parcours de coteaux élevés dont la hauteur au-dessus du fond de la vallée atteint 40 pieds et plus. Est-il croyable que Drusus ait fait creuser un canal de plusieurs lieues au travers d'un plateau de 40 pieds d'élévation ? et même dans ce cas ne devrait-on pas trouver en cet endroit le cours du fleuve resserré entre les talus nécessairement rapprochés d'une tranchée si profonde ? Une seconde circonstance qui prouve qu'il a dû exister de tout temps un cours d'eau quelconque aussi bien entre Arnhem et

Doesburg, qu'entre Doesburg et Zutphen, c'est qu'entre les deux premiers points le Rhin reçoit aujourd'hui les eaux de 4 affluents plus ou moins importants et entre les deux derniers points, celles de 6 ou 7 ruisseaux ou petites rivières qui arrivent du côté de l'Est aussi bien que de celui de l'Ouest. Ces cours d'eau ne sont pas nés depuis l'époque romaine, et il faut donc bien admettre qu'ils ont toujours eu leur écoulement naturel soit vers le Rhin, soit vers le Zuiderzee par la vallée dans laquelle ils se jettent actuellement. Une troisième raison non moins concluante que les autres, c'est que le but de Drusus en perçant le canal était de se frayer un passage vers le Nord pour sa flotte. Or comment une rivière aussi insignifiante qu'aurait dû l'être à cette époque l'Yssel, pouvait-elle donner passage à des bâtiments de guerre transportant toute une armée, ou comment les eaux du Rhin en s'y jetant auraient-elles pu y creuser en assez peu de temps un chenal suffisant pour satisfaire aux desseins du général romain ?

Ces raisons dont il est difficile de contester la valeur portent Arends à conclure, ou bien que Drusus s'est borné à curer et à élargir le cours préexistant du Rhin septentrional, ou bien ce qui me paraît au moins aussi probable, que le canal qu'il fit creuser n'était pas destiné à joindre le Rhin à l'Yssel, mais bien l'Yssel au Vecht et qu'ainsi son emplacement ne doit pas être cherché entre Arnhem et Doesburg, ou entre Doesburg et Zutphen, mais bien entre Kampen et Genemuiden. Creusé en cet endroit, le canal établissait une communication entre le Rhin et le Vecht, qui, avant l'agrandissement du lac Flevo parcourrit la province actuelle de la Frise où l'on retrouve les traces d'une embouchure de rivière formant bras de mer, et connue jusqu'à quelques siècles sous le nom de *Middelzee*. C'est par ce chemin, et en suivant plus loin les bas fonds de la côte, le *Mare vadosum* de Tacite, que Drusus devait atteindre le mieux son but qui était d'arriver à l'embouchure de l'Ems sans se hazarde en pleine mer.

Ce qui rend plus plausible encore, les idées émises par Arends

sur cette question, c'est qu'à l'exception de Tacite, tous les géographes de cette époque, et même Ptolémée qui l'a suivi, font mention de la branche septentrionale du Rhin comme d'un embranchement naturel. Le silence de Tacite ne forme qu'une preuve négative que l'on ne peut opposer à des témoignages positifs, et quant à ce que cet auteur dit des travaux de Drusus, on peut avec la plus grande probabilité, l'appliquer comme on voit à autre chose, de manière qu'il ne reste réellement pas une seule objection sérieuse à opposer à un ensemble de preuves historiques et topographiques concourant toutes à nous indiquer l'Yssel comme une véritable et antique branche du Rhin. J'irai plus loin encore; et je dirai qu'il n'est pas improbable, si l'on considère la tendance puissante de nos fleuves à se détourner vers l'Ouest, que la branche septentrionale du Rhin ait été primitivement son seul débouché et que ce ne soit que plus tard que des dérivation successives aient rejeté vers l'Ouest une partie de ses eaux, d'abord par le Rhin central vers Katwyk, ensuite par le Waal vers la Meuse, enfin par le Lek vers la même rivière.

Quoiqu'il en soit de cette question trop obscure pour pouvoir être décidée, on voit que tout s'accorde à prouver que le Rhin du temps des romains avait trois branches principales : le Waal se jetant dans la Meuse, le Rhin central débouchant à Katwyk dans la mer, et le Rhin septentrional traversant le Zuiderzee puis en ressortant sous le nom de Flevus pour se rendre également à la mer.

Ptolémée, qui écrivait sa Géographie vers l'an 138 de notre ère, y mentionne (Liv. II chap. IX) trois branches distincts du Rhin, mais ces branches ne sont pas les mêmes que celles des historiens antérieurs car il indique encore séparément l'embouchure de la Meuse qui recevait également un bras du Rhin. Il est donc très-probable qu'outre les trois branches principales que je viens d'énumérer plus haut, le Rhin avait encore des branches latérales accessoires dont l'existence expliquerait les nombreux vestiges de lits de rivière, larges, profonds et tortueux, qui se rencontrent

ça et là, soit encore ouverts, soit comblés de vase, dans les provinces d'Utrecht et des deux Hollandes. Le Zaan en Nord-Hollande, l'Aar et l'Amstel dans la Hollande méridionale, le Vecht dans la province d'Utrecht paraissent être des restes d'anciennes branches d'un grand fleuve, et la rivière de Eem qui passe à Amersfoort, coule dans un vallon qui communique directement avec celui du Rhin vers Rhenen et Wageningen, de telle sorte que dans les hautes eaux ce fleuve déverse naturellement de ce côté son trop-plein dans le Zuiderzee. Il est possible que la branche qui se dirigeait vers Katwyk se bifurquât en route, et qu'un embranchement dont l'Aar, l'Amstel et le Zaan sont des tronçons se dirigeât vers le Nord et eut son embouchure à Petten où l'on trouve une interruption dans la ligne des dunes qui règne jusque là depuis l'embouchure de la Meuse, et reprend de nouveau au-delà. Cette branche aura eu le sort de la plupart des cours d'eau dirigés vers le Nord; elle aura été insensiblement abandonnée par les eaux qui tendaient vers l'Ouest. On peut présumer que c'était cette branche, ou bien celle du vallon de l'Eem, qui formait le Rhin central de Ptolémée, le Rhin occidental de cet auteur sera la branche de Katwyck; et son Rhin oriental sera l'Yssel. C'est la seule manière d'expliquer comment Ptolémée compte trois embouchures distinctes du Rhin, et mentionne encore à part l'embouchure de la Meuse, attribuant ainsi clairement au Rhin une branche de plus que ne l'ont fait tous les géographes contemporains.

Le Rhin central, c'est--à-dire la branche passant à Leide et à Katwyk, éprouva au commencement de notre ère un nouveau changement qui fut la conséquence du percement opéré par Claudio Civilis dans les digues élevées par Drusus sur la rive gauche de cette branche. (Tacite, Annales II, 6, XIII, 53, histoires V, 19.) Le Lek créé, ou peut-être seulement agrandi par cette inondation, forma une nouvelle dérivation du Rhin vers l'Ouest, direction favorite de nos fleuves, et devint insensiblement le principal débouché des eaux du Rhin central. Déjà Tacite indique que

le lit de celui-ci en aval de la nouvelle dérivation s'était à peu près asséché, et il paraît qu'au 9^{me} siècle on battra définitivement le vieux Rhin à Wyk-by-Duurstede et l'on enferma le Lek entre des digues afin d'empêcher les inondations. (Gabbema, Watersloeden II.) Depuis cette époque la branche de Wyk-by-Duurstede à Katwyk par Utrecht et Leyde cessa d'appartenir au Rhin, et ne servit plus qu'à l'évacuation des eaux intérieures, aussi s'encombrait-elle bientôt de sable à son embouchure et cessa-t-elle tout à fait de communiquer avec la mer. En 1571 on creusa au travers des dunes une nouvelle embouchure à l'ancien Rhin, afin d'évacuer les eaux du Rynland, mais les sables revinrent de nouveau et eurent encore une fois le dessus. (Tegenwoordige staat der Nederlanden VI, 174.) Ce ne fut qu'au commencement de ce siècle, en 1806, que l'on réussit enfin à creuser au vieux lit du Rhin une embouchure durable que des écluses énormes garantissent des invasions de la mer aussi bien que de celles des sables.

La branche septentrionale du Rhin a subi des révolutions plus profondes encore que les autres. D'après la relation de Pomponius Mela, elle se jetait dans le lac Flevo, c'est-à-dire dans la partie méridionale du Zuiderzee et en ressortait par deux bras, qui en se réunissant formaient une île du même nom que le lac : au-delà de cette île, le fleuve se jetait par une embouchure unique dans la mer.

Toute cette contrée a tellement changé d'aspect depuis la description de Mela, qu'il est difficile de retrouver les traces de l'ancien état des choses. D'après la plupart des critiques, le lac Flevo comprenait la partie méridionale du Zuiderzee et ne s'étendait pas même au Nord jusqu'aux îles actuelles d'Urk et de Schokland. A l'Est et à l'Ouest aussi on admet que les eaux s'étendaient moins loin qu'à présent. Ces conclusions sont confirmées par la présence de la tourbe sur les bords et sur les îles actuelles du Zuiderzee, circonstance qui montre que ces îles faisaient partie de l'ancienne terre ferme. Il est du reste à présumer que le lac Flevo lui-même n'a pas toujours existé, mais qu'il a été créé comme tant d'autres lac-

avoisinants par l'érosion des eaux sur le terrain tourbeux. Nous voyons tous les jours les lacs et les étangs qui sont creusés dans ce terrain, ronger continuellement leurs rives en délayant les couches de tourbe et de glaise dont elles sont formées. La glaise se précipite au fond de l'eau, mais la tourbe plus légère flotte à la surface, se rassemble sur les bords et disparaît bientôt enlevée par le vent. Des revêtements très-solides de corps durs peuvent seuls garantir les rives contre cette érosion sans cesse agissante.

Le lac de Haarlem donne un exemple frappant de cette action envahissante des eaux sur les terrains tourbeux. En 1506 les eaux couvraient environ 3700 hectares de superficie divisés entre plusieurs étangs. En 1531 il existait encore quatre petits lacs distincts ayant ensemble une surface de 5607 hectares. En 1591 les quatre lacs s'étaient réunis et couvraient déjà une surface double de la précédente; en 1647 la surface des eaux atteignait 14,500 hectares, en 1740, 16,500 hectares étaient sous les eaux, et aujourd'hui la surface du lac n'était pas évaluée à moins de 18,100 hectares, avant que l'on s'occupât de son dessèchement. (Tegenwoordige staat der Nederl. VI. 163 — Annales des P. et C. de France année 1842, Mémoire de Mr. De Merle major du génie, aide de camp du roi des Pays-Bas.)

Il est très-probable que le Zuiderzee doit son existence aux mêmes causes que celles que nous voyons agir de nos jours sur le lac de Haarlem. Les eaux du Rhin auront attaqué la couche tourbeuse de leurs rives et l'érosion, une fois commencée se sera continuée sans interruption jusqu'au moment où des travaux de défense artificiels seront venus y mettre des bornes.

Ce n'est pas à cette action seule cependant que l'on doit l'étendue entière du golfe aujourd'hui connu sous le nom de Zuiderzee. Toute la partie septentrionale depuis les îles d'Urk et de Schokland jusqu'à la mer, est passée sous les eaux depuis les temps historiques par suite de l'affaissement naturel du terrain. Aussi toute cette partie du golfe est-elle composée de bas-fonds qui émergent pour

la plupart à marée basse et entre lesquels s'étendent des chenaux plus profonds, restes des anciens lits de fleuve ou de criques maritimes.

La plupart des savants s'accordent à voir dans le grand banc du *Breezand* les vestiges de l'île *Flevus* formée par les deux bras du Rhin lorsqu'il sortait du lac du même nom; les deux passes navigables du *Texelstroom* et du *Fliestroom* seraient les anciens lits de ces bras, et l'embouchure se trouverait entre les îles de *Terschelling* et de *Flieland*.

Les témoignages historiques s'accordent à placer la submersion de cette contrée au 13^e siècle; il est probable cependant que l'envahissement de la mer eut lieu successivement et dans la même mesure que l'affaissement du terrain qui devait y donner lieu; il paraît d'ailleurs que déjà au dixième siècle le Texel figure comme île dans une liste des propriétés de l'église St-Martin à Utrecht, (Tegenwoordige Staat der Nederlanden VIII, 589.) Il n'est nullement invraisemblable qu'il se soit écoulé trois siècles entre la première invasion de la mer et l'engloutissement définitif de toute la contrée.

Il est fort remarquable que les inondations de la mer dans cette partie de la côte n'aient pas suivi les mêmes phases que nous leur avons vu suivre ailleurs. En Zélande, par exemple, certaines parties du terrain inondé s'envasent, et s'exhaussent par suite de cet envasement, de manière à rester élevées au-dessus des eaux, tandis qu'entre ces parties privilégiées se creusent d'énormes criques parcourues par des courants larges et profonds. Ici rien de semblable n'a lieu; les bancs ne s'envasent pas et restent toujours couverts par la mer, et les chenaux qui coulent entre eux ne s'approfondissent et ne s'élargissent pas, mais restent jusqu'à nos jours des passes étroites, difficiles, que la navigation ne parcourt qu'avec peine et qui ne fournissent pas aux habitants des rives du Zuiderzee les avantages de la mer; après les avoir privés de ceux de la terre ferme.

Les eaux du Zuiderzee rongent fortement les côtes occidentales

de la Frise ; c'est la seule action remarquable que l'on puisse leur attribuer. Il n'est pas improbable que le peu de changement que le Zuiderzee a subi depuis le 13^e siècle trouve sa cause dans la faible intensité des marées à cet endroit de la côte.

Le Rhin, outre les révolutions en quelque sorte naturelles que son cours a subies, et que je viens d'indiquer d'une manière générale, a encore reçu dans les derniers siècles, de la main de l'homme, d'importantes modifications. De temps immémorial, ce fleuve à son entrée dans le royaume des Pays-Bas, se divisait en deux branches au fort *Schenkenschans*. Le Waal, qui est la branche de gauche, attirait de plus en plus à lui la totalité des eaux du Rhin, par suite de la tendance vers l'Ouest si souvent signalée précédemment. La branche de droite insensiblement délaissée par les eaux s'ensablait continuellement, tandis que celle de gauche ne pouvait suffire à l'écoulement des masses toujours croissantes de liquide qui se dirigeaient de son côté.

Au commencement du 18^e siècle on se décida à rétablir l'équilibre entre les deux branches en ouvrant une nouvelle dérivation de la branche gauche vers la branche droite, plus courte et plus directe que le cours tortueux du lit naturel de cette dernière en aval de Schenkenschans. On creusa donc un canal depuis le Waal à deux lieues en aval de Schenkenschans jusqu'au Rhin qui coulait à trois quart de lieue delà, afin de déverser de nouveau dans la branche droite une partie des eaux de la branche gauche. La percée eut lieu entre les villages de Pannerden et de Canda, et les eaux du Waal s'y jetèrent dès l'abord avec tant de violence que le canal, qui n'avait été creusé que sur 12 verges (45^m) de largeur et 7 pieds de profondeur, acquit bientôt une largeur triple et une profondeur de 23 pieds. (*Tegenwoordige Staat der Nederlanden* III, 42, 263, VII, 337.)

Malgré cette dérivation le Waal était encore surborgé par la masse des eaux auxquelles il devait donner passage. En 1740 et 1744 les digues de la rive droite se rompirent à Douwaart en aval

de Nimègue et les eaux se précipitèrent vers le Rhin à Rhenen. En 1766 de nouvelles ruptures eurent lieu, et montrèrent une fois plus qu'il était urgent de prendre des mesures énergiques pour soulager le Waal de la trop grande abondance de ses eaux.

