EXTRAIT DES MÉMOIRES

DU

MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BELGIQUE

T. IV

EXPLORATION DE LA MER

SUR LES

COTES DE BELGIQUE

PAR

Gustave GILSON

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

PREMIÈRE SÉRIE

RECHERCHES SUR LE MILIEU MARIN ET SES VARIATIONS
AU VOISINAGE DE LA COTE BELGE

N° 13

ANNÉE 1907

BRUXELLES
IMPRIMERIE POLLEUNIS & CEUTERICK
DREESEN & DE SMET, SUCCESSEURS
37, RUE DES URSULINES, 37

INTRODUCTION

Le programme de l'exploration dont le Musée royal de Bruxelles nous a confié l'exécution, comprend la réunion des êtres qui habitent nos eaux, leur étude systématique et la détermination de leurs conditions d'existence.

Cette dernière partie est, en elle-même, fort vaste. Elle comporte, outre l'exploration détaillée d'une aire limitée de la mer, l'étude de la variation périodique des conditions physiques de l'eau : température, salinité, teneur en matières organiques dissoutes et en gaz, quantité de substances solides en suspension, etc., etc.

Mais l'étude de ces variations dans leur ensemble ne peut pas se restreindre aux limites des eaux immédiatement voisines de nos côtes. Ce serait s'interdire la recherche des causes immédiates des phénomènes et la compréhension de leur mécanisme. Il faut donc qu'elle s'étende aux aires marines voisines : la Manche d'une part et toute la Mer du Nord de l'autre. Elle doit même suivre de près l'étude des rapports de ces régions avec le grand réservoir Atlantique.

Ainsi compris, cette partie du programme constituait une tâche trop écrasante non seulement pour un seul homme, mais même pour une seule nation, fut-elle une grande puissance maritime.

Heureusement, frappés de l'importance des explorations maritimes et poussés par des nécessités d'ordre économique qui les réclament, les Gouvernements des Nations du Nord se sont associés pour aborder, avec des moyens puissants, l'étude des conditions physiques et biologiques des eaux où s'exercent leurs pêcheries, et déjà l'on peut dire que l'union des efforts a fait faire des pas de géants à la connaissance de la Mer du Nord et des mers adjacentes.

Dans cette association, qui porte le nom de « Conseil international pour l'Exploration de la Mer », chaque nation a un rôle à jouer et une tâche régulière à accomplir. Mais on attend de chacune d'elles, en outre, une part de travail facultatif dont la nature et

l'importance dépendent de sa situation, de l'importance de ses côtes et de ses pêcheries et de la puissance de ses moyens d'action.

Les observations faites dans chaque pays sont communiquées au « Bureau Central » qui a son siège à Copenhague.

Mais les résultats obtenus par chaque nation ne peuvent trouver place en totalité dans les Bulletins et les rapports de ce Bureau Central. Aussi leur publication a-t-elle nécessité, dans la plupart des pays, la création de recueils spéciaux subventionnés séparément par les Gouvernements.

En Belgique, la publication des données recueillies trouve sa place naturelle dans les *Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle* qui, pour ses propres besoins, avait entrepris l'exploration des eaux voisines de la côte, plusieurs années avant la fondation du Conseil International.

Il est à remarquer que les publications spéciales des diverses nations présentent, en général, un caractère très fragmentaire. En effet, il convient, pour la bonne marche de l'entreprise, non seulement que les résultats soient publiés au complet, mais encore qu'ils le soient sans trop de délai, sous peine de perdre leur intérêt d'actualité.

C'est aussi cette considération qui nous décide à publier nos recherches, à partir de ce moment, au fur et à mesure de leur mise en état, et par parties séparées, souvent sans lien direct, au lieu d'en retarder la publication, pour donner à leur ensemble plus d'unité et un caractère plus marqué d'achèvement.

L'ensemble sera divisé en séries dans chacune desquelles prendront place les travaux de même nature, à mesure qu'ils seront menés à bonne fin, soit par nous-même, soit par nos collaborateurs.

INDEX

PREMIÈRE SÉRIE

RECHERCHES SUR LE MILIEU MARIN ET SES VARIATIONS AU VOISINAGE DE LA COTE BELGE

PREMIÈRE SÉRIE

RECHERCHES SUR LE MILIEU MARIN ET SES VARIATIONS AU VOISINAGE DE LA COTE BELGE

« L'exploration internationale de la Mer » donne pour base principale à ses investigations un système de croisières trimestrielles consacrées à l'étude des variations saisonnières du milieu marin et réglées par un programme fixe d'observations physiques et biologiques.

Ce programme cependant, ne répond pas adéquatement aux besoins d'une exploration vraiment complète et méthodique.

Théoriquement, l'étude des conditions biologiques de la mer et de leurs variations dans le temps et dans l'espace se ferait le mieux à l'aide d'un système de stations d'observation fixes, judicieusement disposées en un grand nombre de points des côtes et du large. Dans chacune de ces stations un personnel compétent noterait d'heure en heure les variations physiques de l'atmosphère et du milieu liquide, ainsi que les modifications survenant dans la composition des accumulations d'êtres vivants qui habitent ce dernier.

Mais l'organisation d'un tel système de stations dans toute l'étendue de la Mer du Nord est déjà, par elle-même, une utopie, et l'étude des immenses quantités de matériaux qui seraient ainsi recueillis, puis la coordination de toutes les données par un Bureau Central, constitueraient un travail gigantesque et dépassant même les forces d'une association internationale.

Ce plan idéal est donc irréalisable, même pour un bassin aussi restreint et aussi fermé que la Mer du Nord.

Le système entrecoupé des croisières périodiques est le seul qui soit pratique.

Mais, dans le but de suppléer aux défauts de ce système, chacune des nations associées exécute en outre, pendant les périodes intercalaires, un grand nombre

d'observations, isolées ou suivies, d'après un programme adapté à ses circonstances spéciales.

C'est ainsi que, pour ce qui concerne la section belge, nous avons organisé, en fait de recherches supplémentaires aux croisières de l'aviso « Ville d'Anvers », une station fixe à bord du bateau-phare du West-Hinder. La patron et le mécanicien y exécutent des observations météorologiques et océanographiques horaires et journalières, ainsi que des prises de plankton hebdomadaires.

En outre, les capitaines et officiers des steamers de la Société Cockerill, prennent, une fois par semaine, des observations physiques à chaque demi-heure, durant leur voyage d'Ostende à Tilbury, sur la Tamise.

Enfin nous-même, sur le Remorqueur n° 1 de l'État et avec l'assistance d'une série de chaloupes, de côtres et de canots à voile, nous exécutons un grand nombre d'opérations de pêche et d'océanographie.

L'exécution de ces travaux et l'étude de tous ces matériaux constitue déjà un travail très considérable, auquel nos moyens d'action peuvent à grand peine suffire.

Néanmoins, cette année, nous avons tenté d'y ajouter quelques séries d'observations horaires, faites de temps en temps, en un même point fixe sur un navire à l'ancre, c'est-à-dire rentrant dans le plan idéal, et malheureusement irréalisable pour l'ensemble de la mer, que nous venons d'esquisser.

I

VARIATIONS HORAIRES PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA MER AU LARGE D'OSTENDE

INDEX

APERÇU PRÉLIMINAIRE

L'observation et l'analyse d'une série de marées en un point fixe et suivant le plan qui est exposé plus loin paraît de nature à intéresser non seulement la biologie, notre branche spéciale, mais encore l'océanographie et l'hydrographie pures.

Sans doute, la biologie serait en droit de demander à celles-ci toutes les notions nécessaires à l'étude du milieu marin.

Mais il arrive que des branches très diverses de la science, se prêtent un mutuel secours. Aussi serions-nous heureux de voir cette première tentative d'un type particulier de recherches devenir le point de départ d'investigations fructueuses pour ces branches physiques elles-mêmes.

