

N O T E
SUR LES
MAREES A LA FIN DE L'ÉPOQUE QUATERNaire
SUR
LES CÔTES DE BELGIQUE
PAR
J.-C. VAN MIERLO

(Présentée à la séance du 26 octobre 1897)

Dans la remarquable étude du terrain flandrien publiée par M. Rutot dans le *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, il y a un point, nous semble-t-il, qui a été quelque peu laissé de côté et qui cependant n'est pas sans importance, maintenant surtout que la nature maritime du terrain flandrien est parfaitement démontrée.

Ce point, que nous nous proposons de traiter dans la présente notice, comporte l'étude des marées dans la mer flandrienne, ou plutôt l'étude des modifications que la marée a pu subir par suite de la rupture du Pas-de-Calais.

Nous voyons, en effet, dans la succession chronologique indiquée par M. Rutot, deux états bien différents de la mer flandrienne : le premier s'étend depuis les temps les plus anciens jusqu'au moment où la langue de terre réunissant le continent à la Grande-Bretagne se rompt ; le second part de l'instant où la communication fut établie jusqu'à nos jours.

Cette division est essentielle au point de vue de l'étude de la marée.

§ 1. — Avant la rupture du Pas-de-Calais.

Peut-être trouvera-t-on qu'il y a quelque témérité à vouloir décrire ce qui s'est passé en des temps si reculés et dans des circonstances si différentes de celles qui sont sous nos yeux actuellement; et, effectivement, ce serait chose impossible si nous n'avions pour guide un élément fixe, immuable, qui n'a pas varié depuis l'origine du monde : c'est la loi du mouvement des marées.

Depuis toujours, la rotation de la terre, combinée avec l'action du soleil et de la lune sur les mers, a dû produire les mouvements des eaux et entre autres la marée. Depuis toujours aussi, la marée a dû se propager de l'ouest à l'est dans l'Atlantique nord et venir s'engouffrer comme aujourd'hui dans le golfe fermé de toutes parts qu'était la Manche.

Voyons ce qui se passe actuellement dans cette mer. Nous avons pour la hauteur moyenne des syzygies les chiffres suivants :

CÔTE FRANÇAISE.		CÔTE ANGLAISE.	
Ouessant	6.40	Scilly	4.80
Heaux	9.45	Start Point	5.20
Saint-Malo	11.20	Exmouth	3.70
Cap de la Hague	8.25	Portland	2.06
Cherbourg	5.85	Brighton	4.12
Le Havre	7.20	Dungeness	6.00
Dieppe	8.55	Douvres	5.80
Boulogne	7.86		
Dunkerque	5.45		

On sait qu'au fond des golfes resserrés et orientés contre la propagation de la marée, la hauteur de l'eau peut atteindre des chiffres extraordinaires.

Les exemples les plus classiques sont : la baie de Fundy, où il y a 21 mètres de marée au fond du golfe et 2^m,70 seulement à l'entrée; le golfe de Bristol, où il y a de 14 à 15 mètres, et la baie Saint-Michel sur la côte française, où il y a 15 à 16 mètres en vives eaux.

Or, quand le Pas-de-Calais était fermé, le fond de la mer de la

Manche formait un golfe des mieux exposés pour les accumulations d'eau.

Remarquons, en effet, que si, au mont Saint-Michel, il peut se produire des marées de 15 mètres, alors que la saillie de la presqu'île du Cotentin n'a guère que la moitié de la largeur de la Manche à l'ouest de cette presqu'île, il a dû se former des dénivellations bien plus considérables entre Dieppe et Boulogne, puisque la mer est partout comprise entre des falaises à pic ne permettant pas à l'eau de s'épancher. Toute la force vive dont elle était animée était donc employée à relever le niveau de marée haute et il est infiniment probable que celui-ci ne devait pas être inférieur à la cote 20.

20 mètres de marée !