En 1771 une convention solennelle fut conclue entre le royaume de Prusse et les Provinces-Unies intéressées dans la question d'écoulement des eaux du Rhin. Cette convention stipula que le canal Pannerden serait élargi de manière à pouvoir débiter le tiers des eaux totales du Rhin, et que l'ancien lit serait barré en aval de Schenckenschans par un déversoir submersible permettant aux eaux de s'écouler par cet ancien lit lorsqu'elles s'élèveraient de 2 mètres au-dessus de leur niveau ordinaire ; plusieurs coupures destinées à faciliter le libre mouvement des eaux, complétèrent cet ensemble de travaux qui assura un état d'équilibre aux divers débouchés de ce grand fleuve.

Des observations faites en 1819 prouvèrent que le Rhin débitait par seconde 2000 mètres cubes dans les eaux moyennes, 60 mètres dans les hautes eaux, et jusqu'à 9000 mètres dans les grandes crues. Ces eaux se partagent d'abord entre le Waal qui en prend les deux tiers et le canal de Pannerden qui en reçoit un tiers ; les hautes eaux cette dernière fraction s'augmentent des eaux qui déversent par dessus le barrage submersible de l'ancien lit du IJ à Schenckenschans. La branche septentrionale se divise de nouveau en amont de Arnhem. Le quart des eaux se rend vers le Nord l'Yssel et le Zuiderzee ; les trois quarts se rendent vers l'Ouest du Rhin inférieur ; là de nouveaux déversoirs sont établis dans les diques de la rive droite à Wageningen et dans celles de la rive gauche à Kuilenburg. Le déversoir de Wageningen permet aux hautes eaux de s'épancher dans le vallon de l'Eem dont j'ai déjà eu l'occasion de parler plus haut et qui se prolonge jusqu'au Zuiderzee. Le déversoir de Kuilenburg rejette les eaux dans la Betuwe entre le Diefdijk et les digues de la Linge : trois écluses à Asperen donnent ensuite entrée dans ce dernier cours d'eau, par lequel les eaux se jettent à Gorcum dans le Waal.

Les eaux du Waal réunies à celles de la Meuse vers Worcum, se jettent ensemble vers l'entrée du Biesbosch où elles se jettent presque en totalité dans les premiers temps qui suivirent l'inondation de 1421. Depuis cette époque les efforts des riverains pour conserver devant Dordrecht un courant suffisant aux besoins de la navigation et l'envasement graduel des criques du Biesbosch ramènent une partie des eaux dans la Merwe jusqu'à cette ville, mais ne parvinrent pas à leur faire continuer plus loin le même chemin. Dordrecht les eaux se détournent et se rejettent de nouveau dans Hollands Diep. On calcule qu'un dixième seulement des eaux de Meuse et du Waal continuent leur chemin vers la Meuse inférieure, tandis que les neuf dixièmes se rendent dans le Hollands Diep par le Biesbosch et la Merwe devant Dordrecht. (Lacroix, Mémoire cité.)

Differents projets d'amélioration ont été proposés dans ces derniers temps pour l'écoulement des eaux supérieures au travers des Pays-Bas. Le lieutenant-général Kraceyenhoff proposa de ne laisser au Rhin que deux débouchés; le Waal à gauche et l'Yssel à droite. Le Waal devait être séparé de la Meuse et du Biesbosch par des barrages, et se diriger par la Merwe vers l'ancienne Meuse. La Meuse à son tour devait être conduite directement dans le Biesbosch par Heusden. L'Yssel devait être élargi de manière à donner passage à trois fois autant d'eau qu'il en loisse écouler aujourd'hui. Le Rhin inférieur et le Lek devaient être canalisés au moyen de 8 écluses. Ce projet fut combattu par l'inspecteur-général du Waterstaat Blanken qui proposa au contraire de faciliter l'entrée des eaux du Waal dans le Biesbosch, en creusant dans cette direction un nouveau chenal garni de digues, ou lieu de fermer ce débouché par un barrage. Le chenal devait avoir 376 mètres de largeur, et l'intervalle entre les digues devait être de 1500 mètres. (Lacroix, ibid.) Aucun de ces projets n'a eu de suite jusqu'à présent.

§ 47. Variations du cours du Vecht, de l'Ems et des rivières intermédiaires.

Le *Vecht* cité probablement par Ptolémée sous le nom de *Vidrus*, se jette aujourd'hui dans le Zuiderzee à *Genemuiden*. Il est très probable qu'à l'époque romaine, où la partie septentrionale du Zuiderzee n'était pas encore inondée, le cours du *Vecht* se poursuivait au Nord des îles actuelles de Schokland et d'Urk et se dirigeait au travers de la Frise dans la direction de *Sloten*, *Sneek* et *Leeuwaarden* pour se jeter dans la mer entre *Terschelling* et *Ameland*. Ce qui doit faire adopter cette opinion, c'est d'abord, que Ptolémée ne cite que les rivières qui se déchargeaient directement dans l'Océan ; ensuite, que la Frise a été coupée, jusqu'il y a quelques siècles, dans la direction indiquée ci-dessus, par un bras de mer assez large qui séparait les quartiers de *Westergo* et d'*Oostergo*. Ce bras de mer, qui portait le nom de *Middelzee* formait apparemment l'embouchure du *Vecht* et celle d'une autre petite rivière le *Boorn* venant de l'Est et se jetant dans le *Middelzee* en aval de *Sneek*. Delà, le bras de mer lui-même prit le nom de *Boorndiep*, en latin *Burdo* ou *Burdines* d'après la dénomination de la rivière qui s'y jetait : l'étendue occupée anciennement par le *Middelzee* est encore facile à reconnaître d'après le cours des digues qui l'ont entouré. La rive droite devait suivre la limite du quartier de *Westergo*, par *Sneek*, *Leeuwaarden*, *Steens* et *Mariengaard* à la mer ; la rive gauche se dirigeait par *Bolswaart*, *Bosum*, *Minnertsgast*, *Berlikum*, *Beetgum* vers la mer au Nord de *Francker*. (Tegenwoordige Staat der Nederl. XIII, 30, XIV, 198). On présume que c'est là le chemin que Drusus et après lui Germanicus



son fils firent suivre aux flottes romaines dans leurs expéditions du Rhin vers l'Ems. On présume aussi que c'est sur ce bras de mer qu'était situé le port *Manarmans* dont parle Ptolémée. (Géogr. II, 9.) D'autres le placent sur le Lauwerzee.

Au 8^e siècle le *Boorndiep* ou *Middelzee* donna asile à la flotte de Charles Martel qui y jeta l'ancre entre deux îles auxquelles les historiens donnent divers noms mais qui paraissent n'être autre chose que les deux quartiers de la Frise *Oostergo* et *Westergo*. Il est apparent qu'à cette époque, les invasions de la mer avaient assez profondément divisé le littoral de la Frise pour que la dénomination d'îles fût applicable à des districts qui sont aujourd'hui partie de la terre ferme. (Wagenar, *Vaderlandsche historie I Deel, IV Boek*, pag. 376)

Au 13^e siècle encore, le bras de mer exerçait de grands ravages sur toute l'étendue de ses rives, et ce n'est guère qu'à la fin de ce siècle que les parties les plus reculées vers l'intérieur commencèrent à s'envaser. Vers le milieu du 14^e siècle, l'envasement se prolongea jusqu'à Leeuwaarden. En 1508, on endiguua le polder du *Bildt* en avant de cette ville, sur une étendue de 4600 hectares, ce qui n'empêcha pas les eaux du *Middelzee* de détruire vers le même temps la petite ville de *Utgong* ou *Utgone* près de *Berlikum*. En 1600, on endiguua le nouveau *Bildt* de 1500 hectares, et enfin en 1715 et 1754 le reste du *Middelzee* fut également endigué sur une étendue de près de 500 hectares. Depuis longtemps, le *Vecht* avait eu son cours interrompu par les envahissements du *Zuiderzee* et avait par conséquent cessé de s'écouler par la Frise; on remarquera que la date des premiers envasements dans le fond du *Middelzee* coïncide avec celle de la submersion des parties septentrionales du *Zuiderzee*, ce qui est une nouvelle confirmation de la dépendance mutuelle dans laquelle se trouvaient la rivière et le bras de mer, celui-ci ayant commencé à s'envaser précisément à l'époque où celle-là cessait de pouvoir y décharger ses eaux.

Le *Boorn* lui-même perdit son débouché par suite de l'envasement du bras de mer, et aujourd'hui son cours se perd vers cet endroit

dans les canaux artificiels creusés pour l'écoulement des eaux des terrains endigués. (Tegenw. staat der Ned. XIII, 41, 316, 393, 401; XIV, 414; XV, 184, 237, 411, 440.)

Le *Lauwers* et la *Hunze* ont leur embouchure dans un bras de mer encore ouvert : le *Lauwerzee*. Les deux rivières formaient anciennement les prolongements du bras de mer, avec des dimensions correspondantes aux siennes. La *Hunze* s'étendait vers l'intérieur jusqu'à plus d'une lieue au delà de Groningue et sur une grande largeur.

L'Ems est souvent cité par les auteurs anciens. Pline et Pomponius Mela l'appellent *Amisius*. Tacite *Amisia* et Ptolémée *Amasias*. D'après le premier de ces auteurs (IV, 13) cette rivière se divisait en deux branches qui formaient une grande île du nom de *Burchana* ou *Fabaria*. On suppose que l'île actuelle de *Borkum* est un reste de l'ancienne *Burchana* et l'on pense que le cours actuel de l'Ems, suit l'ancienne branche de gauche, tandis que la branche de droite, depuis longtemps envasée, aurait parcouru la partie occidentale de l'Ost-Frise dans une direction que Arends cherche à déterminer par le tracé d'une bande de glaise profonde qui s'étend depuis le cours actuel de l'Ems jusqu'à la mer, et qui paraît indiquer un ancien lit de rivière (II, 40). Le même auteur indique encore comme probable par les mêmes motifs une autre bifurcation de l'Ems qui aurait eu lieu à *Weener*, à quelques lieues en amont de *Emden*, où une branche se serait séparée de la rivière sur la gauche, et se serait dirigée au travers de l'emplacement actuellement occupé par le golfe du Dollart, de manière à se réunir de nouveau avec le cours principal de l'Ems vers la pointe de *Reide*, (II, 43, 192.)

D'autres petites rivières, l'Ee ou l'An, la Tjamme se jetaient jadis dans l'Ems, mais se déchargeant aujourd'hui dans le Dollart, depuis que ce golfe est venu remplacer la terre-férme.

C'est à l'année 1277 que l'on rapporte la formation du Dollart, dont la cause immédiate est due aux inondations produites par les marées extraordinaires du 12 janvier et du 25 décembre de cette année. Des inondations subséquentes agrandirent l'étendue du

golfe, surtout celle de décembre 1287, qui acheva de submerger la partie septentrionale (Arends II, 173.)

Les causes premières qui donnèrent naissance à cette grande invasion des eaux de la mer furent exactement semblables à celles qui à la même époque agissaient sur le Zuiderzee et y produisaient les mêmes résultats; je ne m'occuperaï donc pas à les développer.

Au commencement du 16^e siècle la mer fit de nouveaux envahissements du côté de l'Ouest. On remarqua cependant ici ce qui s'était observé dans d'autres circonstances analogues, c'est-à-dire que tandis qu'en certains points la mer faisait des progrès dans l'engloutissement des terrains, ailleurs, des envasements se produisaient dans les endroits qu'elle avait jusque là couverts de ses flots. C'est ainsi que le commencement du 16^e siècle fut témoin des premiers endiguements par lesquels on reconquit sur les eaux une partie de l'ancienne terre-férme. Depuis cette époque jusqu'à la fin du 17^e siècle on reconquit ainsi plus de 20 mille hectares de terrain, et plus tard on continua à gagner environ 6 mille hectares jusqu'à nos jours. (Arends II, 180 et suivantes.)

L'inondation eut pour effet d'attirer vers le Sud, le courant de l'Ems qui s'était toujours dirigé le long de la ville de Emden. La navigation et le commerce de cette ville ayant eu grandement à souffrir de ce déplacement, on se vit obligé à la fin du 16^e siècle de construire une estacade en charpente destinée à détourner le courant de la direction qu'il avait adoptée, pour le forcer à reprendre celle qu'il avait abandonnée le long de la ville. Cette entreprise était importante pour l'époque et pour la ville qui l'exécutait, aussi dura-t-elle 25 ans. Encore l'ouvrage, fruit de tant d'efforts, fut-il malheureusement négligé après sa construction, et bientôt détruit par les flots; on voit encore aujourd'hui les restes des pilotis de l'estacade à marée basse.

Depuis cette époque l'Ems abandonna définitivement son lit devant Emden, et celui-ci s'envasa tellement qu'il n'en reste plus de traces aujourd'hui, et qu'il a fallu creuser au travers de l'alluvion

un canal d'une lieue de longueur pour mettre la ville en communication avec la rivière; ce canal est extrêmement sujet aux envasements, et il ne peut être parcouru que par des bâtimens de peu d'importance. (Arends II, 190.)



§ 48. Variations du cours du Weser, de l'Elbe et de l'Eyder.

Le *Weser*, le *Visurgis* des romains ne paraît pas avoir été très connu des anciens auteurs, au moins ne nous ont-ils laissé que peu de détails sur ce fleuve.

Il paraît, d'après des observations locales tirées de la nature du terrain, que le Weser a eu anciennement plusieurs embouchures à l'Ouest de l'embouchure actuelle. Ces branches se sont successivement envasées en vertu de la tendance au déplacement vers l'Est, qui se remarque dans les rivières situées au-delà du Zuiderzee. Les embouchures occidentales du Weser auront contribué à la formation du *Jahde*, dont elles parcourraient l'emplacement, et qui a depuis longtemps absorbé leurs divers lits.

La formation de ce golfe tout-à-fait semblable au Dollart, doit être attribuée entièrement aux mêmes causes que celle de ce dernier. L'époque de la submersion est la même et toutes les circonstances qui la suivent sont semblables.

C'est en 1218 à la suite d'une forte marée que l'inondation eut lieu et après cette époque jusqu'au commencement du 16^e siècle, la mer continua à envahir de nouveaux terrains. La marée du 16 janvier 1511 engloutit encore environ 6000 hectares, mais ce fut la dernière conquête de la mer. En 1521 on commença à limiter l'inondation par des digues ; elle occupait alors plus de 30 mille hectares de surface. En 1544 on commença à reconquérir sur les eaux une partie du terrain inondé ; en 1596 et 1615 les endiguements furent continués, et pendant les deux siècles suivants on les poursuivit avec assez de succès pour réduire successivement l'étendue

du golfe à un peu plus de la moitié de sa surface primitive. (Arends II, 222.)

Quant au Weser, qui s'était réduit à la seule branche actuellement existante, par l'abandon successif des branches occidentales, il s'élargit considérablement à mesure qu'il concentrat davantage ses eaux dans un lit unique. Mais cet élargissement ne fut pas accompagné d'approfondissement. Au contraire le lit s'ensablà considérablement jusqu'à Brême de telle sorte que les plus petits navires peuvent seuls arriver jusqu'à ce port célèbre, et qu'il a fallu créer beaucoup plus bas un nouveau port *Bremerhaven* où abordent les grands navires pour envoyer delà leur cargaison par allèges à Brême (Arends II, 236.).

L'Elbe, *Albis*, était encore moins connue des romains que le Weser, aussi les renseignements qu'ils nous ont laissés de ce fleuve se réduisent-ils presque à rien. Ptolémée place l'embouchure de l'Elbe sur le même méridien que celle du Weser. Si cette indication était exacte, elle prouverait, ce que du reste d'autres inductions tendent à faire admettre, que la côte s'étendait à cette époque jusqu'à l'île actuelle d'Helgoland, et que c'est à peu près à cet endroit que l'Elbe avait son embouchure.