Nous n'avons pas l'intention d'en poursuivre, dans l'avenir, les longues séries qui, dépassant les besoins de la biologie, semblent réclamées par l'étude de la dynamique de la mer.

Ce serait aussi sortir du cadre de nos recherches que de vouloir utiliser les données acquises pour nous livrer à la recherche des lois ou à l'analyse physico-mathématique des phénomènes.

Simple pionnier, nous nous attachons surtout à recueillir des faits, pour en déduire seulement quelques conséquences immédiates intéressant, directement ou indirectement, la biologie de la mer.

Nous nous bornons à apporter, sous une forme un peu neuve, des observations positives recueillies en mer. Elles sont assez détaillées et très différentes, en somme, de celles qui, d'ordinaire, sont fournies par le personnel des bateaux-phare ou des postes fixes de la côte. Celles-ci ont dû plutôt à leur grand nombre qu'à un caractère bien précis et méthodique de donner matière à de savants travaux du genre de ceux de Phaff [1], de

---

[1] J.-M. Phaff, *Étude sur les courants de la Mer du Nord.*

Id., *Bydrage tot de Kennis der Getyden in de Noordzee.* — *Noord-Hinder,* Koninglyk Nederlandsch Meteorologisch Instituut. Drukkery Mouton et C°. Den Haag.

van der Stok [1] et de notre compatriote le Commandant Petit qui a été l'un des initiateurs de cette catégorie de recherches [2].

Parmi les observations dont nous rendons compte dans les pages suivantes, il en est qui font partie intégrante de notre programme de recherches sur les conditions biologiques de notre mer : ce sont celles qui portent sur le plankton, la salinité, la température et la quantité de substances solides suspendues dans l'eau. Les variations de ces facteurs sont de nature à affecter très directement les êtres qui habitent nos eaux.

Mais il en est aussi d'autres qui ont plutôt pour objet de fixer les conditions dans lesquelles se produisent les variations de ces facteurs principaux.

Elles pourront concourir à la recherche des causes de ces variations. Mais nous tenons à faire remarquer encore qu'elles n'ont pas pour but spécial l'étude du régime général des marées et des courants de la Mer Flamande dans son ensemble, ni même simplement celle du régime côtier de notre région. Cette étude, qui est du domaine de l'hydrographie pure, est par elle-même très vaste et très difficile. Elle nécessite une organisation propre et des moyens d'action puissants, et elle suffirait à occuper toute l'activité d'un personnel technique spécial.

L'entreprendre pour elle-même, serait empiéter sur le terrain de notre excellent collègue, M. le Lieutenant de Marine Urbain qui, à bord du navire hydrographe de l'État, « La Belgique », conduit avec méthode et précision des recherches faisant suite à celles du Commandant Petit et du regretté E. Rochet.

Mais, sans nous lancer dans cette voie spéciale, nous croyons pouvoir joindre à nos observations sur les points essentiels de notre programme, toutes les remarques que nous avons pu faire, au cours de l'expérience, au sujet des variations d'épaisseur de la couche d'eau, ainsi que de celles de la vitesse et de la direction des courants.

En effet ces données doivent figurer dans nos diagrammes pour nous permettre de déterminer avec toute la précision possible la période de la marée et la phase des variations de vitesse et de direction du flot et du jusant, auxquelles correspondent les maximums et les minimums de la salinité, de la température, du plankton et de la quantité de matières solides en suspension.

En outre, bien que ces séries d'observations ne soient ni aussi longues ni aussi serrées que le demanderait l'étude spéciale des mouvements de la mer, nous croyons faire œuvre utile en les publiant au complet, parce que des faits observés en série ont toujours leur valeur. Les nôtres sont, de plus, d'un genre assez rare, et leur valeur nous paraît encore

---

(1) J.-F. van der Stok, *Résultats des observations faites à bord des bateaux-phare Néerlandais*, Koninglyk Nederlandsch Meteorologisch Instituut, n° 90.

Ibid., III. Tables des courants.

(2) M. Petit, *Étude sur les courants de la Mer du Nord*. Annales des travaux publics de Belgique, t. XLIX, Bruxelles, 1902.

Voir aussi Stessels.

augmentée de par le caractère laborieux que présentent des observations continues, exécutées nuit et jour, sur un navire maintenu au mouillage pendant de longues périodes.

Voici la liste des principaux points sur lesquels a porté le travail effectué au moins une fois par heure, sur le navire à l'ancre :

1. Profondeur.
2. Direction du courant.
3. Vitesse du courant.
4. État de la mer.
5. Transparence et couleur de la mer.
6. Quantité de matières solides en suspension dans l'eau de surface.
7. Quantité de matières solides en suspension dans l'eau de fond.
8. Salinité de l'eau de surface.
9. Salinité de l'eau de fond.
10. Température de l'eau de surface.
11. Température de l'eau de fond.
12. Plankton de surface.
13. Plankton de fond.
14. Température de l'air.
15. Pression barométrique.
16. Direction du vent.
17. Vitesse du vent.

Nous espérons pouvoir ajouter à cette liste, dans une prochaine expérience, l'étude quantative et qualitative des bactéries et celle des matières organiques dissoutes.

Faisons remarquer que la recherche de la salinité et celle de la quantité de substances en suspension ne peuvent se faire avec la rigueur désirable à bord d'un navire. Il en est de même de l'étude qualitative et quantitative du plankton. Les numéros 7, 8, 9, 12 et 13 de la liste comportent donc, outre les manipulations de la prise des échantillons à l'aide d'instruments spéciaux, celle de leur mise en flacon, de leur étiquetage et de leur emballage.

Les échantillons d'eau pour la détermination de la salinité sont d'un demi-litre. Pour la détermination du poids des matières en suspension, ils sont de 5 litres. On voit que la masse des matériaux à expédier au laboratoire après une expérience de ce genre est considérable. Le poids du matériel débarqué à Ostende après la première expérience s'élevait à un millier de kilogrammes.

INSTANTS CRITIQUES. — ÉTALES

Nous trouvons commode, pour l'analyse de nos diagrammes, l'usage du terme « instant critique ». Il désignera dans cette étude le moment où le mouvement dont l'eau de la mer est animé *se modifie ou cesse de se modifier* en vitesse ou en direction.

On distinguera donc les divers instants critiques que voici.

I. — Instant critique de marée.

C'est le moment où la couche d'eau qui recouvre le fond commence à modifier son épaisseur, dans un sens ou dans l'autre. On peut aussi appeler cet instant l'*étale de marée*.

Il y a donc un instant critique de haute mer et un instant critique de basse mer, ou bien une étale de marée haute et une étale de marée basse.

II. — Instant critique de courant.

C'est l'instant où le mouvement de translation horizontale des eaux après avoir suivi, pendant un temps, une direction constante *commence à modifier cette direction*, ou bien l'instant où *il devient constant* après avoir été variable, ou bien enfin celui où *sa vitesse*, après avoir décru pendant un temps, *se met à croître ou vice-versa*.

Il pourra donc y avoir :

1° L'instant critique de direction.

Voir le diagramme I.

On distinguera :

a) *L'instant critique initial* du flot et du jusant régulier, à la fin du mouvement giratoire, alors que le courant cessant de changer continuellement sa direction commence à couler dans un sens qui se maintient.

b) *L'instant critique final* du flot et du jusant régulier, où le courant perd sa direction constante pour redevenir variable.

La période qui sépare l'instant critique initial de direction de l'instant critique final d'un même courant sera le *flot régulier* ou le *jusant régulier*.

Celle qui sépare l'instant critique final de direction d'un courant de l'instant critique initial du courant contraire suivant, sera *le passage giratoire* ou simplement le giratoire. On distinguera *le giratoire de flot-jusant* et *le giratoire de jusant-flot*.

2° L'instant critique de vitesse.

On distinguera :

a) *L'instant critique supérieur de vitesse,* de flot ou de jusant, qui correspond au maximum de vitesse. Cessant de croître, la vitesse va entrer en décroissance.

b) *L'instant critique inférieur de vitesse*, correspondant au minimum de vitesse du mouvement giratoire. Cessant de décroître la vitesse entre en croissance.