Voilà donc quelle était la situation à cette époque. A cela, il faut ajouter que les coups de vent d'ouest, qui sont les plus nombreux et les plus violents, doivent avoir eu une influence tout particulièrement considérable sur le régime des marées ; il faut donc peut-être encore majorer le chiffre de 20 mètres.

D'autre part, la marée est bien plus élevée sur les côtes françaises que sur les côtes anglaises, parce que celles-ci sont quelque peu abritées contre l'action directe de la vague marée, qui, se lançant contre les côtes du continent, produit un surélèvement de ce côté.

Ainsi, voici les chiffres qui sont réalisés en divers points atteints à peu près en même temps (en moins d'une demi-heure) par la marée.

HAUTEUR EN PIEDS DE 0^m,305.

	Vives eaux.	Mortes eaux.
Dieppe	27 $\frac{1}{2}$	21
Tréport	28 $\frac{1}{2}$	22
Hourdel	28 $\frac{1}{2}$	22
Boulogne	25 $\frac{1}{4}$	19 $\frac{3}{4}$
Gris-Nez	21 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{3}{4}$
Douvres	18 $\frac{5}{4}$	15
Dungeness	21 $\frac{3}{4}$	19
Newhaven	19	14
Cowes	12 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$
Exmouth	11	8 $\frac{1}{2}$

Tout ceci prouve qu'actuellement il existe des courants transversaux dans la Manche, et il a dû en exister aux temps préhistoriques également, puisque la loi de propagation des ondes marées n'a pu subir qu'un

changement tout à fait local, limité à quelques dizaines de lieues à l'entrée du Pas-de-Calais. On observe du reste la même chose encore aujourd'hui le long de la presqu'île de Cotentin, puisqu'il y a 4 ou 5 mètres de plus à la baie Saint-Michel qu'au cap de la Hague.

De l'autre côté du Pas-de-Calais, la situation est toute différente.

Nous voyons en effet que l'onde marée qui se propageait dans l'Atlantique et qui envoie un rameau dans la Manche devait, pour pénétrer dans la mer du Nord, contourner toutes les îles Britanniques.

Il ne faut pas moins de quatre heures pour que le sommet de l'onde marée aille de l'extrémité ouest de l'Irlande au cap Nord-Est de l'Écosse.

La propagation de la marée se fait vers le nord-est et ce n'est qu'après avoir tourné l'Écosse que les ondulations pouvaient se transmettre de proche en proche vers le sud; et il fallait encore plus de douze heures pour que les dénivellations vinssent frapper nos côtes.

Or la marée dans la mer du Nord se conduit bien différemment suivant que l'on se rapporte au rivage est ou au rivage ouest. A mesure que l'on marche vers le sud sur la rive ouest, la dénivellation diminue, abstraction faite, bien entendu, de circonstances locales, telles qu'embouchures de rivières.

Tandis qu'en Écosse il y a de 15 à 16 pieds en vive eau et que cette amplitude persiste même jusque Flamborough-Head, une fois que l'on est au sud du Wash, la hauteur de la marée diminue brusquement pour n'avoir plus que 6 pieds en vive eau.

Précisément en face, sur la côte danoise, on remarque la même chose. Tandis que dans l'Eider, à Cuxhaven et à l'entrée de l'Elbe, on constate environ 10 pieds, la cote descend à 5 pieds à Schiermonnikoog et à $4 \frac{1}{4}$ pieds à Texel.

Donc la marée venant du nord meurt en une dénivellation atteignant à peine 1^m,20, là précisément où la mer du Nord commence à devenir étroite; ceci se comprend aisément à cause de l'orientation générale nord-sud des côtes.

Au sud donc de la ligne Yarmouth-Texel, la marée est très faible et elle ne reprend d'amplitude — de nos jours — que par l'influence de l'onde venant de la Manche.