Les révolutions de l'Elbe, dont l'histoire nous a conservé le souvenir se réduisent aux seules variations que le cours du lit a éprouvées devant la ville de Hambourg. Il paraît que primitivement les nombreuses îles que l'on trouve aujourd'hui en cet endroit n'existaient pas, le lit unique longeait la ville. Plus tard il se ramifica en amont; mais on bâtra les branches accessoires, et ce barrage eut à ce qu'il paraît pour effet de donner naissance à un second lit, celui qui coule aujourd'hui sur la rive gauche le long de Harbourg; les deux lits se partagèrent les eaux du fleuve, et le nouveau venu qui était d'abord le plus faible, devint insensiblement égal à l'autre, puis plus important que celui-ci, tellement qu'aujourd'hui on commence à craindre l'ensablement total de la branche primitive.

L'Eyder est une rivière qui forme la limite entre les duchés de Schleswig et de Holstein. Elle a subi de très grandes révolutions dans la partie de son cours qui est située dans la plaine le long de la mer du Nord. Anciennement la rivière se bifurquait à Friedrichstadt ; la branche méridionale, qui existe seule encore, se dirigeait vers la mer en séparant la province de Eyderstaedt du Holstein ; la branche septentrionale séparait la province d'Eyderstaedt de celle du Husum vers le Nord, se dirigeait ensuite vers l'Ouest entre *Ulvesbuell* et *Lundenberg* et coulait vers la mer en séparant la province d'Eyderstaedt de celle du Nordstrant. Nordstrant n'était pas à cette époque comme aujourd'hui une petite île à peu-près détruite par la mer, elle se réunissait du côté de l'Est à la terre-férme, ou du moins n'en était séparée que par un cours d'eau d'une largeur ordinaire ; du côté du Midi elle s'étendait jusque contre la province d'Eyderstaedt dont elle était séparée par le bras septentrional de l'Eyder; du côté de l'Ouest, elle s'étendait en mer jusqu'à l'extrémité des bancs continus qui encombrent cette partie du littoral, et au-delà par conséquent des îles actuelles de Norderoog et Suederoog. Au Nord elle allait se rattacher aux îles de *Foehr* et d'*Amrom*.

La province d'Eyderstaedt était donc entièrement limitée du côté du continent par les deux branches de l'Eyder; du côté de la mer elle s'étendait au-delà de la côte actuelle à la même distance que la province voisine de Nordstrant. Entre les deux branches de l'Eyder, et au travers par conséquent de l'Eyderstaedt coulaient deux branches transversales qui réunissaient entre elles les branches méridionales et septentrionales de l'Eyder; elles divisaient la province d'Eyderstaedt en trois cantons : *Utholm*, *Everschap* et *Eyderstaedt*.

Ces branches transversales furent barrées de bonne heure, de sorte que les trois cantons cessèrent de former des îles à partir du 13^{me} siècle. La branche septentrionale fut également barrée à la fin du 15^{me} siècle, à peu près à mi-chemin entre les villes de Friedrichstadt et de Husum ce qui fit disparaître la séparation qui existait entre la province d'Eyderstaedt et le continent.

Pendant ce même temps toute la contrée éprouvait de grandes pertes du côté de la mer. Les côtes de l'Eyderstaedt reculaient continuellement vers l'intérieur, et la mer y creusait le golfe que l'on voit aujourd'hui entre Ordingen et Westerhever, sur l'emplacement anciennement occupé par trois villages. Les embouchures de l'Eyder s'élargissaient et se changeaient en bras de mer; d'autres bras de mer se creusaient entre le Nordstrand et le continent, mais ce fut surtout du côté du midi et de l'Ouest que cette dernière province eut à soutenir de la part de la mer de rudes assauts. Déjà au 14^e siècle l'histoire nous a transmis les dates de diverses inondations de la mer qui engloutirent des portions notables du territoire, ou les transformèrent en flots; les envahissements antérieurs ne nous sont pas connus, quoiqu'on ne puisse douter des désastres qu'ils occasionnèrent. En 1532 une inondation générale surmergea tout le Nordstrand, rompit les digues en 18 endroits différents et y creusa des affouillements de plus de 40 aunes de profondeur; 1500 à 2000 personnes furent les victimes de cette terrible catastrophe.

Elle ne fut malheureusement pas la dernière. Au commencement du 17^e siècle le Nordstrand, devenu depuis longtemps une île, eut à souffrir de l'Océan plus qu'il n'avait encore fait jusqu'alors. On compte que malgré les énormes pertes qu'il avait déjà éprouvées, sa surface à cette époque s'élevait encore à plus de 20 milles hectares et sa population à 9000 âmes.

Les sortes marées du 21 octobre 1612, du 12 janvier 1613, du 1 novembre 1615, du 12 janvier 1617 se succédant à de courts intervalles, commencèrent l'œuvre de la destruction de l'île, en rompant les digues et entraînant successivement sous les eaux tantôt une partie du terrain tantôt une autre.

De nouvelles inondations en 1625, 1627, 1628 et 1630, aggravèrent encore le mal et servirent de prélude à la fameuse marée du 11 octobre 1634 qui acheva la ruine entière de l'île. Les flots s'élévèrent alors de 12 à 20 pieds au-dessus du sol, détruisirent toutes les habi-

tations, et noyèrent 6400 personnes , qu'ils avaient surprises dans leur sommeil.

A partir de ce terrible évènement, l'île ou plutôt les débris de l'île restèrent à peu près déserts, jusqu'à ce qu'en 1652 le gouvernement en fit la concession à une compagnie de Hollandais qui essayèrent de la reconquerir sur la mer. Les travaux de cette compagnie n'eurent qu'un faible succès. En 1654, 1655 et 1660 des endiguements successifs firent regagner sur la mer le territoire actuel de l'île de Nordstrand, qui ne comprend dans son ensemble qu'une surface de 1500 à 2000 hectares tout au plus. Cette île et les petits îlots qui l'entourent au nombre de 10 à 12 et d'une surface totale de 500 hectares au plus, sont les seuls débris d'une province entière successivement déchirée et engloutie par l'Océan. (Arends, II, 257 à 279.)

Je ne pousserai pas plus loin l'étude des révolutions physiques auxquelles le littoral oriental de la mer du Nord a été soumis. Ce que j'en ai dit, indique suffisamment, quoique d'une manière abrégée, toutes les grandes actions qui s'y sont manifestées, et qui ont fait peut-être de ce littoral le théâtre le plus fertile en événements qui existe sur toute la surface du globe, eu égard à l'étendue qu'il y occupe.

Il ne me reste plus qu'à parler de la construction des digues.



I.

Détails sur la construction des digues.

Lorsque le terrain sur lequel la digue doit être établie est au-dessus de marée haute, la construction de cet ouvrage a lieu comme un terrassement ordinaire. Les terres sont apportées, ou bien par brouettes quand on les trouve près de la digue, ou bien par bateaux quand il faut les chercher plus loin. La terre glaise doit être grasse, bleuâtre, peu humide ; on l'extract à la pelle par petits cubes de 20^c de côté ; ces cubes doivent être assez cohérents pour pouvoir être transportés sur une fourche.

Les terres sablonneuses ne sont pas à rejeter dans la construction des digues : le sable sert à combler les interstices qui pourraient s'y rencontrer, il rend l'ouvrage étanche ; mais il faut bien se garder d'employer le sable dans les parties qui doivent venir en contact avec l'eau, car le sable n'oppose aucune résistance à son action.

Les terres grasses et jaunâtres sont encore excellentes, elles sont sèches et absorbent l'humidité apportée ordinairement par la terre glaise proprement dite, humidité dont l'excès rend les terres fluides et les empêche de faire corps.

Lorsque la digue est élevée à la hauteur voulue on s'occupe de la revêtir du côté exposé au choc des vagues. Ce revêtement se fait de plusieurs manières : soit par un simple gazonnage, soit par un paillassonnage, soit au moyen de fascinages. On emploie aussi des



revêtements en briques, et même des perris lorsque la chose est nécessaire. Le paillassonnage a l'avantage de montrer les déchirements et les crevasses qui peuvent se former dans une digue neuve, tandis que les autres revêtements cachent ces accidents et ne permettent pas de les réparer aussitôt qu'ils ont eu lieu. Les revêtements en briques se composent de briques posées de champ et retenues au pied du talus par des planches qui sont fixées au moyen de piquets. Les perris offrent en grand le même mode de construction ; ils sont formés de pierres parallépipédales posées de champ sur le talus de la digue en rangées horizontales. La rangée inférieure porte sur une longrine entaillée sur une file de pieux. Le talus de la digue est couvert d'une couche de sable sur laquelle on étend un lit de blocailles, destiné à soutenir les pierres du perré ; celles-ci sont serrées entre elles par des éclats de pierre que l'on chasse avec force entre leurs joints.

Tous ces moyens sont assez coûteux ; aussi les réserve-t-on pour les digues dont les talus sont visités par les eaux à toutes les syzygies, et où par conséquent le gazon ne peut pas croître. Dans la plupart des autres cas, on se contente autant que possible de revêtir les talus des digues par un gazonnage et on leur donne une inclinaison d'autant plus douce qu'ils sont plus exposés au mouvement des vagues. L'inclinaison varie dans ce cas depuis 4 jusqu'à 12 de base pour 1 de hauteur. Pour des inclinaisons moins douces que celles-là, il se présente une nouvelle circonstance dont il est nécessaire de tenir compte, c'est que comme la végétation n'a lieu que dans le sens vertical elle n'est pas en rapport avec la surface réelle du talus sur laquelle elle croît, mais bien avec la surface de sa projection horizontale ou de sa base. La contesture plus ou moins serrée du gazon sur un talus dépend donc beaucoup de l'inclinaison de celui-ci ; et il faut, pour avoir sur les talus extérieurs des digues un gazonnage suffisamment fourni, que l'inclinaison ne soit pas plus raide que $2\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de mouvement des vagues.

à craindre. Du côté de l'intérieur les talus des digues peuvent être plus raides; cependant il ne faut pas dépasser la limite de 1 3/4 de base pour 1 de hauteur, si l'on veut avoir un gazon convenable; encore faut-il dans ce cas que le talus soit recouvert d'une couche de bonne terre végétale, ou d'une couche de terre glaise qui ne soit pas trop compacte.

Lorsque le terrain sur lequel la digue doit être construite se trouve entre la hauteur de basse et de pleine mer, il faut employer d'autres moyens de construction que de simples terrassements. La terre que l'on déposerait dans ce cas sur les parties laissées à sec par le reflux, seraient délavées et emportées par le courant à la marée montante ainsi qu'à la marée descendante.

Pour obvier à cet inconvénient on enferme la digue entre deux massifs en fascinages, l'un du côté du flux, l'autre du côté du reflux. On commence donc aussitôt que le reflux laisse le terrain à sec, par construire la première assise du massif de fascinage du côté intérieur et la première assise du massif semblable du côté extérieur, et l'on remplit de terre l'espace laissé entre les deux massifs. On continue de même aussi longtemps que la marée montante le permet et l'on a bien soin que le coffre en terre qui est renfermé entre les deux massifs de fascinage ne soit pas plus élevé qu'eus, afin que le courant ne puisse rien enlever de ce coffre. Lorsque la marée se retire, la partie construite retient déjà derrière elle une certaine hauteur d'eau, qui est d'un effet très-utile à la marée suivante, lorsque l'eau montante vient déverser par dessus les nouvelles couches de fascinages établies pendant la marée basse. L'eau retenue, diminue alors la hauteur du déversement de toute sa hauteur propre, elle reçoit tout l'effort produit par la chute, et empêche ainsi qu'il ne se forme des assouflements au pied intérieur de la digue. Aussi, quand-même on pourroit, au moyen d'écluses, se débarrasser de l'eau retenue par les portions de digue successivement construites, il serait imprudent de le faire, par les motifs qui viennent d'être indiqués.

Aussitôt que la marée est assez descendue pour permettre de travailler, on construit une nouvelle assise de fascinage du côté de l'intérieur, on arrête ainsi l'écoulement vers l'extérieur ce qui rend plus commode le reste du travail, et on continue à éléver les deux lignes de fascinage ainsi que le coffre qui les sépare.

Les diverses couches de fascinage se mettent en retraite les unes sur les autres, de manière que chaque massif présente du côté où il ne touche pas le coffre, un talus d'une inclinaison variant entre 1/2 de base pour 1 de hauteur et 1 de base pour 1 de hauteur. Quant au côté opposé, comme il importe que les fascinages soient liés aussi intimement que possible avec la terre du coffre, afin que le tout ne fasse qu'un seul corps, on a soin de donner aux couches successives des largeurs différentes, de manière que le massif de fascinage et le massif de terre se pénètrent réciproquement au lieu d'être séparés par une surface régulière.

Il est essentiel que jamais aucune partie de l'un des massifs de fascinage ne soit en contact avec le massif opposé, il se formerait des filtrations le long des fascines, au travers du corps de la digue. En général tout corps solide qui traverse une digue ouvre un chemin aux filtrations.

Lorsque les massifs de fascinage sont arrivés à la hauteur des marées de vives eaux, le reste de la construction de la digue rentre dans le cas des ouvrages analogues à établir sur des terrains au-dessus de marée haute. On peut commencer alors à baisser un peu les eaux intérieures au moyen d'écluses qu'on ouvre à marée descendante, et qu'on referme à marée montante. Il est prudent cependant de faire cette opération avec beaucoup de lenteur, afin de laisser à la digue le temps de prendre une assiette convenable qui lui permette de résister à une pression, qui vient s'exercer dans une direction opposée à celle qui agissait d'abord sur elle.

Il est évident que la partie de la digue qui se trouve entre la hauteur de pleine mer et celle de basse mer, doit être beaucoup plus large que la partie au-dessus de marée ordinaire, puisqu'elle

à supporter deux fois par jour une pression considérable, tandis que celle-ci n'est soumise que dans des cas exceptionnels à une pression, qui ne dépasse guères la moitié de celle que produit la marée ordinaire de vives eaux. Aussi l'épaisseur moyenne d'une digue ordinaire, entre marée haute et marée basse, est d'une trentaine de mètres ; tandis que l'épaisseur de la partie supérieure n'est, même à sa base, que d'une vingtaine de mètres. Il résulte de ce rétrécissement deux bermes, l'une extérieure, l'autre intérieure, toutes deux à la hauteur de marée haute de vives eaux. Ces bermes, dont la largeur ordinaire est de 4 mètres, peuvent servir au passage des voitures, des chevaux et des bestiaux, qu'il faut soigneusement éloigner de la crête de la digue, à cause des dégradations qui en résultent.

Lorsque le fond sur lequel on doit construire une digue se trouve au-dessous de marée basse, et n'est jamais à découvert, on emploie un système analogue à celui des parties au-dessus de marée basse, c'est-à-dire, que la digue doit être renfermée entre deux massifs de fascinage, qui non-seulement la garantissent de l'action des courants, mais encore lui permettent de se soutenir sous un talus beaucoup plus raide que celui qu'elle prendrait naturellement dans l'eau.

Quant au mode de construction, on comprend qu'il doit être différent de ce qu'il est au-dessus de marée basse. Les fascinages construits sur place doivent être remplacés par des plates-formes solides que l'on construit d'avance à sec et que l'on lance ensuite à l'eau pour les échouer à l'endroit voulu. Le coffre, qui dans le précédent, pouvait se construire par terrassements à la brouette, doit nécessairement être rempli au moyen de terres apportées par bateaux et déchargées sur place.