C'est l'étale de courant : *étale de flot, étale de jusant.*

LE FLOT ET LE JUSANT

Voir le diagramme II.

On vient de voir que c'est un *minimum de vitesse* qui marque la limite entre le flot et le jusant, au cours du giratoire ou période des directions changeantes, et *non pas une direction donnée.*

Cependant, d'après le Commandant Petit, la direction, au moment du minimum de vitesse, est assez constante. Cette direction peut donc servir à indiquer approximativement l'étale de courant, ou limite entre les courants inverses. Au West-Hinder, la direction moyenne à l'étale de flot, serait du SQSE 1/4 S magnétique, et du NQNW 1/4 N, à celle du jusant.

En pratique nous adoptons l'usage des pilotes belges qui est d'appeler un courant *flot* dès que, dépassant le Nord magnétique, sa direction d'origine entre dans la partie Ouest, et *jusant* dès que cette direction, dépassant le Sud, entre dans la partie Est. Dès qu'il y a de l'Ouest dans le courant, disent ces marins, c'est du flot et dès qu'il y a de l'Est, c'est du jusant.

LES TERMES « FLOT RÉGULIER ET JUSANT RÉGULIER »

Que faut-il appeler, sur nos côtes « flot régulier » et jusant régulier » ?

Ces termes ont une signification moins large que les expressions flot et jusant sans qualificatif.

Pour le Commandant Petit, « *le flot régulier* est la partie du courant qui, ayant une » vitesse supérieure à 20 mètres par minute (33 cm. par seconde), se dirige presque sans » exception vers le NE 1/2 E vrai, soit à peu près ENE 1/4 N magnétique [1] ».

---

[1] M. Petit, *Loc. cit.*, p. 14.

Le jusant régulier est, à peu près, le courant de direction opposée et de même vitesse.

Il nous semble préférable, au point de vue de l'analyse d'une marée prise individuellement, de définir les courants réguliers un peu différemment : c'est *la phase de la marée pendant laquelle le courant conserve la même direction, tout en pouvant varier de vitesse.*

Cette définition semble délimiter mieux une phase naturelle des phénomènes de la marée côtière : celle pendant laquelle l'influence astrale prédomine sur les influences terrestres qui occasionnent le mouvement giratoire dès que l'influence astrale faiblit.

Certaines causes déviatrices peuvent, le long de nos côtes, produire un effet sensible sur un courant de marée aussitôt que la vitesse imprimée à ce courant par les influences astrales a suffisamment baissé. On le voit alors changer de direction, et entrer en giration, au lieu de se ralentir simplement pour s'arrêter ensuite, puis se renverser directement, ainsi qu'on pourrait concevoir le phénomène s'il se passait sur une côte ouverte et directement opposée à la direction de l'onde de marée. Plus tard, à mesure qu'il regagne de la vitesse, il se soustrait de plus en plus à l'action des causes déviatrices ; un certain équilibre dynamique s'établit et sa direction redevient sensiblement constante. Mais alors cette direction n'est pas nécessairement la même que la première. Elle peut varier, dans certaines limites, à chaque marée (voir le diagramme II) car elle n'est elle-même qu'une résultante, et certaines de ses composantes sont variables.

Il semble donc pratique de réserver le terme « courant régulier » à *la partie d'un courant de marée dont la direction demeure sensiblement constante,* sans préjuger ni de sa vitesse ni de l'angle que sa direction peut faire avec le méridien du lieu, c'est-à-dire en éliminant les facteurs *vitesse absolue* et *direction absolue.*

Ainsi compris, le terme pourra s'appliquer sans changer de signification à tous les points de la côte. On pourra l'employer, par exemple, dans l'estuaire de l'Escaut, où la direction de la partie du flot et du jusant qui reste constante, est bien différente de celle qu'affecte le courant régulier régnant aux Hinders au même instant.

Nous ne nous exagérons pas l'importance des divers instants critiques. On les distingue clairement, il est vrai, dans les diagrammes de la première expérience, mais il n'est pas impossible que, si nos tracés avaient la continuité que fournissent seuls les appareils enregistreurs, certains d'entre ces instants critiques perdraient de leur netteté. C'est ce qui se produirait, par exemple, si des appareils nouveaux et très précis venaient à montrer que la direction des deux courants dits réguliers n'est pas absolument constante, mais se modifie encore légèrement jusqu'à l'instant critique supérieur de vitesse et après lui.

Il est à remarquer que divers instants critiques peuvent se confondre. Ainsi l'instant critique initial de direction, pourrait se confondre avec l'instant critique supérieur de vitesse. Voir le diagramme II, le 8 septembre à 2 h. flot et à 9 h. jusant.

L'instant critique de haute mer pourrait aussi coïncider avec les deux premiers. Alors c'est au même instant qu'on verrait la mer commencer à descendre, à couler moins vite et à changer la direction de son courant de flot.

L'étale de marée basse pourrait tomber au même instant que l'étale de courant, etc. Voir divers cas dans le diagramme I.

EXPÉRIENCE DU 7 ET DU 8 SEPTEMBRE 1906

Le 7 Septembre 1906, le Remorqueur n° 1 partit d'Ostende dans la matinée et se dirigea vers la grande bouée lumineuse de la passe du Stroombank. Mais, par une singulière coïncidence, celle-ci venait précisément de briser sa chaîne et avait disparu dans le SSW emportée par le jusant. Nous partîmes donc à sa recherche dans cette direction et après l'avoir retrouvée et remorquée dans le port, nous revînmes à la passe de l'Ouest pour y mouiller par des amers fixant une position voisine de celle de la bouée lumineuse disparue.

Cet incident nous empêcha d'entamer le travail à la mer basse du jour, qui tombait à 9 h. Les opérations ne purent commencer qu'à 13 h. soit 2 heures avant la mer haute, et l'étale de jusant fut manquée.

La série des 17 observations indiquées ci-dessus y fut exécutée toutes les heures, nuit et jour, sans interruption, depuis le 7, à 13 h. jusqu'au 8 à 14 h. soit durant 25 heures consécutives.

Les résultats de ces séries d'observations et de l'étude des matériaux recueillis sont consignés dans les diagrammes I, II et III, accompagnés d'explications et de commentaires.

Nous tenons à adresser ici un éloge mérité à notre équipage pour le dévouement dont chacun a fait preuve en s'efforçant de remplir, la nuit comme le jour, la tâche souvent fatigante qui lui était dévolue et nous adressons une mention spéciale à Messieurs Jules Defer, capitaine, et Richard Verstraete, pilote, qui, avec nous-même, ont dirigé l'ensemble des opérations.