Donc, avant la rupture du Pas-de-Calais, c'était uniquement l'onde très affaiblie qui restait encore au sud de la ligne Yarmouth-Texel, qui se faisait sentir sur nos côtes; et elle devait, par suite de la rotation de la terre, avoir une tendance à fuir nos côtes pour s'appuyer davantage contre les côtes anglaises.

§ 2. — Conséquences.

Il résulte de là que les marées au sud de la mer du Nord devaient être extrêmement faibles et n'atteindre que 1 mètre au maximum à l'embouchure de la Meuse. Là, la marée subissait une nouvelle réduction par suite de l'immense développement du bassin d'inondation, comprenant presque toute la Hollande actuelle et toute la basse Belgique; et, par conséquent, au moment où la fin de l'onde venait mourir sur nos plages, elle ne devait plus avoir que deux pieds, peut-être, de hauteur.

Sans nous arrêter à discuter ce chiffre, retenons seulement qu'elle était très faible et qu'elle s'exerçait au fond d'un golfe fermé et mal orienté pour sa propagation.

Les fleuves devaient donc avoir un tout autre caractère d'embouchure que celui qu'a maintenant l'Escaut; il devait se former devant chacun d'eux un delta s'étendant d'autant plus que les temps s'écoulaient. Il en est, du reste, encore ainsi dans toutes les mers à faible marée : la dénivellation qui se produit au fond de l'Adriatique et qui est de 1 mètre environ ordinairement, exceptionnellement de 2 mètres, ne peut empêcher que le Pô soit un fleuve à embouchure obstruée.

Donc, à la fin de la période hesbayenne, le Pas-de-Calais étant encore fermé, la partie nord de la Belgique devait comprendre toute une région basse sur laquelle les eaux de la faible marée qu'il y avait alors ne pouvaient que difficilement s'étendre.

Il est à remarquer, en effet, que le niveau des atterrissements dans les deltas est toujours très voisin, soit en plus, soit en moins du niveau moyen de la mer, et comme l'élévation de la marée haute au-dessus de ce niveau ne devait guère être supérieure à 1 pied, la force motrice de propagation était très faible. En outre, la végétation qui se produisait à cette époque devait être un nouvel obstacle à la marche de la marée.

En se plaçant dans cette hypothèse, on voit que dans la mer du Nord, avant la formation du Pas-de-Calais, *le régime fluvial était prépondérant par rapport au régime maritime*, car ce qui fait la prépondérance, c'est le système des courants; et le sud de la mer du Nord ne devait pas avoir de courants marins.

Le point le plus intéressant, c'est la languette de terre réunissant l'Angleterre au continent.

D'un côté de l'isthme, il y avait des marées que nous avons montré

devoir atteindre 20 mètres de haut; de l'autre, des marées à peine sensibles.

Nous avons là une cause de destruction qui n'a pas été considérée, que nous sachions, avant ce travail et qui cependant a dû avoir une influence capitale.

Cette influence devait encore être augmentée par l'action des coups de vent et des tempêtes qui viennent toujours, dans nos contrées, de l'ouest-sud-ouest et du sud-ouest. La Manche est précisément disposée de façon que les lames s'y engouffrent et c'est actuellement encore ce qui donne une navigation si fatigante dans ces parages, tandis que, au contraire, toute la côte est de l'Angleterre est à l'abri.

Cette situation a évidemment perduré tant que les falaises du Pas-de-Calais ont présenté une résistance suffisante à l'action érosive de la mer. Mais on sait que toutes les falaises, qui reculent sous l'action de la mer, cèdent vers le bas, les régions supérieures s'éboulant simplement faute de pied.

Cela se passe encore ainsi de nos jours et a dû se passer anciennement; nous préférons attribuer à cette cause la chute de la barrière entre la mer du Nord et la Manche parce que, de cette manière, nous pouvons expliquer aisément — plus aisément du moins qu'avec l'hypothèse de M. Rutot — que la Manche présente une profondeur sensiblement constante depuis le cap Lizard jusqu'à Douvres.