La première opération consiste à couler deux plates-formes, l'une du côté extérieur, l'autre du côté intérieur, et destinées toutes deux à former la fondation des culées sous marines.

Lorsque le fond est vaseux, il est essentiel de construire très-

fortement ces deux premières pièces et de les charger d'un poids considérable qui leur permette de traverser la vase et d'atteindre le fond solide. Il est bon dans ce cas de réunir entre elles ces deux premières plates-formes au moyen d'autres pièces intermédiaires coulées à l'endroit du coffre et chargées aussi fortement que les premières. Cette liaison entre les deux pièces de fondation des culées s'oppose avec succès à la tendance à l'écartement que le poids du coffre produit sur les deux culées, et qui est encore favorisée par la mobilité du fond vaseux sur lequel elles reposent. On pourrait craindre que ce fascinage continu qui traverse la digue de part en part n'offre un chemin tout frayé aux filtrations; mais cette crainte est peu fondée : cette première assise de fascinage étant enterrée tout entière dans la vase, se trouve tout-à-fait garantie par là du contact de l'eau.

L'assise de fondation étant établie solidement, on s'occupe d'élever les deux culées au moyen de plates-formes que l'on y échoue successivement les unes au-dessus des autres. Ces plates-formes sont chargées de pierres pesantes ou seulement de terre glaise selon la violence plus ou moins grande des courants auxquels la digue doit résister pendant sa construction.

A chaque fois que l'on élève les deux culées on ébauche en même temps le coffre qui les sépare, en y déchargeant des bateaux lestés de terre. Il faut calculer leur charge de manière à ne pas porter la hauteur du coffre au-dessus de celle des culées, afin de garantir toujours les terres de l'action des courants. Il est bon de décharger de temps en temps quelques bateaux de sable ; mais cette opération doit se faire à marée étale ; le moindre courant serait dévier le sable de la direction verticale que l'on voudrait lui faire suivre dans sa chute.

Les diverses assises de plates-formes se posent en retraite les unes sur les autres, de manière à former du côté où elles ne touchent pas le coffre, un talus dont l'inclinaison est ordinairement de 45°. Quand au côté qui touche le coffre, on emploie les mêmes moyens

de liaison que ceux déjà indiqués pour les parties au-dessus de marée basse ; c'est-à-dire que l'on pose alternativement l'une sur l'autre des plates-formes plus larges et plus étroites, de manière à avoir une pénétration réciproque entre le massif de fascinage et le coffre de terre.

Lorsque l'ouvrage est parvenu au niveau de la basse mer, le reste de la construction se fait par les moyens déjà décrits précédemment.

Telle est en abrégé l'indication des moyens que l'on emploie le long des côtes de notre littoral pour asseoir les digues destinées à les garantir des inondations de la mer.



II.

De l'assèchement artificiel des terrains alluvionnaires ou des endiguements.

Examinons à présent de quelle manière on fait l'application de ces moyens de construction à l'endiguement des terrains alluvionnaires.

Nous avons vu précédemment comment, la mer, de concert avec les eaux venant de l'intérieur du pays, formait le long des côtes et surtout le long des rivières et des baies sujettes à la marée, des alluvions dont le niveau s'élevait à chaque flux et reflux par les couches de vase venant successivement s'y déposer. Des roseaux ne tardent pas à se montrer sur ces nouveaux terrains, ils continuent à y croître sans partage, aussi longtemps que le niveau n'a pas atteint la marée haute; mais aussitôt que l'envasement s'est élevé jusque là, et que l'alluvion n'est plus recouverte par la marée que dans les vives eaux, les roseaux disparaissent insensiblement pour faire place au gazon. C'est à cette époque que l'alluvion est propre à être endiguée.

Si l'on opérait l'endiguement plus tôt, on s'exposerait à beaucoup d'inconvénients. La couche de terre glaise recouvrant la tourbe serait naturellement d'une faible épaisseur, en sorte que les digues établies sur un pareil terrain, se trouvant posées presque directement sur la tourbe, exerceraient une pression considérable sur cette matière molle et spougeuse, et la

forcerait souvent, même pendant leur construction, à céder en s'écartant de part et d'autre. De nombreux exemples attestent, que dans de pareilles circonstances, des portions de digue ont été englouties, d'autres ont glissé sur leur base et ne se sont arrêtées qu'à plusieurs mètres de distance. Des ruptures même de digues déjà construites peuvent être le résultat de ce vice originel : car lorsqu'une marée extraordinaire vient ajouter une pression verticale considérable au poids propre de la digue, le fond tourbeux sur lequel celle-ci est assise, devient incapable de supporter ce surcroît de pression; il cède, et la digue chancelant sur sa base, et poussée par une énorme pression horizontale, est en un instant renversée et détruite.

Toutes ces circonstances se sont présentées plus d'une fois de nos jours dans les polders de deux rives de l'Escaut inondés à la suite des événements politiques de 1830.

Outre les inconvénients que je viens de signaler, il en est encore d'autres qui sont la conséquence infaillible d'un endiguement prématuré. Lorsque le terrain endigué est beaucoup plus bas que la marée haute, les ruptures qui peuvent se former dans les digues sont très difficiles à fermer, parce qu'il s'y forme immuablement des assouillements profonds, par suite des courants entrants et sortants qui s'y établissent à chaque marée montante ou descendante. Au contraire si le niveau des terres endiguées est à la hauteur de marée haute, et qu'il arrive qu'une marée extraordinaire occasionne une rupture de digues, il est facile de réparer ce dégât aussitôt que la marée à repris son allure ordinaire, quand même il se serait formé un assouillement à l'endroit de la rupture. Car, ou bien on barrera directement cet assouillement dans lequel il n'y aura point de courant à redoubler, ou bien on le contournera en établissant une nouvelle portion de digue sur le terrain resté intact autour de l'assouillement; et dans ce cas la construction sera très aisée puisqu'on travaillera constamment à sec.

Il est encore plusieurs autres raisons qui doivent déterminer à ne pas endiguer trop tôt les alluvions. Telles sont les difficultés que

l'on éprouve à établir une digue sous marée haute : les dangers d'inondation qui sont bien plus grands et bien plus fréquents lorsque les digues ont à chaque marée à résister à un effort considérable, etc.

Lorsqu'on veut endiguer une alluvion, le premier soin à prendre consiste à s'assurer d'un moyen de faire écouler les eaux que l'on retiendra derrière la digue pendant la construction, ainsi que celles qu'amèneront les pluies après l'assèchement. A cet effet on commence par construire une ou plusieurs écluses en des endroits où doit passer la digue. Ces ouvrages d'art sont de simples aqueducs munis de deux vannes, l'une du côté extérieur, l'autre du côté intérieur ; de plus ils contiennent entre ces deux vannes, soit une simple porte s'ouvrant de l'intérieur à l'extérieur, soit une paire de portes busquées contre l'eau extérieure. Cette cloison interne manœuvre d'elle-même sans secours étranger. Lorsque l'eau extérieure est plus haute que l'eau intérieure, les portes se ferment par la différence de pression et empêchent ainsi toute communication de l'extérieur à l'intérieur ; au contraire, lorsque l'eau extérieure est descendue plus bas que l'eau intérieure, les portes s'ouvrent et laissent écouler l'eau retenue à l'intérieur de l'endiguement. Ces écluses permettent donc la sortie, mais jamais la rentrée des eaux, à moins que par des moyens spéciaux on ne force les portes à rester ouvertes pendant la marée montante, quand on veut inonder le terrain. Les vannes remplacent les portes lorsqu'il est nécessaire de faire des réparations à celles-ci ; elles servent aussi à retenir les eaux à l'intérieur quand on veut que le terrain reste inondé.

Pendant la construction des écluses, on commence à établir la digue.

On procède d'abord au barrage des criques et des profondeurs ; on appelle criques, des chenaux creusés par les courants de la marée montante et de la marée descendante. Le barrage de ces criques s'effectue par les moyens indiqués plus haut.

Il est essentiel de commencer par combler les profondeurs, à

l'effet, en premier lieu de se débarrasser plus tôt des courants, et en second lieu, pour pouvoir éléver l'ouvrage sur tout son développement par couches horizontales. Cette dernière précaution est une des plus importantes à observer dans la construction des digues d'une certaine étendue. Il est indispensable que le déversement de l'eau puisse s'opérer sur le plus grand développement possible, afin que l'effet en chaque endroit soit le moindre possible ; et cette condition ne peut-être obtenue qu'en maintenant toujours bien horizontale la surface supérieure des parties construites. Cependant lorsque le développement de la digue est très considérable, il serait impossible de se procurer assez d'ouvriers et assez de bateaux pour travailler à la fois sur toute l'étendue de cet ouvrage. On peut alors commencer à éléver à une certaine hauteur les deux parties extrêmes de la digue en laissant au milieu un passage libre à l'entrée et à la sortie de l'eau, et d'une largeur suffisante, pour que l'on ne doive pas craindre d'affouillements ni de trop forts courants.

On peut alors revenir sur cette partie laissée d'abord ouverte et en effectuer le barrage avec toutes les précautions et toute l'attention nécessaires. Il est bon que l'espace qu'on laisse ainsi ouvert ait au moins 1000^m de longueur.

Avant de commencer la construction de la digue on doit en avoir tracé l'emplacement sur le terrain. Il est nécessaire dans ce tracé de laisser toujours une lisière assez large entre la rive de l'alluvion et le pied extérieur de la digue.

Ce franc-bord est destiné à empêcher l'eau d'exercer en temps ordinaire son action érosive sur les talus; il offre un appui ferme au pied de ces talus; pendant les marées extraordinaires il reçoit le premier le choc des vagues, il en atténue l'action et ne les laisse parvenir à la digue qu'avec une vitesse considérablement diminuée; enfin, c'est dans le franc-bord que s'extract la terre glaise qui doit servir aux réparations, rechargements, ou exhaussements de la digue. On se tromperait gravement si l'on considérait comme

perdues les terres qu'on laisse ainsi en dehors de l'endiguement ; au contraire elles sont d'un produit assez considérable en roseaux et en herbage, et leur valeur est souvent fort élevée, surtout à cause des nouvelles alluvions qui s'y forment et qui en augmentent l'étendue. Les francs-bords devant les digues à la mer doivent être beaucoup plus larges que ceux des digues intérieures. On ne peut pas donner moins de 400^m aux premiers, tandis que pour les autres on peut se contenter selon les cas , de largeurs qui descendent jusqu'à 50 mètres.

Lorsqu'on extrait des terres dans les alluvions non endiguées, il est certaines précautions qu'il est bon de prendre pour que les déblais soient comblés le plus tôt possible par l'envasement. A cet effet on ne donne à chaque fouille qu'une longueur de 20^m à 30^m sur une largeur semblable , et l'on creuse ces fouilles jusqu'à la plus grande profondeur possible : la raison de cette disposition est, qu'à surface égale, l'envasement est bien plus prompt dans une fouille profonde que dans une autre qui l'est moins , puisque dans celle-là , l'eau séjourne bien plus longtemps que dans celle-ci, et que de plus la quantité d'eau et par conséquent la quantité de vase qui y entre est bien plus grande. Lorsque les terres déblayées doivent être transportées par batteaux, on est obligé, pour permettre à ceux-ci l'accès de la fouille, de creuser un canal établissant une communication entre cette fouille et l'eau extérieure. Ce canal, qui doit dans tous les cas être construit pour que l'envasement puisse avoir lieu, ne doit avoir une largeur que de 3^m à 4^m. Lorsque toutes les terres ont été extraites de la fouille, on place dans le fond du canal dont il s'agit, un clayonnage transversal d'un décimètre environ de hauteur. Ce clayonnage retient derrière lui, la vase qui s'est déposée dans la fouille et l'empêche de s'écouler avec l'eau à chaque reflux. On a soin d'élever ce clayonnage à mesure que l'envasement atteint une plus grande hauteur, et l'on arrive promptement par ce moyen à un envasement considérable. Les clayonnages dont il vient d'être parlé s'appellent *Slykvangers*.

Les dépôt vaseux apportés par l'eau de l'Escaut sont en certains endroits très remarquables. J'ai vu sur la rive droite à deux lieues au-dessous d'Anvers, des fouilles dont le fond se trouvait au-dessus de marée basse , et qui s'étaient envasées depuis le mois d'Août jusqu'au mois de Novembre , de 50 à 60 centimètres, ce qui suppose un envasement moyen de 2 à 3 millimètres par marée.

Lorsque la digue est complètement achevée, et que les eaux intérieures se sont écoulées, le terrain asséché prend le nom de *Polder*.



III.

Du réendiguement des terrains de nouveau inondés par suite de rupture des digues.

Les polders endigués ne sont malheureusement pas définitivement à l'abri des incursions de l'Océan, il n'arrive que trop souvent que les eaux parviennent à resaisir leur proie, et il me reste à indiquer les moyens que l'on emploie pour les en chasser de nouveau, en barrant les ruptures survenues dans les digues.

Les ruptures de digues ont presque toujours lieu par des marées d'une hauteur extraordinaire. Elles proviennent, ou bien de ce que le massif cède à la pression de l'eau, ou bien de ce que la crête et le talus intérieur sont creusés et délavés par le déversement des vagues, qui passent par dessus la digue. Les cavités qui s'y forment ainsi s'agrandissent constamment, et déterminent en peu de temps la rupture totale de la digue. Il faut même observer qu'il n'est pas nécessaire pour cela que la hauteur de la marée dépasse la crête de la digue, ce qui arrive rarement puisqu'on a soin d'élever les digues au-dessus des plus hautes marées connues. Mais il suffit que le vent chasse avec force les vagues contre la digue pour qu'elles s'élèvent jusqu'au-dessus du niveau de la crête, et qu'elles retombent ensuite sur le talus intérieur qu'elles dégradent et détruisent. La hauteur que les vagues peuvent atteindre au-dessus du niveau réel de l'eau est quelquefois de plus de 3 mètres. Quand la digue est rompue, l'eau, en se précipitant à l'intérieur, creuse des assouillements

souvent assez profonds à l'endroit de la rupture, et lorsque l'on tarde trop à réparer le dégât, ces assouillements se prolongent vers l'intérieur, et finissent même par former des criques étendues où le courant à marée descendante est très-rapide.

Lorsque la digue n'est pas placée trop près du bord, il peut se faire qu'il reste encore une lisière intacte entre l'assouillement et ce bord, mais cette lisière disparaît bientôt si l'on ne se hâte pas de rétablir la digue.

Il est donc dans tous les cas nécessaire de ne pas perdre de temps pour fermer la brèche, et l'on y parvient en général le mieux en reliant les parties de la digue restées intactes par une nouvelle digue contournant l'assouillement soit à l'extérieur soit à l'intérieur. Il vaut presque toujours mieux contourner les ruptures à l'intérieur, parce qu'on permet ainsi à l'assouillement de s'envaser, et de devenir productif, ce qui n'a pas lieu si le contournement est extérieur.

Lorsque le terrain endigué est élevé, la fermeture des ruptures se réduit presque toujours à de simples terrassements. Mais lorsque les marées ordinaires couvrent le polder, le réendiguement est beaucoup plus difficile.

Dans ce cas il s'établit quatre fois par jour des courants en sens opposés au travers de la rupture, et l'emploi de fascinages devient indispensable pour arrêter leur violence. Comme il se passe ordinairement un temps assez long avant que l'on puisse amener à pied d'œuvre les approvisionnements considérables qu'exige la construction de la digue qui doit fermer la rupture, l'assouillement a le temps de s'accroître en étendue et en profondeur, chose qui a lieu très rapidement par l'action des courants entrants et sortants.