§ I. — Tableau général des

Localité : OSTENDE **EXPÉRIENCE**

TEMPS	Profondeur sondée	NATURE DU FOND	CAP DU NAVIRE	COURANT			ÉTAT DE LA MER	Température de l'air	Pression barométrique	VENT	
				Niveau	Direction	Vitesse				Direction	Vitesse
13 h.	8.00 m.	—	W	Surface	WSW		Houle moyenne	19.0	773.5	WNW	3
14 „	9.50 „	—	WQSW	„	WSW	42.0	„	18.9	773.5	WNW	3
15 „	10.00 „	—	WSW	„	WSW	63.2	„	18.4	773.0	WQNW	3
16 „	9.50 „	—	WQSW ½ S	„	WSW	55.2	„	19.1	773.0	WQNW	3
17 „	9.25 „	—	WSW	„	SWQW ½ W	47.2	„	18.6	773.0	W	3
18 „	8.50 „	—	WSW	„	SWQW	23.2	Légère houle	18.4	773.0	WQSW	2-3
18.30 „	—	—	—	„	SW	—	„	—	—	—	—
18.45 „	—	—	—	„	SSW	—	„	—	—	—	—
19 „	7.25 „	—	SWQS	„	S	7.2	„	17.5	773.0	WSW	2
20 „	6.50 „	—	EQNE	„	E	27.2	„	17.3	773.0	SWQW	2-3
21 „	6.00 „	—	EQNE	„	ENE	41.2	„	16.5	773.0	SWQS	3
22 „	5.50 „	—	EQNE	„	ENE	46.2	„	15.9	773.0	SSW	3
23 „	6.00 „	—	EQNE	„	ENE	40.2	„	15.8	772.5	SSW	2-3
24 „	6.50 „	—	NE ½ E	„	NEQE	16.2	„	15.5	772.0	SSW	3

annotations prises en mer

N° 1 **Date : 7 SEPTEMBRE 1906**

CONDITION DE L'EAU						PLANKTON				
Température		Numéro de l'échantillon	Poids du dépôt séché	Salinité	Transparence et couleur	Niveau	Instrument	Numéro de l'échantillon	Volume du dépôt centrifugé	*Observations*
Surf.	Fond									
—	18.2	4148	0.229	33.49	0.40	Fond	Ch. à plankt.	4150	2.9 cc.	
18.4	—	4149	0.183	33.17	Gris-jaune	Surface	Apstein	4151	1.0 „	
—	18.2	4152	0,104	33.80	0.40	„	„	4154	1.6 „	
18.4	—	4153	0.118	34.09	Gris-jaune-verdâtre	Fond	Ch. à plankt.	4155	1.5 „	
—	18.2	4156	0.210	34.36	„	Surface	Apstein	4158	1.1 „	
18.3	—	4157	0.162	34.36		Fond	Ch. à plankt.	4159	0.75 „	
—	18.2	4160	0.220	34.36	„	Surface	Apstein	4162	1.5 „	
18.2	—	4161	0.133	34.36		Fond	Ch. à plankt.	4163	0.5 „	
—	18.2	4164	0.18	34.36	„	„	„	4166	1.2 „	
18.1	—	4165	0.189	34.34		Surface	Apstein	4167	1.3 „	
—	18.2	4168	0.190	34.40	0.50	Fond	Ch. à plankt.	4170	0.55 „	
18.2	—	4169	0.137	34.27	Vert-jaune	Surface	Apstein	4171	1.2 „	
—	—	—	—	—		„	„	—	—	
—	—	—	—	—		„	„	—	—	
—	18.2	4172	0.080	34.23	Nuit	Fond	Ch. à plankt.	4174	0.2 „	
18.1	—	4173	0.066	34.07		Surface	Apstein	4175	0.6 „	
—	18.2	4176	0.112	—	„	Fond	Ch. à plankt.	4178	—	
18.1	—	4177	0.095	33.93		Surface	Apstein	4179	0.3 „	
—	18.2	4180	0.28	34.11	„	Fond	Ch. à plankt.	4183	0.8 „	
18.2	—	4181	0.229	33.60		Surface	Apstein	4182	0.7 „	
—	18.3	4184	0.329	33.91	„	Surface	„	4186	1.3 „	
18.2	—	4185	0.279	33.66		Fond	Ch. à plankt.	4187	0.5 „	
—	18.3	4188	0.384	33.75	„	Surface	Apstein	4190	0.9 „	
18.2	—	4189	0.292	33.75	„	Fond	Ch. à plankt.	4191	0.5 „	
—	18.3	4192	0.2874	33.37	„	„	„	4194	0.3 „	
18.2	—	4193	0.18	33.21	„	Surface	Apstein	4195	0.65 „	Brume épaisse, de 24.15 à 1.15 h.

Localité : OSTENDE

TEMPS	PROFONDEUR SONDÉE	NATURE DU FOND	CAP DU NAVIRE	COURANT			ÉTAT DE LA MER	TEMPÉRATURE DE L'AIR	PRESSION BAROMÉTRIQUE	VENT	
				NIVEAU	DIRECTION	VITESSE				DIRECTION	VITESSE
1 h.	7.50 m.	—	WQNW	Surface	WNW	11.2	Légère houle	15.6	772.0	SSW	2-3
2 „	9.00 „	—	WQSW	„	WQSW	40.2	Houle moyenne	16.0	772.0	WSW	3
3 „	10.00 „	—	WQSW 3/4 W	„	WQSW	38.2	„	15.9	771.5	WSW	3
4 „	10.00 „	—	WQSW 3/4 W	„	WQSW	35.2	„	15.9	771.5	SWQW	3
5 „	9.50 „	—	WSW	„	WSW	23.2	„	15.7	771.5	SWQW	2
6 „	8.50 „	—	SWQW	„	SWQW	21.2	„	15.9	771.5	SWQW	2
7 „	7 00 „	—	SW	„	SWQS	7.2	Légère houle	16.0	771.5	SW	2
7.15 „	—	—	SSW	„	SSW	—	„	—	—	—	—
7.30 „	—	—	S	„	S	—	„	—	—	—	—
7.45 „	—	—	SE	„	SE	—	„	—	—	—	—
8 „	6.25 „	—	E 1/2 N	„	EQNE	45.2	„	16.2	771 7	WSW	2-3
9 „	6.00 „	—	NEQE	„	NEQE	53.2	„	17.3	772.0	WQSW	2
10 „	6.25 „	—	NE 1/2 E	„	NEQE	49.2	„	18.2	773.0	WQNW	2
11 „	6 50 „	Vase grise de surface Vase noire Sable gris très fin	NE	„	NE 1/2 E	53.2	„	18.1	773.5	WQNW	2
12 „	7.00 „	—	NEQN	„	NEQN	41.2	„	18 8	774.0	W	2
13 „	8 00 „	—	N	„	N	25.2	„	19 8	773.5	W	2
14 „	9.00 „	Vase grise de surface Sable très fin	W	„	W	29.2	„	18 6	773.0	WNW	2

Date : 8 SEPTEMBRE 1906

CONDITION DE L'EAU						PLANKTON				
Température		Numéro de l'échantillon	Poids du dépôt séché	Salinité	Transparence et couleur	Niveau	Instrument	Numéro de l'échantillon	Volume du dépôt centrifugé	*Observations*
Surf.	Fond									
—	18.2	4196	0.170	33.34	Nuit	Fond	Ch. à plankt.	4198	0.6 cc.	
18.1	—	4197	0.185	33.17	"	Surface	Apstein	4199	0.4 "	
—	18.1	4200	0.166	33.62	"	Fond	Ch. à plankt.	4202	0.25 "	
18.1	—	4201	0.147	33.62	"	Surface	Apstein	4203	0.7 "	
—	18.2	4204	0.271	34.23	"	"	"	4206	0.6 "	
18.2	—	4205	0.2485	34.29	"	Fond	Ch. à plankt.	4207	0.4 "	
—	18.2	4208	0.1495	34.33	"	Surface	Apstein	4210	0.6 "	
18.2	—	4209	0.136	34.29	"	Fond	Ch. à plankt.	4211	1.05 "	
—	18.2	4212	0.248	34.36	"	"	"	4214	0.8 "	Légère brume
18.2	—	4213	0.237	34.34	"	Surface	Apstein	4215	0.9 "	
—	18.2	4216	0.268	34.43	0.40	Fond	Ch. à plankt.	4218	1.0 "	
18.2	—	4217	0.191	34.34	Gris-verdâtre	Surface	Apstein	4219	0.7 "	
—	18.3	4220	00.94	34.22	0.40	Fond	Ch. à plankt.	4222	0.35 "	
18.2	—	4221	0.073	34.20	Gris-verdâtre	Surface	Apstein	4223	0.85 "	
—	—	—	—	—	"	"	"	—	—	
—	—	—	—	—	"	"	"	—	—	
—	—	—	—	—	"	"	"	—	—	
—	18.2	4224	0.089	33.89	0.40	Fond	Ch. à plankt.	4226	1.95 "	
18.2	—	4225	0.095	33.95	Gris-verdâtre	Surface	Apstein	4227	1.5 "	
—	18.2	4228	0.1585	34.18	0.50	Fond	Ch. à plankt.	4230	1.4 "	
18.2	—	4229	0.159	33.30	Vert-grisâtre	Surface	Apstein	4231	1.5 "	
—	18.2	4232	0.2465	34.09	0.50	Fond	Ch. à plankt.	4234	1.5 "	
18.2	—	4233	0.175	33.98	Gris	Surface	Apstein	4235	1.6 "	
—	18.2	4236	0.454	33.95	"	Fond	Ch. à plankt.	4238	2.0 "	Pris l'échantillon du fond 4240.
18.3	—	4237	0.388	33.86	"	Surface	Apstein	4239	0.8 "	
—	48.3	4241	0.282	33.62	"	Fond	Ch. à plankt.	4243	0.6 "	
—	—	4242	0.2565	33.40	"	Surface	Apstein	4244	1.2 "	
	18.3	4245	0.230	33.37	0.50	Fond	Ch. à plankt.	4247	1.7 "	
18.2	—	4246	0.225	33.22	Gris-jaunâtre	Surface	Apstein	4248	0.7 "	
—	18.2	4250	0.1745	33.58	"	Fond	Ch. à plankt.	4252	2.65 "	Pris l'échantillon du fond 4249.
—	—	4251	0.160	33.31	"	Surface	Apstein	4253	1.5 "	