L'action érosive des eaux s'exerçait, en effet, dans notre hypothèse, uniquement en vertu de l'action des lames de fond battant la falaise; or cette action était constante, quelle que fût la position géographique des roches limitant la partie extrême orientale du golfe normanno-breton; elle devait même s'accentuer légèrement à mesure que celui-ci se creusait, puisque le bras de mer devenait de plus en plus resserré; et, grâce aux courants de marée que nous savons être intenses et circulaires, les matériaux provenant de la démolition lente des falaises pouvaient être enlevés par la mer.

§ 3. — La rupture du Pas-de-Calais.

Les falaises étant continuellement minées par le bas, ont fini par être usées et un jour la roche a dû céder sur un point. Si nous remarquons la situation géographique actuelle et si, d'autre part, nous observons que la marée devait agir d'une façon plus intense sur la côte

continentale que sur la côte anglaise, nous serons amenés à conclure que la rupture première a dû se former sur la côte française.

Si la première brèche a été relativement faible comme étendue, la dénivellation de la marée n'a pas dû subir du coup un abaissement sensible; et alors, la mer s'élevant à des hauteurs beaucoup plus grandes d'un côté du nouveau détroit que de l'autre, il a dû en résulter un torrent furieux, véritable chasse d'eau qui s'est répandue dans la mer très peu profonde régnant au nord de la partie basse de notre pays à cette époque; et nous pensons que c'est là l'origine de cette « rivière » quaternaire dont M. Rutot a retrouvé la trace tout le long de notre littoral.

Ces choses ont continué de la même façon, la marée se précipitant par la brèche ouverte et diminuant d'autant plus à l'extrême ouest du détroit que celui-ci, sous l'action du courant, se rongeait davantage.

Mais à mesure que cette brèche se faisait plus large, le simple torrent à écoulement intermittent formé ainsi devenait aussi de plus en plus large, et bientôt la tranchée dut être suffisante pour laisser passer l'onde marée; alors le régime sur nos côtes devint tout différent.

Les terrains qui étaient situés autrefois à peu près au niveau quasi constant de la mer du Nord, se sont vu inonder deux fois par jour périodiquement; les rivières, qui autrefois s'écoulaient paisiblement dans cette mer calme et à plage douce, ont vu leurs eaux refoulées par celles de la marée; les courants, de plus en plus importants comme volume, si pas comme vitesse, se sont répandus dans la zone méridionale de la mer du Nord, bouleversant les alluvions que le temps y avait accumulées, les ravinant dans le sens de la grande vitesse et créant ainsi, au lieu d'une plage douce, ce formidable système de bancs qui s'étend devant la côte de Flandre.

Il nous semble que c'est ainsi, et ainsi seulement, que l'on peut expliquer la formation d'un canal profond dans la mer du Nord entre l'Angleterre et le continent.

Les résultats que cette modification a eus pour notre pays sont considérables : d'abord, faut-il bien encore admettre, comme le disait M. Rutot, qu'un mouvement d'affaissement du sol fut *nécessaire* pour permettre l'invasion du pays par la mer et ensuite un mouvement de soulèvement pour permettre son émersion?

Nous ne le pensons pas, car l'influence de la marée a dû suffire pour couvrir d'eau toute la partie basse du pays après la rupture du Pas-de-Calais.

Les affaissements inégaux et assez capricieux qu'il aurait fallu pour

expliquer les différences d'épaisseur du Flandrien deviendraient ainsi de simples ravinements dus à la marée, tandis que les terres basses recouvertes par les eaux ont simplement gardé les dépôts de sables qui s'y accumulaient sur une épaisseur relativement réduite.

Alors le caractère du Flandrien, qui est « ou bien formé d'un manteau de 2 à 4 mètres d'épaisseur ou qui passe rapidement à des épaisseurs de 15, 20 et 25 mètres », devient une chose toute simple, toute naturelle, dans laquelle il suffit de faire intervenir l'action mécanique de la marée telle qu'elle se fait encore sentir de nos jours sur certaines parties de mer qui ne sont guère que des terrains inondés.