Le mode de réendiguement qui s'offre le premier à l'esprit, consiste à barrer directement la rupture sur l'emplacement même où se trouvait la digue rompue.

Un peu d'attention cependant suffit pour convaincre que ce moyen qui semble le plus simple est en réalité le plus compliqué.

En effet l'endroit dont il s'agit est de tous ceux où s'étend

l'inondation, celui où les courants sont les plus rapides, à cause du rétrécissement du passage par lequel l'eau doit s'écouler.

Il en résulte qu'il est plus difficile en cet endroit qu'en tout autre d'établir avec sûreté, les fondations d'un barrage.

Si l'on recherche donc, quelle est la manière la plus sûre de déseindre aux eaux extérieures, l'entrée du Polder, on trouve qu'une digue de contournement construite autour de l'assouillement sur le terrain resté intact, a le double avantage d'être placée dans une profondeur moins grande et dans un courant moins rapide ; mais que d'un autre côté cependant la longueur de digue à élever dans ce cas est bien plus considérable qu'elle ne serait dans le cas du barrage direct.

Il est un troisième moyen, qui réunit les avantages des deux précédents, et qui consiste à contourner l'assouillement par une diguette provisoire destinée seulement à arrêter les eaux, et à barrer ensuite directement dans la rupture lorsque les courants n'y existent plus.

Ce dernier mode qui est le plus assuré, s'emploie partout où les localités le permettent.

La diguette provisoire (*verkortings-dyk*) se compose d'un coffre en terre glaise compris entre deux massifs de fascinages ; elle ne doit s'élever qu'à la hauteur des marées de vives eaux. Sa crête doit pouvoir éventuellement être submergée par les marées extraordinaires qui arriveraient pendant la construction ; elle est donc recouverte de fascines chargées de pierres et maintenues par des lunages. Par la même raison, son pied du côté extérieur doit être formé par une pièce en fascinages lestés, d'une dizaine de mètres de largeur, formant radier, et qui soit capable de recevoir l'action de déversement des eaux retenues à l'intérieur lorsqu'elles s'épanchent par dessus la diguette. Ce radier empêche ainsi des assouilllements de se former. Il est inutile que la diguette soit étanche ; il suffit que les filtrations qui s'y établissent ne puissent pas former de courant notable dans la rupture. Il est bon de ne pas baisser les eaux intérieures derrière la diguette, non que, s'il survenait

une marée extraordinaire, avant que le barrage de la rupture fût achevé, le déversement ne puisse pas former d'affouillements au pied intérieur. D'ailleurs, les filtrations abaissent assez vite le niveau de ces eaux et diminuent ainsi la pression continue exercée sur la diguette, pression qui serait inutile et peut-être même nuisible si elle conservait toujours son intensité initiale.

Lorsque l'étendue de l'inondation a été resserrée par la construction de la diguette de contournement, et que les courants dans la rupture de la digue principale sont devenus presqu'insensibles, on barre celle-ci par les moyens déjà indiqués.

Si cependant, la rupture se prolongeait vers l'intérieur du terrain inondé, par des criques ayant une largeur et une profondeur considérable, et pénétrant à une grande distance de la digue, la construction d'une diguette provisoire serait presqu'aussi difficile et aussi coûteuse que le serait l'établissement d'un collier définitif, puis qu'on devrait opérer dans les deux cas le barrage de ces criques, opération qui offre toujours beaucoup de difficultés. Si en était ainsi on se déciderait pour une digue définitive de contournement sans barrage dans la rupture, d'autant plus que l'on obtiendrait ainsi l'avantage de laisser envaser l'affouillement par l'action naturelle des eaux.

FIN.

Note A.

Voici d'autres fouilles faites près d'Amsterdam, pour le creusement du grand canal du Helder, comme elles sont indiquées dans un mémoire de M^r J. Blancken jun^r (verhandel. van het instit. v. Amsterd., 6^{de} deel, Blad. 107.)

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------|
| » Grondbooring tegen over Amsterdam | à $\frac{1}{2}$ | à 1 | voet |
| beneden den A. P. | | | |
| » Aangeslibde slappe klei | 5 $\frac{1}{2}$, | à 6 | " |
| » Vrystyve veen en derrie grond | 11 | à 12 | " |
| » Blaauwe slappe klei spier genaamd | 4 | à 5 | " |
| » Vervolgens styve klei | 7 | à 8 | " |
| » Weinig dieper eene gemingde styver grond van zand, klei en schelpen. | | | |

« In de Stemmeer langs de Ringsloot 12 à 13 $\frac{1}{2}$ voet onder A. P. »

| | | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|------|
| » Teel grond | 1 | à 1 $\frac{1}{2}$ | voet |
| » Veen en derrie | 2 $\frac{1}{4}$ | à 4 | " |
| » Slappe blaauwe klei | 2 $\frac{1}{4}$ | à 3 $\frac{1}{4}$ | " |
| » Klei, zand en schelpen | 6 $\frac{1}{4}$ | à 8 $\frac{1}{2}$ | " |

Le puits de Calais est un puits artésien, foré par les soins de M^r de Bel-lonnet, officier du génie, dans la citadelle de cette ville. M^r Garnier (dans son traité sur les puits artésiens page 88), donne la description des opérations qui ont été faites pour l'établir et les résultats qu'on a obtenus : voici ce que porte une note qui se trouve à cette page :

» Les travaux de sondage entrepris dans la citadelle de Calais ont été pour-

suivis jusqu'à la profondeur de 340 pieds (110^m 50) dans des terrains de sable, d'argile et de craie. Ces sables, d'une épaisseur de 190 pieds (42^m) recouvrent des couches argileuses, épaisses elles-mêmes de 130 pieds (22^m 74) au dessous desquelles existent des masses de calcaire crayeux, dont on n'a pas atteint les limites, quoique les trous de sondage y aient été poursuivis jusqu'à la profondeur de 140 pieds environ (45^m 50).

Note B.

La vaste plaine de sable, dont il est fait mention dans l'introduction de cet ouvrage, formerait à elle seule le sujet d'un mémoire très-intéressant. Il est remarquable que sa limite Sud se trouve presque constamment à une petite distance du 51^{me} parallèle, depuis le Pas-de-Calais jusque vers les frontières de la Russie ; après quoi elle se relève dans une direction Nord-Est, pour aller rejoindre la Mer Blanche ; c'est-à-dire, qu'elle suit une direction parallèle au bord S. et E. de la Mer Baltique ; (voyez comment la décrit en partie l'abbé Mann dans son mémoire à l'Académie de Bruxelles ; et M^r d'Omalius d'Halloy dans son Mém. géogr.)

Guettard décrit la partie de notre bande sablonneuse qui traverse la Pologne et en occupe une grande partie.

Elle contient la Russie Blanche au levant, et une partie de la Lithuanie; la Courlande, la Samogitie au Nord ; la Pomérérie, la Prusse polonaise, la plus grande partie de la grand Pologne, la Mazovie, la Podlachie à l'occident ; la Polésie et une petite partie de la Volhinie au midi. Tout ce terrain sablonneux peut avoir du Midi au Nord 150 lieues et 250 d'Orient en Occident (voyez Encyc., méth., géogr., phys., vol. 1^r page 166 et suivantes.)

Il est difficile de voir un pays dont la surface soit plus unie que ne l'est celle du Danemark ; on n'y aperçoit pas de montagnes ; une simple chaîne

de collines sablonneuses qui fait suite aux bruyères de l'Allemagne occidentale, se prolonge depuis la frontière méridionale du Holstein à travers le Sleswig et le Jutland jusqu'à l'extrémité septentrionale de cette presqu'île, où, en s'abaissant presqu'au niveau de la Mer, elle se termine par la pointe de Skagen, entourée de bancs de sables.

Malgré cette égalité de surface, on remarque que, tant sur le continent que sur les îles, la côte de l'Est est toujours plus haute que celle de l'Ouest.

La plus grande élévation du terrain est au Nord du 56^e parallèle, où le sommet de l'Iimmelbierg est à 200 toises au dessus du niveau de la mer. Cependant cette suite de coteaux de l'intérieur ne frappe l'œil que parce qu'ils dominent au milieu de plaines immenses. (Encyc. moderne art. Danemark.)

Les îles offrent des plaines coupées de collines, tantôt isolées, tantôt contiguës et formant d'agréables vallons. La côte orientale du Jutland est en plusieurs endroits bordée de rochers pittoresques entre lesquels s'enfoncent les eaux de la mer.... Dans l'intérieur de la presqu'île s'élèvent des coteaux sablonneux mêlés de gravier et de galets qui sont rebelles à toute culture ; ils forment de vastes landes, où croissent des bruyères et des herbes dures ; l'Albède est la plus grande de ces landes. Les sables arides et mobiles de la pointe septentrionale attristent l'œil ; ils se repandent à l'ouest le long d'une partie de la côte, et envahissent les terrains que l'homme cultive, on en trouve dans d'autres endroits et même sur la côte de Sealand. On planche pour arrêter leurs progrès, des arbustes et des herbes à racines traçantes....

« De grandes plaines s'étendent du flanc oriental des montagnes dans la Suède. La côte de ce pays est souvent basse, quelquefois sablonneuse. Sur la Baltique elle offre entre les 59° et 60° un archipel rocheux comme ceux de la Norvège et nommé également Skær. (Encyc. moderne, art. Suède.)

« Quelques cantons de la Saxe sont couverts par le Harz ; on y remarque le Brocken (572 toises) ; tout le reste ainsi que la Prusse et la province de Posen qui jadis faisait partie de la Pologne, offre une contrée basse généralement sablonneuse, dont l'uniformité n'est interrompue que par des collines, et où les eaux ont peu de pente et forment des lacs nombreux.... Les sables ont formé à l'embouchure de l'Oder, les îles d'Usedom et de Wollin et sur la côte de la Prusse, de longues et étroites langues de terre, qui renferment de

grands lacs nommés *Haff*, semblables à ceux que l'on voit sur la côte méridionale de la France. Le canton le plus élevé de la côte est l'île de Rugen. Le terrain offre tantôt des espaces fertiles, tantôt des sables stériles, entrecoupés de marais, de fondrières et de forêts d'arbres résineux. Le climat est froid et humide dans le Nord, mais généralement sain.

Les plaines de Magdebourg et d'Halberstad et d'autres dans la vieille Marche, dans le Brandebourg, ainsi que les vallées de la Silésie sont remarquables par leur fécondité. (*Encyc. moderne au mot Prusse.*)

A l'article « Europe » de l'*Encyclopédie moderne*, il est dit que depuis le 51^e parallèle et le méridien de Paris jusqu'à la mer Caspienne, cette partie du monde présente au Nord et à l'Est, une plaine immense, au dessus de laquelle la Scandinavie s'élève comme un système de montagne, isolées. « On ne doit pas oublier de remarquer, ajoute M. Eyries, auteur de cette partie de l'ouvrage, cette lisière de terres basses qui s'étendent de Dunkerque jusqu'à l'embouchure du Niemen, qui pénètrent assez avant dans l'intérieur, qui sont fréquemment couvertes de bruyères, et que les efforts de l'homme ne réussissent pas toujours à défendre contre l'irruption de la mer. »

Note C.

Sile pays des Morins et des Ménapiens était plein de forêts et de marais, il en résulte suivant nous que ces pays étaient en grande partie situés dans la plaine.

Il devait bien y avoir comme maintenant, des marais, le long des bords de la Lys, mais ils n'étaient pas d'une largeur assez grande pour gêner les armées romaines, ou pour pouvoir cacher un peuple entier, ou du moins une partie assez considérable de ce peuple; d'ailleurs, si les Morins s'étaient tenus cachés sur les bords de cette rivière, César n'aurait pas manqué de les atta-

uer par eau, au moyen de bateaux ou de radeaux; du moins aurait-il parlé e la Lys, qu'il ne nomme pas une seule fois. Une autre raison de croire, que le lieu, où César fit commencer les percées dans les forêts, était en plaine, c'est que, si le terrain avait présenté quelque sinuosité, les Romains auraient placé leurs tentes sur les parties élevées où les pluies n'auraient pas pu les inonder; car pour peu que le sol eût présenté de pente, les eaux se seraient écoulées sans incommoder beaucoup les soldats.

Il est à remarquer que César attribue le succès que Labienus obtint l'année suivante, au desséchement des marais; ce n'est donc pas tant à cause des forêts qu'à cause de ces marais, que le général romain n'avait pu réussir un auparavant. Nous pensons même, que les lieux que César veut désigner ici, n'étaient pas précisément ceux où nous trouvons actuellement de la tourbe; il est apparent qu'ils étaient plus vers l'intérieur. Toute la bande sablonneuse levait se trouver inondée pendant la saison des pluies, puisque maintenant encore la même chose arriverait si l'on n'apportait pas le plus grand soin à l'écoulement des eaux, encore n'y réussit-on pas complètement dans les années humides, et il arrive assez fréquemment que toute la plaine en est comme noyée. Or, c'est plus vers l'intérieur, qu'étaient les forêts; les lieux où nous voyons de la tourbe ne produisaient que de la bruyère, si l'on suppose que le *Bovenmoere* se formait déjà alors, ou des joncs si c'était l'*Ondermoere* qui était encore en formation.

Ces considérations peuvent servir à déterminer plus exactement, qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, le lieu par où César a attaqué les Morins, et pour décider que ce n'a pu être près de Hesdin ou de S^e Pol, comme le pensait Des Roches.

D'après cela aussi la correction proposée par Vredius, au passage de Dion Cassius, devrait être admise.

Note D.

La tourbe se trouve dans toutes les contrées qui sont le sujet du présent mémoire (le terrain secondaire du Nord-Ouest des Pays-Bas). Dans la partie méridionale, elle n'existe ordinairement qu'au fond des vallons ; elle est plus répandue dans les plaines de la Campine, où il y a déjà plusieurs marais tourbeux ; à la partie septentrionale, elle forme des couches puissantes et d'une étendue considérable : quelquefois, elle y est recouverte de couches de sable ou d'argile, d'autres fois, elle y forme des marais qui, dans certaines saisons, ressemblent à des prairies prêtes à engloutir l'imprudent qui voudrait y pénétrer, d'autres fois, elle s'y trouve au fond des étangs et des lacs. Les expériences de M^r Van Marum, ont fait connaître que cette matière était due à de petits végétaux qui croissent dans les eaux, assez rapidement pour qu'en moins de cinq ans, il en ait été formé plus d'un mètre d'épaisseur, dans un bassin à Harlem.

On distingue les tourbières en hautes (hooge veenen) et en basses (lage veenen) ; les premières occupent principalement les pays sableux et sont susceptibles d'être exploitées à sec, les autres se trouvent ordinairement dans les parties basses du terrain d'atterrissement et sont exploitées sous l'eau.

Non seulement la tourbe est employée comme combustible, mais encore ses cendres sont très recherchées pour l'amendement des terres. (Mémoire géologique de M^r d'Omalius d'Halloy, 1828, p. 210.)

La tourbe se trouve presque partout dans les poldres d'Anvers, ou de la tête de Flandre à Terneuzen. On en extrait à Galloo à 18 pieds de profondeur en d'autres lieux elle est plus profonde encore, et pour cette raison ne s'extract pas. Ailleurs, elle se trouve généralement à 8 pieds et la plus éloignée du fleuve à 3 ou 4 pieds. La couche à 5 pieds, et la tourbe est semblable à l'*Ondermoere* des environs d'Ostende ; elle est plus ou moins compacte selon que l'on approche plus ou moins des bords du fleuve, ou selon qu'elle est plus ou moins profonde. Une quantité considérable d'arbres se trouve au fond de

ces tourbières, ce sont des bouleaux, des bois blancs, des sapins, des hêtres mais point de chênes. Ils sont entiers et couchés pèle-mêle. Au dessous de la tourbe est une vase bleue de sable.