§ II. — Conditions générales de la mer et de l'atmosphère.

Les circonstances restèrent favorables pendant toute la durée du travail.

La température ne fut ni très haute ni très basse.

La pression atmosphérique varia peu : elle passa de 773.5 à 774.5, puis revint à 774.

Le vent souffla toujours de la partie Ouest, depuis WNW jusqu'à SSW, en brise légère. Il fraîchit un peu, cependant, le soir du 7 et le matin du 8.

Le tracé fourni par l'anénomètre de Robinson, que nous avons installé au West-Hinder, montre que la période précédant les journées du 7 et du 8 avait été calme (Diagramme III). Toutefois, le 6, la brise s'était animée notablement et avait atteint, à 20 h., une vitesse de $7^{m},36$ par seconde. Toutefois la houle ne s'éleva guère et, pendant les journées d'expérience, l'état de la mer fut indiqué, tout le temps, par « légère houle » et « houle moyenne ».

Les marées étaient de mortes eaux. La lune âgée de 18 jours avait passé au méridien le 7 à 2 h. 54′ 2″ et le 8 à 3 h. 38′ 58″.

Une longue période, peu interrompue, de beaux jours et de mer calme avait précédé ces journées de travail.

On peut considérer ces conditions comme constituant un état moyen de la mer et de l'atmosphère, à la fin de l'été.

§ III. — Position du navire.

Mouillé sur 30 brasses de chaîne, le navire a occupé deux fois de suite une position de flot et une position de jusant. La position du point de mouillage, intermédiaire entre ces deux positions extrêmes, est fixée par les données que voici :

Marques.

Le château d'eau d'Ostende sur le côté Ouest de l'église Saint-Joseph.
L'église de Mariakerke SW 1/4 W.

Angles levés au sextant.

Église Saint-Joseph, Église de Mariakerke,	85°0′
Église Saint-Joseph, Phare d'Ostende,	42°15′

Ce point se trouve dans la petite rade d'Ostende a peu près à mi-chemin entre la laisse de basse mer et la bouée lumineuse qui marque la passe creusée dans le Stroombank, c'est-à-dire en face de cette passe, qui constitue pour les navires la principale voie d'accès dans la petite rade.

§ IV. — Nature du fond.

Deux échantillons furent pris avec notre sondeur à coupe [1]; l'un en position de flot et l'autre en position de jusant. Ils présentent la composition que voici, en indiquant les couches dans leur ordre de superposition :

I. Position de jusant.

Consistance au plomb : tirant dur.
Sédiment fixé au plomb graissé : sable fin gris et vase.
Sédiments rapportés par le sondeur à coupe n° 8 :

Vase grise de surface,
Vase noire,
Sable gris très fin.

II. Position de flot.

Consistance au plomb : dur.
Sédiment fixé au plomb graissé : sable fin.
Sédiments rapportés par le sondeur à coupe n° 8 :

Vase grise de surface,
Sable très fin.

Le navire était donc au mouillage à la limite Sud-Est d'une plaque de vase noire qui remplit la petite rade.

---

[1] G. Gilson, *Description d'un sondeur-collecteur et remarques sur le prélèvement d'échantillons du fond de la mer.* Conseil international pour l'exploration de la mer, Publications de circonstances n° 35, 1906.

En position de jusant il flottait au-dessus d'un fond de vase noire, recouverte de la couche de vase grise de surface dont la présence est constante sur les fonds vaseux, tandis qu'en position de flot il avait sous lui un fond de sable recouvert d'une couche épaisse de cette même vase grise. En effet, dans la petite rade d'Ostende, comme en bien d'autres endroits, les limites de la couche de vase grise dépassent de beaucoup celle de la plaque de vase noire. Cette vase grise repose alors directement sur le sable.

Nous avons montré ailleurs [1] que la vase noire n'est que le produit de la sulfuration de la vase grise, et que celle-ci est un sédiment de formation plus récente. Cette sulfuration, due à l'action des bactéries, ne s'opère qu'à une certaine profondeur dans l'épaisseur d'un dépôt. Partout ou ce dernier est soit trop mince, soit de formation trop récente, on ne trouve jamais de vase noire sulfurée.

§ V. — Variations de la profondeur.

Diagramme I.
- Profondeurs sondées : trait rouge plein.
- Profondeurs marégraphiques d'Ostende : trait rouge interrompu.
- Variations de la profondeur réduite au zéro des Ponts et chaussées : trait noir.
- Profondeur moyenne au lieu du mouillage : trait noir pointillé.

I. — Profondeur réduite au zéro du nivellement général.

Le niveau du fond de la mer s'indique par rapport à un zéro conventionnel choisi à terre.

Ce zéro, pour le service belge des Ponts et chaussées, est le niveau de la mer basse moyenne des vives eaux ordinaires.

Il est à $1^{m},48$ au-dessus du busc de l'écluse du Bassin de Commerce d'Ostende.

Un marégraphe installé sur l'estacade Est d'Ostende indique d'une façon continue les variations de niveau de la surface de la mer.

On peut donc, en ayant soin de noter le temps exact où l'on pratique un sondage et en consultant plus tard le tracé marégraphique, déterminer la côte du fond à l'endroit sondé, c'est-à-dire son niveau par rapport au zéro conventionnel.

La figure 1, ci-contre, indique les données très simples du problème.

---

[1] G. Gilson, *Exploration de la mer sur les côtes de la Belgique.* Mémoires du Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique, 1900.