Il est très évident, par exemple, que si le Zuiderzee actuel est laissé, pendant un grand nombre de siècles encore, soumis à l'action des marées et des courants d'eau douce, le fond s'en relèvera peu à peu et qu'on finira par le voir se remplir jusqu'à une certaine cote de dépôts sableux ou argileux et on y constatera également une épaisseur à peu près uniforme, hormis quelques chenaux profonds; et cette formation, qui se produit actuellement sous nos yeux, nous semble la meilleure démonstration de la thèse que nous exposons ici.

Nous ne considérons pas non plus comme probable la façon de voir de M. Rutot relative à l'abaissement lent et progressif de la terre entre Calais et Douvres, quand il dit que « deux bras de mer suivant deux vallées préexistantes pénétraient dans le pays, séparés par une faible barrière crayeuse » et que « cette barrière fissurée, dissoute par les agents atmosphériques, s'est encore progressivement abaissée jusqu'à ce que les deux bras de mer aient pu se rejoindre et mélanger leurs eaux ».

Si les choses avaient dû se passer ainsi, il n'y aurait jamais eu 60 mètres d'eau dans le Pas-de-Calais, car à chaque marée haute une rivière se serait déversée au-dessus du relief de l'isthme et écoulée pendant un temps dans la mer du Nord, puisque d'un côté il y avait 20 mètres de marée et de l'autre presque rien.

Rien, à la vérité, jusque maintenant, n'empêche cette nouvelle façon de voir; mais en poussant le raisonnement à bout, on voit qu'il ne conduit pas à la situation actuelle des fonds.

Le niveau de la crête s'abaissant de plus en plus, la marée aurait eu le temps, en raison de sa vitesse ascensionnelle relativement faible, de s'écouler par-dessus la crête en l'usant, il est vrai, mais sans atteindre les cotes élevées que l'on constate maintenant encore à Saint-Michel, et toute cette eau serait venue se déverser successivement dans la mer du Nord, *sans pouvoir revenir dans la Manche*.

Au fur et à mesure donc que le sommet s'abaissait, la marée dans la Manche diminuait aussi et les courants de retour dans cette mer devaient être extrêmement faibles.

Ils auraient été tout à fait nuls le jour où le niveau de la crête aurait atteint, en descendant lentement, celui de la marée moyenne actuelle ou un peu moins.

La marée montante eût continué à se déverser par-dessus la crête, mais ce déversement eût par le fait même *empêché tout courant de retour* et, dans ces conditions, des atterrissages auraient dû se former au fond de la Manche et surtout dans l'angle sud-ouest de la mer du Nord.

Il aurait donc été impossible que l'affouillement se continuât au delà d'une faible profondeur au-dessus du niveau moyen de la mer, parce que, pour affouiller, il faut qu'il y ait eu du courant dans l'eau ; et pour qu'il y ait pu avoir du courant, il aurait fallu au préalable de la profondeur.

C'est donc là un cercle vicieux et l'on ne peut concevoir, avec l'usure *de haut en bas*, que l'on ait partout une plus grande profondeur dans le Pas-de-Calais lui-même que dans les mers environnantes ; tandis que, au contraire, dans l'hypothèse de l'usure *par tranches verticales*, cela va tout seul, la profondeur devant avoir été d'autant plus grande que la section était plus étroite et l'action érosive des coups d'eau s'effectuant *par le bas*.

Nous estimons donc que la formation du Pas-de-Calais et par suite de la vallée flandrienne suivant notre littoral est due à un fait brutal : une action brusque de l'eau qui, d'après la façon que nous avons dite, a pu durer des temps fort longs et avoir une influence très considérable dans la formation du chenal profond actuellement situé dans la mer du Nord au large des bancs des Flandres.

§ 4. — Dans la mer flandrienne.