On ne trouve point d'objets d'art dans la tourbe du *Veurne ambacht* mais beaucoup d'arbres qui reposent au fond de la tourbe ; on y trouve aussi beaucoup de noisettes et tant de feuilles que la tourbe en paraît entièrement formée.

Voici les noms des communes de la Flandre occidentale où l'on extrait de la tourbe :

District de Bruges : Houtave, Jabbeke, Nieuwmunster, Stalhille, Uytkerke.

District d'Ostende : Slype, Zevecote, Schoore, Snaeskerke, Steene, Lefinghe, Mannekensveere, S^t Pieters, Capelle, Oudenbourg, Zandvoorde, Clemskerke.

District d'Ypres : Merkem et Woumen.

District de Poperinghe : Renighe.

District de Furnes : Adinkerke, Alveringhem, Boitshoucke, Bulscamp, Caeskerke, Coxide, Eygewaerts-Capelle, Furnes, Sherwellcms-Capelle, Lampernisse, Loo, Nieuw-Capelle, Oeren, Oostkerke, oude Capelle, Pervyse, Pollinchove, Rams-Capelle, S^t-Jacobs-Capelle, Steenkerke, Stuivekenskerke, Wulpen, Wulverighem, Zoetenaye.

Note E.

Il est remarquable que presque partout où la côte est basse et sablonneuse, la lisière extrême du pays est formée de marais. C'est ce que l'on remarque depuis Bayonne jusqu'à Bordeaux, et au bord méridional de la Mer Baltique principalement entre Dantzig et Koenigsberg, et toute la partie de cette mer peu profonde qui se trouve entre les deux Frises et les îles nombreuses qui

s'étendent du Texel à l'embouchure du Weser a sans doute formé autrefois une longue suite de marais.

Les marais pontins près de Rome en sont un autre exemple.

Les bords de la mer en Italie ou les *maremmes* ne forment cependant pas un marais continu. Les *maremmes* signifient seulement les rives *maritimes* qui sont quelque fois d'une aridité complète et qui diffèrent beaucoup de ce que les Italiens appellent *Paludi* et nous *Marais*. Cependant on y remarque par intervalles des marécages là où des fleuves ou des torrents viennent se jeter dans la Mer.

Note f.

M^r Huot auteur de l'article *Falaises* de l'Encyclopédie de Courtin dit qu'elles annoncent l'antique jonction de l'Angleterre à la France.

« Ce n'est sans doute, ajoute-t-il qu'à une rupture violente qu'il faut attribuer leur élévation presque perpendiculaire (?). Avant leur séparation elles s'élevaient sans doute très-peu au dessus de la surface des eaux ; mais lorsque l'isthme qui unissait l'Angleterre au continent eût été rompu, les eaux en se repandant dans l'Océan atlantique, durent éprouver un abaissement considérable, égal à la hauteur des falaises. »

Je ne vois pas sur quoi M^r Huot fonde la différence de niveau qu'il suppose entre les eaux de la mer d'Allemagne et celles de l'Océan atlantique.

L'auteur des *nederlandische oudheden* prétend que le niveau était plus bas à l'Ouest de l'Isthme qu'à l'Est, se fondant sur ce qu'il y a beaucoup plus de bas fonds à l'Est du canal qu'à l'Ouest, et que le courant de l'Est à l'Ouest est plus fort que de l'Ouest à l'Est.

Note G.

Les expériences les plus récentes paraissent établir au contraire le niveau uniforme de la mer. Des nivelingments ont prouvé que la mer Méditerranée est sensiblement de niveau avec le Golfe de Gascogne.

Le résultat des travaux entrepris en 1829 pour le projet de jonction de l'Océan Atlantique à l'Océan Pacifique, au travers de l'isthme de Panama , à été, que la hauteur moyenne de l'Océan Pacifique est à Panama de 1° 07, au dessus de l'Atlantique à l'embouchure du Chagres.

« D'après trois lignes de nivelingment exécutées entre la mer Méditerranée et l'Océan par le lieutenant-colonel Corabœuf et le capitaine Peytier, anciens élèves de l'école polytechnique, la différence de niveau observée entre les deux mers est sensiblement inférieure à la limite de l'erreur qu'ont pu donner les nivelingments , par conséquent rien ne prouve qu'il y ait une différence réelle de niveau entre ces deux mers.» (Revue Encyc., mars 1830, page 763.)

Note H.

Pline place lui-même les *Chauci-majores* entre l'Ems et le Weser ; les *minores* entre le Weser et l'Elbe. Ptolemée les place au même lieu, mais dans un ordre opposé. (Ptolem. géog. II.)

Tacite, en parlant de l'expédition de Germanicus contre les Cauches, fait aussi clairement voir qu'entre l'Ems et le lac *Flevo*, la mer se répandait sur les terres. (Tacite. Ann. lib. 1 c. 60.)

Note I.

Meyer (ad. a. 1058) rapporte que les moines de Bergues S^t-Winox transportèrent le corps de S^t-Livinne de village en village, de château en château, le long de la côte de la Flandre, et ensuite passèrent dans l'île de Walcheren, avec une grande foule de monde et tout ce qu'ils avaient avec eux. D'où l'on infère qu'une eau très-peu large séparait cette île de la terre ferme.

Van Vaernewyck, mort en 1570, rapporte dans son *Historie van Belgie*, que de son temps on trouva à l'Ecluse des pierres sépulcrales qui y avaient été apportées autrefois de l'île de Schoonvelde, qui était encore du temps de Gui de Dampierre, une église et un château. Il indique la situation de cette île *tusschen die botte kille en de die der waterduyven*, et il est à remarquer que la carte qui se trouve aux archives d'Anvers, à une île à l'Est de Casand, tandis que les *Waterduyven* y sont marquées comme étant au Nord de cette dernière île. Van Vaernewyck à tort de faire comprendre que Schoonvelde n'exista plus de son temps, puisqu'il en est encore fait mention dans la vie de l'amiral de Ruyter. Il est apparent que cette île se sera jointe à celle de Casand, et ce qui le fait penser, c'est qu'il existe maintenant encore dans la partie orientale de Casand un village nommé Schoondyk. Il est pourtant à remarquer qu'au N.-O. de l'embouchure de l'Escaut, il existe encore aujourd'hui un banc nommé Schoonvelde.

Kluit cherche fort au long dans son ouvrage, où étaient *Bornesse* et *Hedenesse*. On peut, je pense, conclure des priviléges accordés par Jeanne, comtesse de Flandres, et Guillaume, comte de Hollande, à la ville de Middelbourg en 1217 (Van Mieris charte boek 1^e vol. p. 171) que cette ville se trouvait entre les deux eaux. Dans les priviléges de 1263 pour *Middelbourg*, cette même disposition existe avec l'expression *tusschen Bornesse en de Heydenzee* (art. LIV); mais il est à remarquer, que la rubrique de cet article porte : *tusschen Maes-*

muden en Heydynzee, et à l'article XXXV, le texte ainsi que la rubrique portent : *de ceux qui demeurent entre Maesmuden et Heydinze* (et *Heydenzee*) (*ibid.* p. 275) Faut-il en conclure que *Maesmuden* est la même chose que *Bornesse* ?

Dans un traité de paix entre la comtesse Marguerite et Florent, tuteur de Hollande, de l'année 1256, la Zélande, est constamment désignée comme située entre l'Escaut et *Nedenezee* (*ibid.* 299.)

Dans les priviléges de la même année (*Van Mieris charte b. 1^e vol. p. 302*) pour le plat pays, les Zélandais sont constamment désignés par *manentes inter Bornesse et Heydynze*, et dans une charte de 1303, Jean, comte de Hainaut, confirme à son neveu Gérard, le titre de vicomte de Zélande entre Bornesse et Heydenzee, et livrait à ce titre le quart déniers des droits réguliers du dans la partie Est de l'Escaut et le 8^e déniers dans la partie Ouest. Ces limites sont indiquées dans un grand nombre d'autres pièces, entre autre dans une charte de 1328 (*ibid. 2 vol. p. 471.*)

Il paraîtrait cependant d'après un diplôme de Florent, comte de Hollande et de Zélande, de l'année 1269, que l'Escaut ne formait pas la limite de la Zélande, puisqu'il est fait mention de la partie occidentale ainsi que de la partie orientale de cette rivière en Zélande.

La même conséquence peut se tirer d'une charte de 1272. Cependant dans une autre charte de 1285, le comte Florent s'adresse à ceux qui demeurent à l'Ouest de l'Escaut en Zélande. Du moins peut-on inférer de ces diplômes, qu'il n'y avait que l'une des grandes eaux de la Zélande qui portait le nom d'Escaut, et en effet, l'autre se nommait constamment le Hont. Dans un diplôme de 1271 la Zélande semble délimitée par la Meuse à l'orient et le Zwin à l'occident.

Les priviléges de l'année 1290 pour la Zélande fixent les limites entre *Casand* et *Graveninghe* et indiquent encore que partie est située à l'Est, partie à l'Ouest de l'Escaut ; cette dernière devait être beaucoup plus petite que l'autre d'après le nombre de jurés, du sens etc. A la fin de ces priviléges, on lit : « Daer dese chore in 't beginne spreekt van hare mercken, dat verklaeren wy, dat men 't aldus sal verstaen tusschen Casand en de Gravenynghe, Hont muden en de dic zec. »

Depuis quand l'Escaut occidental porte-t-il le nom d'Escaut ? C'est ce qui n'est pas facile à déterminer, quoiqu'apparemment, il n'y ait pas bien long-temps. Une charte de 1272, (Van Nieris charte B. 1^{er} vol. p. 364) désigne les terres de Waas comme situées *supra Scaldam*; et n'en dit pas autant des terres des quatre offices. Une convention de 1276 est relative aux payages perçus de tous temps sur le Hont (ibid. p. 386).

Note K.

On lit dans la vie de S^t-Arnulfe, évêque de Soisson, mort saintement à Oudenbourg en 1087. « Intra terminos parochie ghistelensis, quæ subjacet diocesi Tornacensi, est quædam vena terræ nigra et quasi subrufa, quæ crebris paludibus intersita, non facile potest transiri. In his vero locis moratur genus hominum atrocitatem semper gestiens ut vulgus Schytorum » (In actis S^t-Arnulfi apud Mabilionem seculi VI Benedictini, parte II, pag. 537, num. XVII.)

On doit conclure de ce passage que la mer n'était pas venue jusqu'à Ghislelles. Mais il reste à savoir, s'il s'agit dans ce passage de la partie Nord-Ouest de ce village, ou du Nieuwland, qui est cette espèce de golfe terrestre que la bande de glaise occupe et qui paraît devoir sa transformation aux inondations des environs de Nieuport. Au reste, il ne résulte pas de ce passage, que la mer n'eût point du tout franchi les dunes à cette époque entre Ostende et Nieuport comme je le remarque ailleurs.

La vie de S^t Arnulfe fut écrite par Mariulfus, abbé d'Oudenbourg, en 1130 (voyez la note de Mir, vol. 2, cap. 50, page 380).



Note L.

Il est ridicule de supposer que S^t Omer fût port de mer au 12^e Siècle, à moins qu'une crique ne vint jusque là ; mais alors on n'aurait pas pu dire que cette ville était sur le bord de la mer à l'extremité de la terre. Il est bien plus raisonnable de croire que le diplôme de 1156 veut désigner le diocèse de Terouenne et non une simple ville. Les expressions « *ecclesia et civitas* » ont naturellement ce sens. Je doute fort que la mer depuis sa retraite de la plaine sablonneuse entière, ait continué à visiter S^t Omer. Je sais qu'au pied des hauteurs qui commencent au Blanez, se trouve un lit profond qui, vers la fin du 10^e Siècle, était rempli par la mer ; mais ce lit ne s'étend pas au delà d'Ardres, et déjà alors tout le reste de cette contrée était affranchie de la mer, puisque déjà Calais, et le village d'Oye existaient.

Les raisons d'Ortelius, prouvant seulement que la mer est venue jusqu'à S^t Omer, n'établissent pas à quelle époque cela a eu lieu ; et quant aux ancrés et autres objets de marine que Chifflet dit avoir été déterrés dans le voisinage de cette ville, il faudrait savoir si ce fait est réel, si ce sont de véritables ancrés et objets de marine, si ces ancrés n'ont pas appartenu à des bateaux naviguant sur les rivières, ou canaux etc.

Une fois qu'on est prévenu d'une idée, on voit facilement ce qui la favorise. Or il certain que la mer a baigné le pied des hauteurs qui entourent S^t Omer, comme elle a baigné les hauteurs sur lesquelles se trouvent Tongres et Maestricht; mais on aura trop légèrement pris pour des ancrés, ayant appartenu à des navires de mer, des instruments de fer trouvés près de la première ville, comme on a trop légèrement supposé que les anneaux trouvés dans les mers des dernières, avaient servi à amarier les vaisseaux.

Mais, comme comme nous l'avons dit au commencement de cette no^e, S^t Omer a pu avoir communication avec la mer au moyen d'une crique ou plutôt

d'un lac salé ou *moere*, comme les anciens marais entre cette ville, Bourbourg et Gravelines, que l'on voit encore désignés sur les cartes topographiques, semblent l'indiquer.

Note M.

« Le pays de Zélande est très-gras et fertile pour toutes sortes de labourage plus que pour le paturage qui n'y est pas la dixième partie si fréquent qu'en Hollande et en Frise surtout il donne de bon grain Il s'y trouve une espèce de tourbes, qui se tirent hors de terre, deux à trois apois de lonchets profond, qu'on appelle *darinck*
(Le Petit. Cbron. de Holl. Zélande etc., Dordrecht 1601, 1^r vol , page 24.)

A Ostende, du temps qu'il y existait des *Schorres*, où trouvait excellente la chair des brebis qui y paissaient, on trouve aux Orcades que la chair des brebis nourries de la même manière a un gout fade.

(Voyez Ann. des voyages. tome 3, page 87.)

Note N.

Une preuve remarquable de l'exhaussement du niveau des eaux dans l'Escaut peut se tirer du gisement de la tourbe sur la rive gauche du côté de la Tête de Flandre, vis-à-vis d'Anvers. La partie supérieure de la couche ne

s'élève qu'à la hauteur des basses marées ; conséquemment de 15 à 20 pieds au dessous des hautes marées. Si l'on ajoute à cela l'épaisseur de la couche, on sera convaincu, que la tourbe n'aurait pas pu se former dans une pareille profondeur d'eau. Il est vrai que l'on pourrait soutenir que la tourbe n'a pris naissance en ces lieux que depuis l'endiguement de la rivière ; mais comment admettre, que l'on aurait pu exécuter cet endiguement si la rivière avait versé deux fois par jour plus de 20 pieds d'eau sur les bords ; et que même à marée basse, il y fut resté encore quelques pieds d'eau. Ce n'est pas dans le moyenâge qu'on eut pu entreprendre des travaux qui aujourd'hui même seraient inexécutables sur l'étendue que les digues embrassent.

Il faut encore remarquer ici que le niveau des hautes marées dans l'Océan est aujourd'hui d'un mètre et demi plus élevé que devant Anvers.

Mais une preuve directe de la formation de la tourbe avant l'endiguement de la rivière, c'est qu'elle est recouverte de trois couches, la plus basse d'argile plastique, la suivante de sable et la supérieure d'une glaise moins forte que la première. Elles sont à peu près d'épaisseur égale et ont ensemble environ un mètre. C'est ce que nous avons fort-bien pu remarquer dans une tourbière de la rive droite en amont d'Anvers.