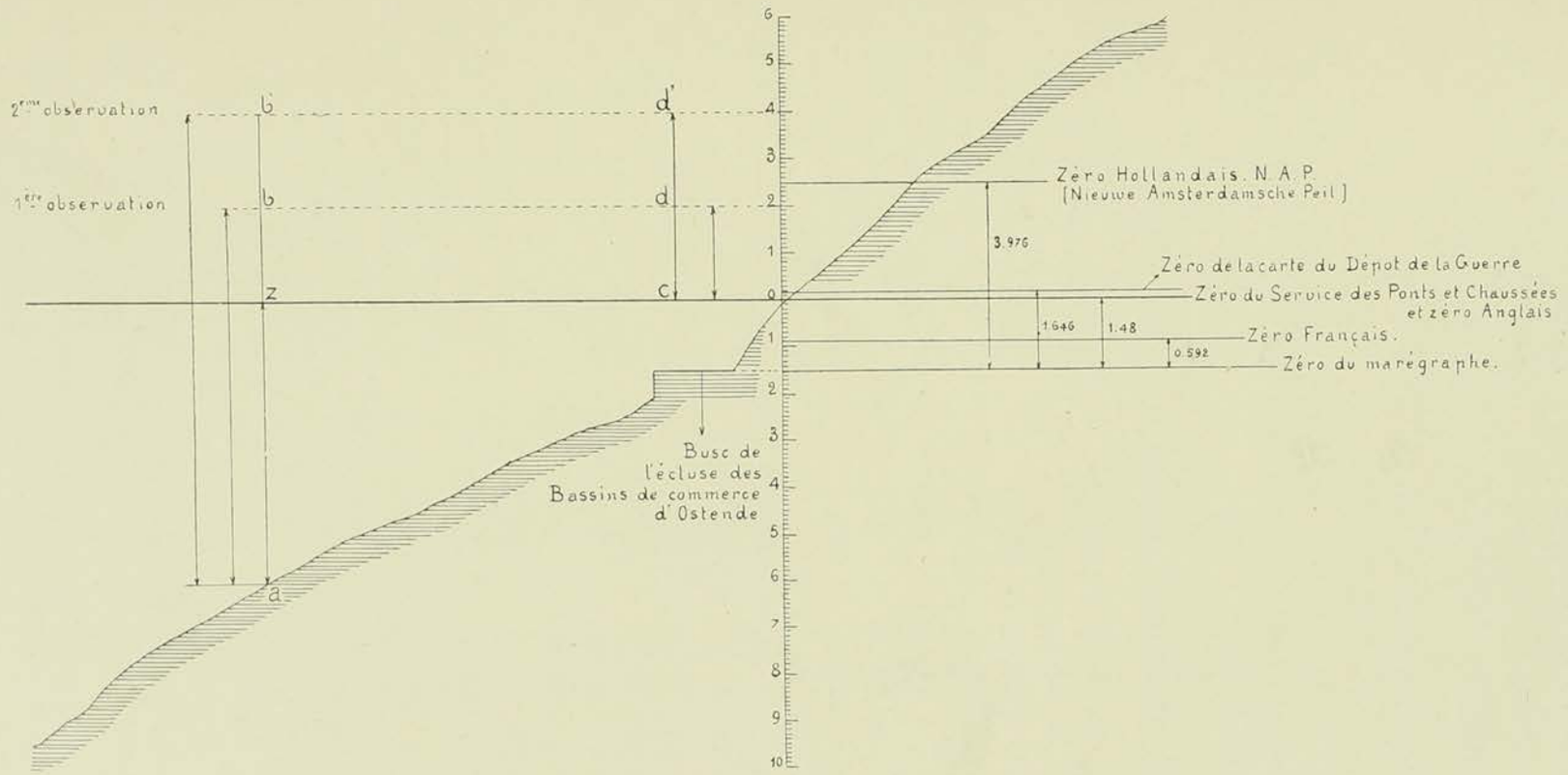


FIG. 1. — SCHÉMA FIXANT LE NIVEAU RELATIF DES DIVERS ZÉROS EN USAGE ET MONTRANT COMMENT ON DÉTERMINE LA COTE D'UN POINT DU FOND DE LA MER ET L'ÉPAISSEUR MOYENNE DE LA COUCHE D'EAU QUI DOIT COUVRIR CE POINT A MER BASSE DE VIVES EAUX ORDINAIRES.

Z a est une ligne verticale mesurant la différence de niveau qui sépare le fond de la mer, au point *a*, du plan conventionnel appelé zéro du nivellement ;

b a profondeur sondée lors d'une première observation ;

b' a profondeur sondée lors d'une deuxième observation ;

b d niveau de la mer lors de la première observation ;

b' d' niveau de la mer lors de la deuxième observation ;

d c hauteur de l'eau indiquée par le marégraphe au-dessus de zéro à l'instant de la première observation ;

d' c même donnée à l'instant de la deuxième observation.

Si bd et $b'd'$ sont des lignes droites et horizontales, on aura :

$$Za = (ba - dc) = (b'a - d'c).$$

Za doit avoir la même valeur à tous les instants de la marée.

Or, contrairement à notre attente, si nous faisons ce calcul pour chacun de nos 26 sondages horaires, nous n'obtenons pas toujours la même valeur. La variation s'étend de $5^m,48$ à $6^m,78$, soit un écart de $1^m,30$.

Voici les calculs correspondants aux vingt-six observations horaires :

HEURES	PROFONDEUR SONDÉE	PROFONDEUR MARÉGRAPHIQUE DIMINUÉE DE 1m,48 (1)	PROFONDEUR RÉDUITE
		7 SEPTEMBRE 1906	
13	8m,00	3m,90 — 1m,48 = 2m,42	5m,58
14	9m,50	5m,30 — 1m,48 = 3m,82	5m,68
15	10m,00	5m,40 — 1m,48 = 3m,92	6m,08
16	9m,50	4m,90 — 1m,48 = 3m,42	6m,08
17	9m,25	4m,25 — 1m,48 = 2m,77	6m,48
18	8m,50	3m,20 — 1m,48 = 1m,72	6m,78
19	7m,25	2m,40 — 1m,48 = 0m,92	6m,33
20	6m,50	1m,60 — 1m,48 = 0m,12	6m,38
21	6m,00	1m,00 — 1m,48 = —0m,48	6m,48
22	5m,50	1m,05 — 1m,48 = —0m,43	5m,93
23	6m,00	1m,60 — 1m,48 = 0m,12	5m,88
24	6m,50	2m,20 — 1m,48 = 0m,72	5m,78
		8 SEPTEMBRE 1906	
1	7m,50	3m,50 — 1m,48 = 2m,02	5m,48
2	9m,00	5m,00 — 1m,48 = 3m,52	5m,48
3	10m,00	5m,30 — 1m,48 = 3m,82	6m,18
4	10m,00	5m,15 — 1m,48 = 3m,67	6m,33
5	9m,50	4m,50 — 1m,48 = 3m,02	6m,48
6	8m,50	3m,70 — 1m,48 = 2m,22	6m,28
7	7m,00	2m,70 — 1m,48 = 1m,22	5m,78
8	6m,25	2m,00 — 1m,48 = 0m,52	5m,73
9	6m,00	1m,40 — 1m,48 = —0m,08	6m,08
10	6m,25	1m,40 — 1m,48 = —0m,08	6m,33
11	6m,50	1m,90 — 1m,48 = 0m,42	6m,08
12	7m,00	2m,45 — 1m,48 = 0m,97	6m,03
13	8m,00	3m,30 — 1m,48 = 1m,82	6m,18
14	9m,00	4m,75 — 1m,48 = 3m,27	5m,73

(1) Le marégraphe n'indique pas le niveau de la marée au-dessus de zéro du nivellement, mais au-dessus du busc de l'écluse du bassin de commerce d'Ostende qui est situé à 1m,48 plus bas. (Voir la figure).

Nous avons porté, dans le diagramme I, la série des valeurs obtenues, au-dessus de la même ligne de base que pour les profondeurs sondées. On remarquera que leurs variations présentent une certaine régularité. Le tracé se relève et s'abaisse alternativement.

La cause de ces variation n'est pas facile à déterminer rigoureusement.

On peut admettre que la marche du marégraphe d'Ostende est régulière. D'autre part les sondages ont été faits avec soin par un personnel ayant une grande pratique de cette opération et le calme de la mer était une circonstance favorable à la bonne exécution de ce travail.

On est donc conduit naturellement à se demander si les différences constatées ne sont pas dues aux déplacements subis alternativement par le navire autour de son ancre sous l'action du flot puis du jusant, la profondeur pouvant n'être pas la même aux deux points successivement occupés.

Mais, en consultant les diagrammes et les tableaux, on constate précisément que la profondeur réduite au zéro est exactement la même, le 7 septembre, en position de flot, à 15 h. et en position de jusant à 22 h.