Nous voyons donc qu'il est possible d'expliquer la présence d'un ravinement profond le long de nos côtes autrement que par un tassement du sol et qu'il ne faut pas non plus, absolument, un mouvement d'affaissement du sol pour que le limon stratifié fût submergé par les eaux de la mer : il a suffi de l'introduction de la marée de la Manche à travers le Pas-de-Calais rompu, pour que ces deux événements se soient produits.

Il est probable, d'autre part, que les mouvements du sol devront intervenir néanmoins pour expliquer la présence du Flandrien dans certaines vallées supérieures des rivières.

Sans doute, la marée agissant sur cette vaste étendue de terre submergée, *même en ne supposant aucun mouvement du sol*, n'a pas dû s'effectuer sans creuser des ravinements plus ou moins importants; car, du moment que la marée s'est fait sentir dans la mer flandrienne, le niveau s'en est relevé à marée haute de 2 mètres, mais aussi le niveau de marée basse s'est abaissé de 2 mètres, de sorte que la partie maritime des fleuves qui s'y jetaient a été soumise à un régime autrement excessif que celui qui existait primitivement.

Le cube d'eau passant à l'embouchure s'est trouvé soudainement augmenté dans des proportions très considérables, et ce régime des marées seul a pu suffire pour créer les profondeurs maxima que M. Rutot signale pour le Flandrien; il n'y a en effet, au plus, que 25 à 26 mètres.

Or, dans l'Escaut actuel, il y a un chenal navigable dont le fond se trouve fréquemment de 20 à 25 mètres en contrebas du niveau de marée basse, et cette cote atteint en certains endroits 30, 35 et même 40 mètres.

Si nous étudions attentivement la différence de régime actuelle entre l'Escaut, où la marée atteint et dépasse 4 mètres, et le Nieuwe Waterweg, où la marée a à peine plus de 1 mètre, nous voyons, du coup, quelle influence considérable possède la hauteur de marée pour l'entretien des passes.

La Meuse atteint, tout au plus, une dizaine de mètres de profondeur; son embouchure est obstruée et il a fallu des ouvrages de main d'homme pour la dégager ou plutôt pour en créer une nouvelle.

Pour l'Escaut, au contraire, il n'y a pas de barre et les profondeurs de près de 30 mètres se maintiennent toutes seules devant Flessingue. Or si nous remarquons qu'aujourd'hui le bassin d'inondation est uniquement limité à la surface du lit du fleuve et qu'à l'époque quaternaire tout le pays se trouvait sous eau, on conclura que les proportions du golfe de Gand et des bras plus septentrionaux que la mer pouvait avoir creusés entre nos côtes et la Zélande, tels qu'ils sont représentés sur la carte de M. Rutot, ne sont nullement hors de proportion avec le volume d'eau à écouler.

Là non plus, par conséquent, il n'est pas indispensable d'expliquer les grandes profondeurs par des affaissements du sol, et les profondeurs comme les largeurs peuvent être dues au ravinement et au creusement des eaux sous l'action de la marée.

Toutefois, ce n'est pas là le seul phénomène qui se produise sous l'action des marées.

Si elles sont creusantes par leurs courants, elles sont aussi envahissantes par leurs étales et les atterrissages sont surtout sensibles vers les rivages de la mer, au fond des criques, et les 2 ou 3 mètres d'eau qui se déversaient à chaque marée montante sur la basse Belgique ont dû être remplacés petit à petit par des atterrissages de sable.

Les considérations qui précèdent ne sont évidemment pas en contradiction avec l'ingénieux système général exposé par M. Rutot dans son travail sur le Quaternaire et sur le Flandrien; mais il nous a paru intéressant de les communiquer à la Société de géologie, parce que l'influence du changement du régime des marées par la rupture du Pas-de-Calais est de nature à modifier certains détails et à donner peut-être ainsi l'éclaircissement de quelques points non expliqués.