Note Ø.

Deluc (*Traité élém. de Géolog. Paris 1810*) avait adopté l'opinion de Smallegange sur l'affaissement des *polders*, occasionné par la consolidation des attérissements. Les digues, dit-il, ont contrarié le travail de la nature, en empêchant que de nouvelles inondations n'amenassent de nouveaux dépôts qui auraient réparé ces affaissements. Elles ont aussi donné lieu, suivant lui, à l'invasion des eaux dans le Zuiderzee, en 1222 ; et il en conclut que la mer ne gagne pas sur le continent, ainsi qu'on le croit communément et qu'elle ne fait que reprendre une partie de ce qu'elle avait perdu.

Note p.

Smallegange pourrait bien avoir raison de croire que la mer fait effort pour envahir toutes les terres qui se trouvent entre les embouchures de l'Escaut occidental et le Zuiderzee. Tout prouve en effet, que la mer gagne constamment sur les côtes de la Flandre ; la formation des îles de la Zélande, celles qu'embrassent les eaux de la Meuse et du Rhin ; celles qui sont en avant du Zuiderzee et de la Frise; le Zuiderzee lui même ainsi que le Dollart, le Lauwerzee et la grande embouchure de l'Ems. Toute cette côte est exposée au flux venant de la Manche , qui la ronge constamment, et si le courant ne change pas de direction, il finira certainement par enlever toutes les terres basses qui lui sont opposées.. La mer produit le même effet sur la côte du Jutland , et il ne faudrait pas s'étonner si dans peu de siècles , cette langue de terre eut disparu.

Ce que nous venons de dire n'empêche pas cependant, que dans l'intervalle, l'envahissement des eaux intérieures ne continue.

Note R.

Deze Middelzee was cene aanzienlyke zeeboczem in de Provincie Friesland tusschen Oostergo en Westergo, vooraan tusschen de uiterste punten van Barradeel en Ferwerderadeel, was dezelve ruim $2 \frac{1}{2}$ uur gaans wyd , doch werdt allengskens naauwer tot aan het dorp Bosum in Baarderadeel tot aan

welke plaats de onde toestand zeer kenbaar is uit de naam van nieuw land, onder welke de opgeslikte hoozem onder de aanleggende dorpen is verdeeld. Van Bosum af tot hyua aan Bolswaard wordt de ruimte wederom veel groter, en dezelve schijnt ook al van oude tyden af in land te zyn veranderd, dewyl aldaar de benoeming van verscheide dorpen, die anders in de oude Middelzee, het Bild uitgezonderd, niet gevonden worden, doch albier in deze hoozem zyn gesticht.

Flytorp beschryft dezen agterhoozem van de Middelzee zeer nauwkeurig, en zegt dat hy begon omrent *Tjerkuerd* en geboren werd met een tak van den *Yssel*, die zich in denzelven ontsloot. Deze Middelzee liep in den Noordzee door het Westerlyk Amerlandergat, tusschen *Ameland* en *Terschelling*, toen een aannmerkelyk zeegat in 't welke de zwaarste schepen der Romeinen binnent kwanen; doch t' geen thans zoodanig is opgedroogd, dat het alleen voor kleine schepen bevaarbaar is.

« Volgens *Flytorp* was inden jare 1222, tusschen het Vlie die van de Friesche sluis *Tacozyl*, voorby *Sloten* en *Slavoren* naar de Noordzee liep, nog alles tot aan de Zuiderzee geheel land: doch wegens de grote vaarten daar in gegraven, kreeg de Noordzee in de velden allengens zyn gang en deed veel lands afstaan, t' geen alles naar de Middelzee vervoerd aldaar een grooten aanwas maakte. »

« Omrent het jaar 1255 kon men nog volgens *Flytorp*, van *Slavoren* naar *Enkhuizen* gaan met behulp van een langen stuk om hier en daar over de gegravene sloten te springen; dit land was alles vast en goed en behoorde tot aan *Enkhuizen* toe, meest van *Hartmann Galamo*. »

« Onze vriesche chronachsryver (*Flytorp*) berigt eindelyk, na 't beschryven van den West-Frieschen oorlog in 1296 de grote verandering, welke de Zuiderzee omrent dien tyd heeft ondergaan. Op dezen tyd » (zegt hy) « hadde de Noordzee de gaten van het Vlie en Texel veel wyder gemaakt, als zy van te voren plagten te wezen, zoudat er nu vryen vaart van de Noordzee voorby Nedenblik en Enkhuizen tot in de Zuiderzee alliep, daartevoren eenen kleinen sloot alleenig plagt te wezen, zoudat West-Friesland door de Noordzee van het overige Vriesland gescheiden is. » (Mémoire sur l'elargissement des pertuis qui se trouvent au Texel dans les Verhandelingen van de Maatschappij der Weetenschappen te Haarlem 1st Deel bl. 199-202.)

Note S.

La plus grande distance entre ces îles est actuellement de 10,000 mètres ; la moindre entre Colynsplatz et Zierikzee est de 3700 m. Il se trouve entre ces deux îles, deux grands bancs, nommés *Neeltje-jan* et *Rugplaat* qui seront cette ancienne partie de Schouwen. Ces bancs assechent à marée basse.

On ne dit pas à quelle époque, s'est effectuée cette grande invasion de la mer, qui a transformé en une baie profonde le lit d'une rivière qui coulait entre le Zuid et le Nord-Beveland d'un côté, et Tholen, Duiveland et Schouwen de l'autre. Est-ce dans le même temps que la formation du Hont ou Escaut Occidental ? Il serait curieux de le savoir. Une chose remarquable, c'est que l'Escaut ne communique plus qu'à marée haute avec cette baie, ou pour mieux dire, elle ne communique plus avec elle. C'est la mer qui à marée haute vient jeter ses eaux dans l'Escaut par cette baie, et non l'Escaut qui jette les siennes dans la baie. Toute la partie qui se trouve entre la pointe Est du Zuid-Beveland et la terre ferme, est à sec pendant la marée basse. J'ai trouvé là, gisant sur le sable, en très-grande quantité, de fort grands morceaux de tourbe qui annoncent que la mer n'a pas toujours eu accès en ces lieux.

Note T.

C'est ce qui est prouvé par beaucoup de passages, et entr'autres par le sui-

vant de Melis Stoke, où il parle du premier Evêque d'Utrecht, établi par S^t Willebrord.

En, wanten te Romen in de poert
Sergius die Pauwes benediede,
En hinc aertsche bisscop weide ,
Te prediken ons, Heeren woert
Sitte hi Turecht, in de poert
Den Bisscop stoel en bezat,
Als aertsche Bisscop, eerst de Stat.

Nous voyons que Valenciennes est également nommé *portus Valentianus* au moyen-âge (d'Outremont, hist. de Valenciennes, part. II, ch. 1, p. 246, 247. *Dort* est désigné de même au 13^{me} siècle (Mieris, charte Boek 1^{er} Deel,) bl. 384 en 385). Tournay ainsi que Eenham sont également désignés ainsi par Beatus Rhenanus (*rerum germanicorum* L. 1, p. 79, édit. Basilie), et nous voyons souvent dans d'anciens écrits : le port de Bruges, d'Herehem, etc. Mais on avait soin toujours de distinguer la ville (*pord, poert*, etc.) du port *nauene*, voyez entre autres, les priviléges accordés par Guillaume, comte de Hainaut à la ville de Flessingue, en l'année 1315 (Mieris, 2 vol, p. 156). Le port de Flessingue avait été creusé, en cette même année 1315 et une charte citée par Van Mieris, (2 vol. p. 381,) est relative au passage d'eau, *veer* qui existait au même lieu.

Note M.

Yzendyk autrefois sur la petite rivière de la Bever, aujourd'hui sur le bord de l'Escaut, se trouve déjà nommé dans un diplôme de l'évêque d'Utrecht de l'année 984.

Déjà il est fait mention de Hulst dans une charte de Marguerite, comtesse de Flandre, de l'année 1245, par laquelle elle confirme les possessions de l'abbaye des Dames, parmi lesquelles se trouvent « *in officio de Hulst, circiter 5600 mensurae terrarum dicatae, et 2402 mensurae terrarum non dicatae et in eodem officio morum cum fundo ipsius mori* » (cette charte est rapportée dans Kluit, tom. 2, p. 496). Il est également question de cette ville, dans une autre charte de la même princesse, de 1269 (Foppens, tom. 3, p. 602) par laquelle elle confirme et interprète une donation faite par la comtesse Jeanne (1205, 1244) à l'abbaye de Cambron de toutes les terres endiguées et hors des digues (*totam terram de indicio et de utdico*) dans le métier de Hulst (*in officio de Hulst.*) Une charte du 4 décembre 1199, de Baudouin de Constantinople est relative à la dune de Hulst que son père Baudouin et le comte Philippe, son oncle, avaient laissé diminuer, et défend de creuser la terre entre les digues pour la fabrication du sel ; ce qui fait voir que l'on fabriquait du sel à Hulst à cette époque et qu'il se faisait avec de la tourbe que l'on retirait de la terre. C'est ce qui est d'ailleurs confirmé par les priviléges du plat pays de Zélande de l'année 1256 où pareille défense était faite (V. Mieris, charte boek, vol. 1, p. 306, Foppens, tom. 3, p. 602).

Hulst et Axel se trouvent entourés de fort larges criques, barrées depuis plus ou moins de temps. Ce sont elles qui rendent possible l'inondation des environs. Elles ne sont même jamais entièrement sèches, et les moindres pluies y amènent beaucoup d'eau. Lors de la forte marée de 1825, on fut obligé de barricader les portes de la ville à Hulst pour empêcher l'eau de la mer, qui avait rompu une digue, d'entrer dans la ville.

Axel se trouve sur une légère éminence, apparemment faite de main d'homme.

Philippe, comte de Flandre, par une charte de l'an 1183, (Kluit, tome 2, p. 208) donne à l'église de Caesvoorden au pays de Waes « *Terram maris inter Osenesse et Houtenesse jacentem, quae uerplant sive zand vocatur.... et quidquid deinceps ei ex mari acreverit....* » (ce diplôme se trouve aussi dans Foppens, tome 4, p. 213.)

On voit par la charte de 1269 citée ci-dessus, que les moines de l'abbaye de Cambron avaient fait faire de nouveaux endiguements, depuis que la com-

tesse Jeanne leur avait donné quelques terres endiguées et non endiguées dans l'office de Bulst (indicos et utdicos); les nouveaux poldres y sont même nommés.

Note V.

Outre Cadsand, il y avait encore à l'embouchure de l'Escaut, les îles de Schoonveld et de Coesand que la mer a depuis longtemps englouties, sans qu'on sache à quelle époque cet événement a eu lieu ; ce qui prouve que cela s'est opéré petit à petit. L'amiral de Ruyter s'arrêta pendant quelque temps avec sa flotte dans l'île de Schoonveld en l'année 1671 (V. Brandt, *leven van De Ruyter*, bl. 298 en 308. — Richer, *vie de De Ruyter* p. 188, édit. Paris 1789 ; où il est parlé de cette île, à l'année 1673). Elle se trouve aussi indiquée dans les cartes anciennes de la Zélande et de la Flandre, dans Smallegange, *Kron. v. Zeeland*, p. 120 et autres.

On trouve dans l'île de Casand actuelle un village nommé Schoondyk.

Philippe, comte de Flandre, dans une charte de l'an 1167 (Mirei opp. Dipl. 11, p. 972) donna aux moines de S^t Bavon la dîme tant du *Morlant* que du *Werplant* qui se trouvait en Casant.

Il est déjà fait mention du Zwin dans une charte de Florent V de l'an 1276 (Mieris, 1^e Deel, bl. 384). Zwin paraît être un mot générique désignant une espèce de crique. Il y a un *Zwindrecht* dans la Flandre vis-à-vis d'Anvers ; un autre dans les îles de la Meuse. Suinemunde, ou *Bouche du Zwin*, comme *Zwindrecht*, *Passage du Zwin*, est commeon sait, à l'embouchure du Zwin, un des bras de l'Oder. Il est même à remarquer que selon Pline (liv. 3, c. 13) il y avait en Italie, un fleuve du nom de *Suinum*.

Ee ou *Ede* paraît également être un nom générique de crique. Il y a à

Ostende le *Nord-Ee* ou *Noord-Ede*, et de Ardenbourg à l'Ecluse coule une autre *Ede* qui, d'après Kluit, serait l'ancienne *Hedensée*. Le canal qui traverse Bruges s'appelle de *Langer-Ee*. Je pense que l'on nommait ici *Ee* les eaux qu'ailleurs on appelait *Aa*, ces changements de voyelles, sont on ne peut plus communs dans les divers dialectes des langues du Nord.

Il paralt que le Zwin se nommait anciennement *Sincfal* ou *Cinefal*, et servait de limite entre la Flandre et la Frise, du moins Cineval était en Flandre, comme cela résulte d'un passage d'Adam de Breeme (Adamus Bremeus de situ Danior, fol. 56, schol. 75 édit Fabric) écrivain du XI^e siècle, dans lequel, indiquant la manière d'aller de port en port du Jutland à *Accaron* (apparemment S^t Jean d'Acre) il s'exprime ainsi : « Van Ripa tot Cineval in Vlaenderen en van Cineval tot Prol in Engeland. » Cineval était de plus, près de Damme, comme il résulte d'une charte de 1241 par laquelle Thomas, comte de Flandre, exempte les habitants de Muiden en Flandre de payer le tol « binnen zyne stad Damme en overal binnen de Haven, die gewoonlyk Cineval wordt gezegd, ook by Nieuwpoort et Dunkerque » expression que l'on retrouve dans la donation de 1275 (apud. Kluit, Hist. crit. com. Holl. 1. 2, p. 2, p. 1032 conf. tom. 1 p. 2, p. 130).

D'ailleurs Jacob Van Maerlant, (dans son *Spiegel Historiael* écrit en 1286) (3^e party, 8 B, cap. 93) dit positivement dans les vers suivants que le Zwin était anciennement nommé Sincval :

Tusschen d'Wezere en ten Zwenc,
Dat tien tiden hiet Sincval.

Note W.

Il faut croire que le port de l'Ecluse avait perdu toute son importance au milieu

du seizième siècle, puisque ce ne fut pas là, mais dans l'île de Walcheren, que s'embarquèrent pour l'Espagne, Charles Quint en 1556, et Philippe, en 1559. Lorsque les envoyés de la Gouvernante des Pays-Bas, Marguerite de Parme, engagèrent en 1566 Philippe II à revenir aux Pays-Bas, ce dernier, prétexta que le voyage par mer était dangereux à cause de la saison avancée, des corsaires anglais et français, et que même il pouvait en arrivant trouver l'île de Walcheren en la possession des rebelles qui s'opposeraient à son débarquement.

Note X.

Cette sentence est datée de S^t Omer le 27 juillet 1470. En voici un extrait,
 « Charles par la grâce de Dieu, etc... Comme tant du vivant de feu notre père... comme depuis... plusieurs complaintes... ont été faites de la part de plusieurs sujets et bonnes gens de notre pays et comté de Flandre pour... ce que notre Port et Havre de l'Ecluse était si fort alterri et devenu si étroit que les caracques, galères et autres gros et grands navires n'y pouvaient entrer ni arriver... pour lesquelles choses pourvoir par bon avis, nous eussions fait assembler... les trois Etats de... Flandres... Et... a par nous été conclu... de faire essayer l'aménagement et réparation de notre dit port par l'ouverture du.. Polder du Swartegat, etc., etc. »

Le Swartegat est indiqué comme un passage, dans la carte qui se trouve aux archives d'Anvers.

Note 1.