Cela peut s'expliquer, si le fond de la mer, au voisinage du point de mouillage, est horizontal, ou bien aussi s'il est incliné vers le large en formant un talus régulier, parallèle à la direction du flot et du jusant directement opposés, du 7 septembre (voir le diagramme II).

Mais, dans le dernier cas, deux sondages pris pendant la période où les deux courants marchaient (en des sens opposés) sur une ligne coupant la direction de la côte, devraient accuser une différence notable des profondeurs réduites. Car, le navire devrait être plus près de la côte dans l'une de ces positions et plus loin dans l'autre.

Or, si nous choisissons dans le diagramme I les deux points de sondage correspondant aux courants les plus directement opposés et transversaux par rapport à la côte, soit celui du 7 à 19 h. et celui du 8 à 13 h., nous constatons, au contraire, une différence insignifiante dans la profondeur réduite : 15 centimètres.

L'écart ne paraît être en rapport ni avec la vitesse ni avec la direction du courant.

Sans doute, il faut tenir compte des détours que le navire a pu décrire en évitant sur une chaîne assez lourde sous l'action, parfois très faible, des courants de la période giratoire, et de l'existence possible de dépressions localisées au fond de la mer.

Mais les remarques formulées plus haut au sujet des sondages du 7, à 15 h., et à 22 h., ainsi que de ceux du 7, à 19 h., et du 8, à 13 h., nous font soupçonner qu'une autre cause d'erreur a pu intervenir, et nous sommes tenté de nous demander si les variations observées ne sont pas dues à des déformations de la surface de la nappe liquide, à des soulèvements et des abaissements de cette surface qui ne se seraient pas fait sentir avec la même intensité au même instant aux deux points que l'on compare en faisant le calcul de la réduction : la station marégraphique et notre station de mouillage.

Rappelons que la réduction d'une profondeur sondée en mer, au niveau de la mer basse

moyenne, d'après un tracé marégraphique enregistré sur la côte même, n'est pas une méthode d'une précision absolue.

Elle suppose que la surface entre le point sondé et la station marégraphiques *est horizontale* comme si l'eau était immobile et en état d'équilibre statique.

Or, cette eau est, au contraire, animée d'un mouvement de translation dont la direction et la vitesse sont très variables, mais qui est ininterrompu, sur nos côtes, bien qu'à peine sensible au moment de l'étale de courant.

De ce fait, sa surface est exposée à subir des dénivellations résultant de causes diverses telles que la rencontre de masses liquides cheminant en des sens différents et aussi la butée de la mer contre les rivages.

Il est donc possible qu'en retranchant d'un sondage fait en mer, la hauteur indiquée au même instant par le marégraphe au-dessus de la côte zéro, on évalue erronément l'épaisseur de la couche d'eau qui doit couvrir le fond à mer basse moyenne, par une mer calme et immobile, ainsi que le niveau du fond en dessous de ce zéro conventionnel.

Ces remarques ont pour but d'indiquer une voie dans laquelle des investigations locales semblent désirables : l'étude des déformations périodiques de la surface de la mer au voisinage des côtes, en vue de déterminer la grandeur de l'erreur que peuvent introduire dans le calcul de la profondeur certaines dénivellations d'un caractère ondulatoire.

L'établissement de balises fixes, temporaires, en des points de faible profondeur, serait une méthode à tenter pour l'étude de ce phénomène.

Nous nous proposons, dans une expérience ultérieure, d'affourcher le navire sur quatre ancres, pour l'empêcher d'éviter, et pour éliminer ainsi une cause d'incertitude dans l'étude d'un point sur lequel notre attention n'a été attirée qu'à la suite de l'analyse des données observées, mais qui pourrait être de la plus haute importance pour la confection des cartes marines et pour la navigation.

Profondeur moyenne.

Si l'on prend la moyenne de toutes les profondeurs réduites, on obtient $6^{m}.10$.

La ligne horizontale de 6 mètres, dans le diagramme I est donc une expression très approximative de la profondeur réduite au zéro du nivellement, à notre station d'observation.

II. — Variations de la profondeur sondée.

Le tracé, dans le diagramme I, n'indique naturellement que les variations horaires de l'épaisseur de la couche d'eau pendant la durée de l'expérience. Pour une étude serrée et spéciale des marées, on désirerait un plus grand nombre de sondages. Mais rappelons qu'en entreprenant ces investigations au point de vue de la biologie, nous ne pensions

pas qu'elles pouvaient prendre autant d'intérêt à celui de l'hydrographie et nous avons hésité à installer à bord un service de sondage continu, de crainte de surmener l'équipage à l'excès en compliquant encore le travail à exécuter à chaque heure.

L'emploi d'un marégraphe enregistreur serait bien préférable à la méthode des coups de sonde successifs, quelque nombreux et rapprochés que soient ceux-ci.

Le marégraphe manométrique différentiel du capitaine Mensing [1] rendrait de grands services dans les recherches de ce genre.

A. Différence de profondeur aux divers instants critiques de marée.

L'écart entre la première mer haute de 15 h. et la mer basse suivante de 22 h. est de $4^{m},50$.

Entre cette première mer basse de 22 h. et la mer haute suivante de 3 h. l'écart est également de $4^{m},50$. C'est l'amplitude de cette marée.

Les deux mers hautes observées ont donc atteint la même hauteur.

Au contraire l'écart entre la deuxième mer haute et la mer basse suivante de 9 h. n'a été que de 4 mètres.

La mer est moins descendue le 8 à 9 h. que le 7 à 22 h.

Ceci n'a rien d'étonnant car, le jour des vives eaux étant le 3, les marées étaient en décroissance.

On eût donc pu s'attendre à voir la mer haute suivante, celle du 8 septembre à 15 h. qui a suivi la clôture de l'expérience, atteindre aussi une hauteur moins grande. Mais le tracé marégraphique d'Ostende dans la partie qui est postérieure à la fin de l'expérience montre, au contraire que cette marée du 8 à 15 h. a été légèrement plus forte que la précédente. Diagramme III. Ceci paraît attester l'existence d'une perturbation que d'autres indices révèlent, ainsi que nous le verrons plus loin.

Toutefois une perturbation bien plus forte, un saut brusque d'un mètre au-dessus du niveau des eaux déjà décroissantes, s'était produite le jour qui précède le début de l'expérience, le 6 septembre à 14 h.

B. Instant précis de l'étale.

Il est mieux indiqué par le tracé continu du marégraphe que par le tracé interrompu des sondages horaires. Il se place :

Le 7 septembre	à 14,30 h.	au lieu de	15 h.	(1re mer haute).
Le 7 »	à 21,30 h.	»	22 h.	(1re mer basse).
Le 8 »	à 9,30 h.	»	9 h.	(2me mer haute).

---

[1] A. Mensing, *Der Hochseepegel, und die Erforschung der Ebbe und Flut auf hohem Meere*, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1903, November.

La durée de l'étale elle-même est insuffisamment indiquée par des observations horaires. Ainsi le tracé des sondages présente, dans le diagramme I, le 8 septembre, entre 3 et 4 heures, un plateau horizontal qui semble indiquer un moment d'arrêt complet du mouvement vertical. Le tracé marégraphique au contraire, surtout avant sa réduction à notre échelle, montre que le mouvement de descente succède sans arrêt à l'instant du maximum de hauteur.

Mais, en fait, les variations de niveau qui ont pu se produire entre les deux sondages horaires les plus voisins de l'étale vraie, sont très faibles. Le tracé marégraphique montre qu'elles n'ont pu dépasser 25 cm.

C. Durée des quatre phases de marée étudiées.

Cette durée n'a pas été égale :

1re marée descendante : de 15 h. à 22 h. = 7 h.
1re marée montante : de 22 h. à 3 h. = 5 h.
2e marée descendante : de 3 h. à 9 h. = 6 h.
2e marée montante : de 9 h. à 15 h. (marégraphe) = 6 h.

On voit que la première marée descendante a été très longue. Elle dépasse de deux heures la marée montante qui la suit et d'une heure la 2e marée descendante et la 2e marée montante.