Il est remarquable que depuis le Zwin jusqu'au Pas-de-Calais, il n'y a de véritables endiguements qu'autour d'Ostende, et ceux-ci ne datent que du dix-septième siècle. Les anciennes ouvertures par où la mer s'était jetée sur ces terres, étaient donc peu considérables, ou s'étaient en partie oblitierées, avant qu'on n'eût songé à tirer parti des nouvelles terres.

Dans un mémoire particulier sur Ostende, nous avons énoncé l'opinion que le *Serwautermans-ambacht* près de cette ville, avait été établi par un chevalier Wauterman de Gand, dont il est question dans le diplôme d'affranchissement d'Ostende, par la comtesse Marguerite de Flandre, de l'année 1270, ou bien un des ancêtres de ce personnage. Il paraîtrait de même que le *Camerlinex ambacht* est dû aux chambellans de Flandre dont les diplômes du 13^e siècle, sont cités ci-après à la note Z. Ils y parlent en effet de leur office comme situé au même lieu que le *Camerlinx ambacht*.

Note 3.

1130. L'évêque de Tournay fait don à l'Abbaye d'Oudenbourg de l'Église de Notre-Dame en ce village (*Virœ. Don Belg.* cap. 50, p. 380), cette charte porte entre autres le sceau d'un *Reinerus Persona Bredenensis*. Le même

recueil (tom. 3, p. 364) contient une lettre écrite vers l'an 1200 sur le Prieuré de Bredene.

Diplôme de Philippe d'Alsace de 1180, dotant l'abbaye d'Oudenbourg de la dime des paroisses d'*Eerneghem, Westkerk, Roxem et Bekeghem inter Pita et Watervalla* (Mier. vol. 1, p. 285).

Par diplôme de l'an 1119, Charles-le-Bon, comte de Flandre, donne à l'abbaye d'Oudenbourg « duas partes decimæ, it est duas garbas totius solitudinis sui des rti quod Teutonea vocatur *Ulfanc vel Wostima* in parochiâ de *Erninghem* et ex *Ichteghem* et de *Cocalara* et de *Bovenkerca* usque in confinium de *Flardello* (apparemment Fladsloo) exceptis illis partibus quæ ante mortem Domini Roberti avunculi mei fuerunt in culturam reductæ. »

« Quidquid vero hujus deserti vel solitudinis, a die mortis præfati comites Rob. excultum est vel excolitur.... ipsum eadem decimam..... tradidi abbati de Oldenburgensis.

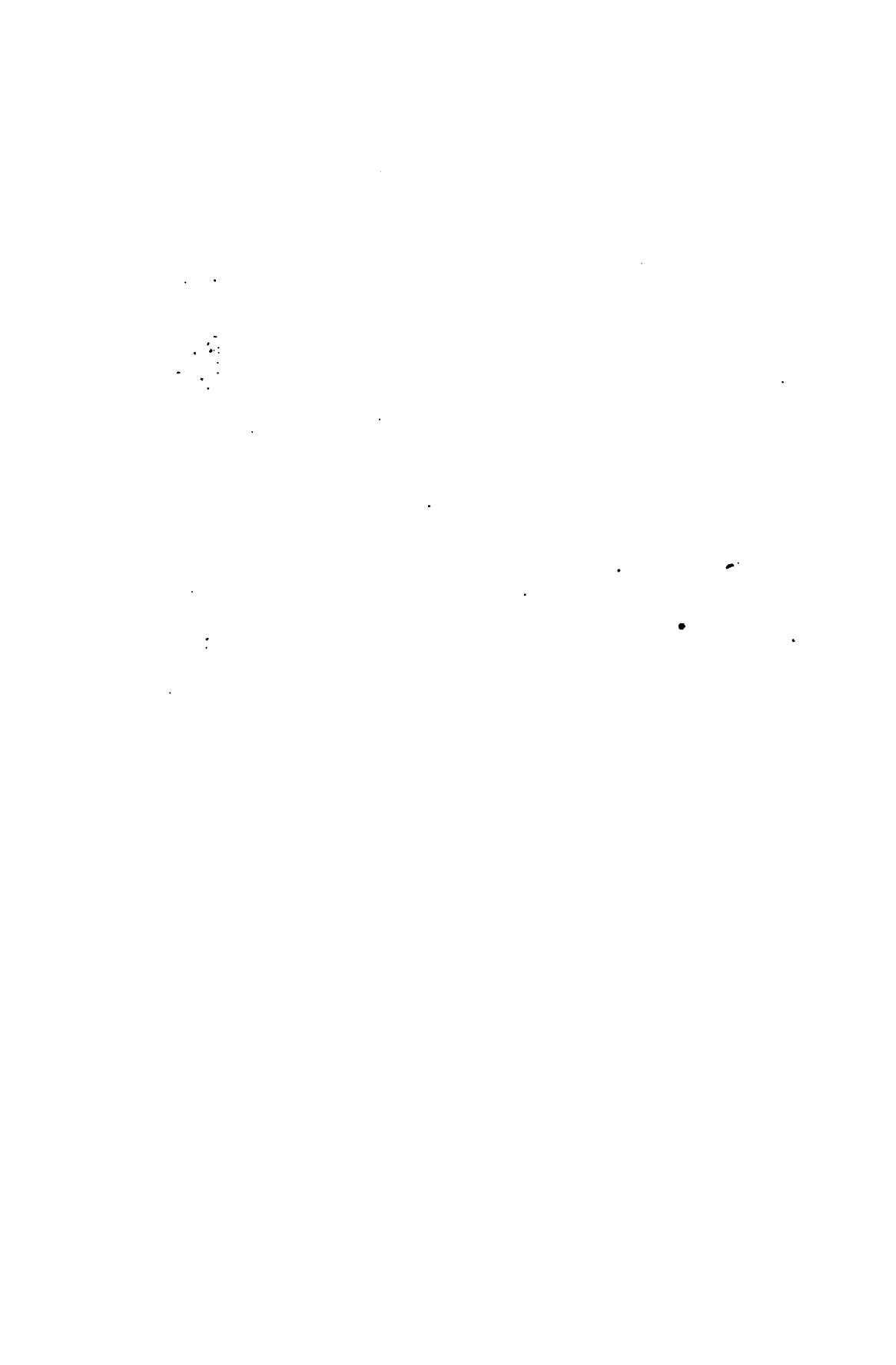
Baudouin, chambellan de Flandre (camerarius) renonce par charte de l'an 1201 en faveur de la même abbaye, d'un fief qu'il tenait à Westende avec toutes ses dépendances, *et si quid alluvione maris accreverit.*

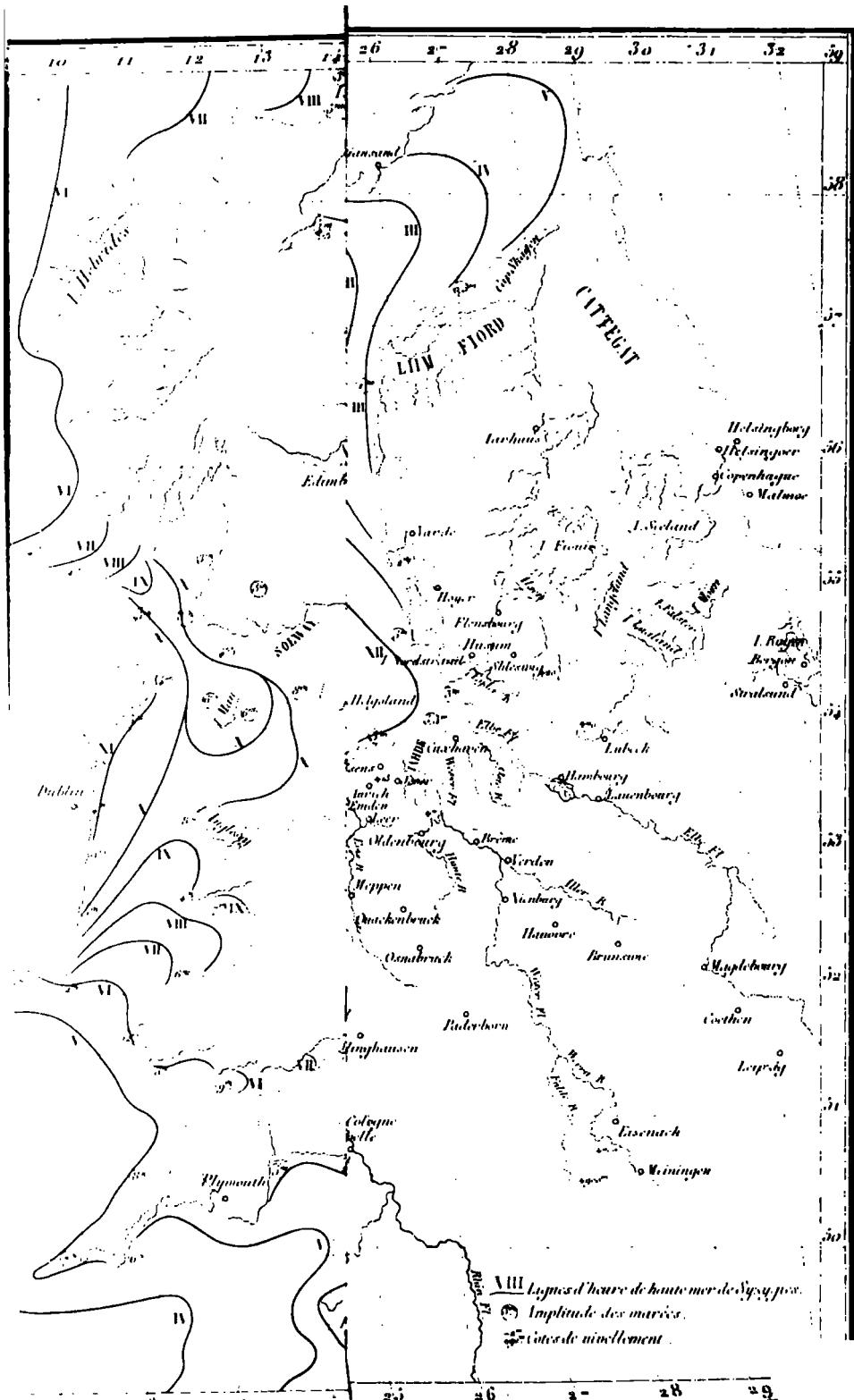
Un autre chambellan de Flandre, Eustache, donne en 1224, à la même abbaye, in Parochia de Westende, anguillarum positionem in Isara extra slusam jacentem et ad aquæ ductum mei officii pertinentem.

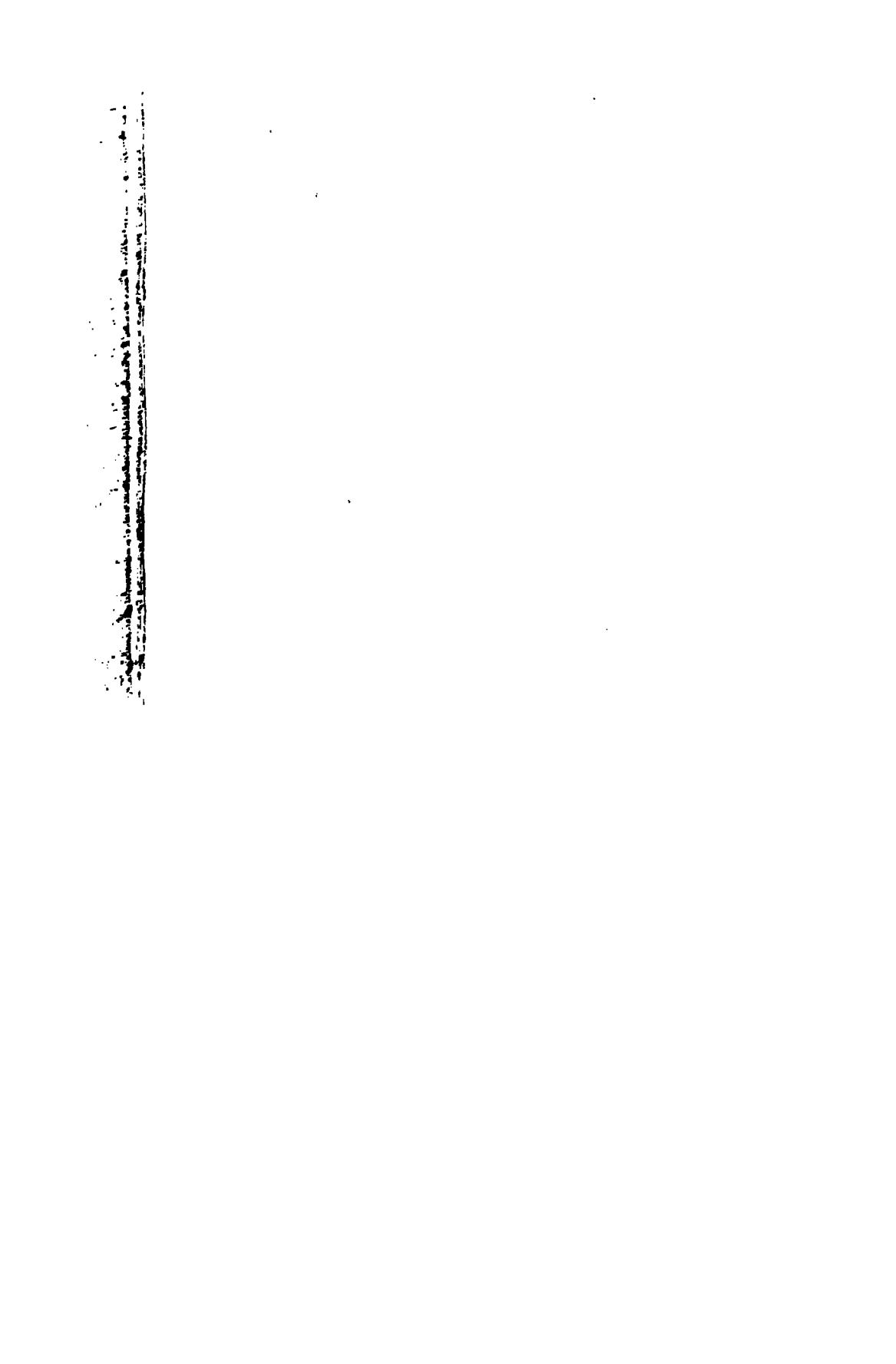
Par diplôme de 1261, Eustache, autre chambellan, neveu du premier, reconnaît la donation faite par celui-ci, et déclare n'avoir aucun droit, « in positionibus anguillarum sitis sive jacen'ibus in officio suo, de Selipis (Miræ 1 vol. p. 680 et suiv.). »

Philippe, comte de Flandre, dans une charte de 1173, citée dans Kluit, tome 2 p. 200) donne à l'abbaye d'Oudenbourg « omnem novam terram, tam arabilem quam pascualem, que apud Westende de Testreep, ubi annique inter Dunos et Isaram et mare jacet, et omnem quam ibi in futurem alluvione maris accrescat, »

On voit, par les diplômes rapportés dans les notes précédentes, que jusqu'au 13^{me} siècle, l'Yperlée avait le nom d'Yser.







ERRATA.

PAGE 43

Ligne 2. — Au lieu de l'écluse lisez l'Ecluse.

rectifiée

PAGE 105.

Ligne 4^e. — Au lieu de § 16 lisez § 26.

rectifiée

PAGE 123.

Ligne 3. — Au lieu d'enfractuosité lisez anfractuosité.

rectifiée

PAGE 191.

Ligne 9. — Au lieu de M^r ab Utrecht lisez Ab Utrecht.

rectifiée

PAGE 218.

Ligne 9. — Au lieu d'autres, lisez Auteurs.

Rectifiée