La 1re marée montante a été très courte : elle a duré une heure de moins que la marée descendante qui la suit et aussi que la 2e marée montante.

Si nous consultons le tracé marégraphique d'Ostende, nous constatons que la première marée descendante y est indiquée comme débutant une demi-heure avant l'étale de flot de notre série de sondages et comme finissant une demi-heure avant l'étale de jusant. La longue durée de la descente est donc égale à celle que nous indiquent nos sondages horaires, mais elle est un peu en avance.

La première marée montante est plus longue d'une demi-heure environ que celle de notre tracé.

La deuxième descendante est égale à la nôtre. La deuxième montante se termine une heure plus tard que la clôture de l'expérience.

Ainsi d'après nos sondages comme d'après le tracé marégraphique, la marée montante dure moins longtemps que la marée descendante, sauf la deuxième du 8, qui a été égale à la marée descendante précédente. Mais rappelons que le dernier jusant, qui a amené cette marée haute subséquente à l'expérience, présente des allures anormales.

La série des diagrammes marégraphiques d'Ostende, nous montre aussi que la marée descendante dure, en général, plus longtemps que la marée montante. D'ordinaire la durée de cette phase est de plus de six heures.

La marée descendante du 7 septembre, est donc fort longue, de 14,30 h. à 21,30 h. (marégraphe), mais la collection des tracés marégraphiques nous en révèle de plus longues encore. Celle du 4 septembre, de 12,30 h. à 20 h., par exemple, eut une durée de 7,30 h.

§ VI. — Variations des courants.

Diagramme I. Tracé rouge, flèches.
Diagramme II.

La direction du courant, n'est pas toujours indiquée par le cap d'un navire à l'ancre. C'est élémentaire. Bien souvent le navire prend une direction moyenne résultant de l'action combinée du courant sur la partie immergée et du vent sur la partie émergeante. C'est pourquoi, dans l'expérience, la direction des courants de marée a été notée d'après celle que prenait une longue corde mince rattachant à l'arrière du navire un flotteur émergeant le moins possible.

La direction est indiquée dans le diagramme I par celle des flèches rouges. Le point de contact de ces flèches avec le tracé des profondeurs y est considéré comme le centre d'une rose des vents, la ligne verticale qui passe par ce point étant prise pour la direction Nord-Sud magnétique.

Dans le diagramme I la direction est indiquée par les rayons de la rose des vents.

Pour nous conformer à l'usage adopté par l'Exploration internationale de la Mer, nous indiquons la direction d'un courant, comme on indique celle du vent : par son origine, bien que l'habitude des navigateurs soit au contraire de désigner un courant par la direction *vers laquelle* il se dirige, ainsi qu'il convient de le faire pour la facilité des calculs de la correction des routes.

La vitesse a été enregistrée à chaque heure à l'aide d'un appareil à hélice d'Eckman, donnant la vitesse en centimètres par seconde d'après la formule :

$$V = 1.2 + 0.400\,n$$

n est le nombre de tours d'hélice décrits en une minute.

Nous n'avons pas tenu compte des résultats fournis par l'appareil d'Eckman pour la direction, parce que nons avons constaté que les mouvements du navire faisaient osciller trop fortement l'appareil lui-même surtout durant la période de moindre vitesse du courant.

Dans le diagramme I la vitesse est indiquée par la longueur des flèches à l'échelle de 1 cent. pour 10 centimètres par seconde.

Dans le diagramme II, on a pris sur les rayons de la rose des vents des longueurs proportionnelles à la vitesse. L'échelle adoptée est de 2 cm. pour 10 centimètres par seconde.

Nous nous bornerons à faire l'analyse des diagrammes en mettant en tableaux les données qui y sont consignées et en y ajoutant quelques remarques.

Nous reconnaissons que cet exposé analytique est d'une grande aridité. Il n'est point fait pour le plaisir du lecteur. Celui-ci ne trouvera dans ces pages qu'une réunion de documents, utile surtout à celui qui cherchera, comme nous essayons de le faire nous-même, à préciser les conditions de toutes les variations physiques subies par le milieu qu'habitent les êtres dont nous étudions la biologie.

ANALYSE DES DIAGRAMMES I ET II

DURÉE, DIRECTION ET VITESSE

I. — Courants réguliers.

Premier Flot régulier.

Observé de 14 à 16 heures, le 7 septembre.
Direction constante : du WSW au NNE.

La direction attribuée par le Commandant Petit au flot régulier du West-Hinder est WSW 1/4 Sud ; soit un écart de 1/4 de point plus près du Sud.

Positions relatives des instants critiques.

MARÉE MONTANTE	HEURE	HAUTEUR DE LA MARÉE	VITESSE DU COURANT
Instant critique initial de direction.	13 h.	8m,00	Pas mesurée
Instant critique supérieur de vitesse	15 h.	10m,00	63,2 cm. par sec.
Instant critique de haute mer	15 h.	10m,00	63,2 cm. par sec.
Instant critique final de direction	16 h.	9m,50	55,2 cm. par sec.

Il y a coïncidence des instants critiques de haute mer et supérieur de vitesse.

La direction constante WSW s'est manifestée dès 13 h. soit 2 heures avant que le courant ait atteint son maximum de vitesse et alors que la marée devait encore monter de 2 mètres avant d'atteindre son niveau le plus élevé.

Le courant n'a conservé cette direction constante que 1 heure après avoir atteint son maximum de vitesse et après la mer haute. Il a commencé à s'en écarter alors que la marée avait déjà baissé de 50 cm.

Durée minimum : 3 heures.

Vitesse. On n'a pu la mesurer à 13 heures. Elle a varié en croissant d'abord très rapidement. Pendant la première heure qui a suivi la première observation faite à 14 h. elle a augmenté de 20.2 cm. par seconde. Puis elle a diminué, pendant une heure de 8 cm. par seconde.

Deuxième Flot régulier.

Observé de 2 à 4 heures le 8 septembre.
Direction constante : du WQSW à l'EQNE.

Cette direction fait avec celle du premier flot régulier un angle de 11°15', vers l'Ouest.

Positions relatives des instants critiques.

	HEURE	HAUTEUR DE LA MARÉE	VITESSE DU COURANT	
Instant critique initial de direction .	2 h.	9 m.	40,2 cm. par sec.	Marée montante
Instant critique supérieur de vitesse .	2 h.	9 m.	40,2 cm. par sec.	
Instant critique de haute mer . . .	Entre 3 et 4 h.	10 m.	35,2 cm. par sec.	Mer haute
Instant critique final de direction . .	4 h.	10 m.	35,2 cm. par sec.	Marée descend.

Il n'y a pas coïncidence de l'instant critique de haute mer avec l'instant critique supérieur de vitesse. Il n'y a eu haute mer qu'entre 3 et 4 heures alors que la vitesse avait déjà diminué de 5 cm. par seconde, sans toutefois que la direction ait cessé d'être constante.

Au contraire, il y a coïncidence entre l'instant critique initial de direction et l'instant

critique supérieur de vitesse. C'est-à-dire que la direction n'est devenue constante qu'à l'instant du maximum de vitesse.

Durée minimum : 2 heures. Soit une durée égale à celle du jusant régulier qui précède et une heure de moins que le premier flot régulier.

Vitesse. Elle a varié en diminuant :

de 2 cm. par seconde pendant la première heure ;
de 3 cm. par seconde pendant la deuxième heure.

Soit une diminution de 5 cm. par seconde pour toute la durée du flot régulier.

Premier Jusant régulier.

Observé de 21 à 23 heures, le 7 septembre.
Direction constante : de l'ENE au SSW.

Cette direction est exactement contraire à celle du premier flot régulier qui précède.

Positions relatives des instants critiques.

	HEURE	HAUTEUR DE LA MARÉE	VITESSE DU COURANT	
Instant critique initial de direction .	21 h.	$6^m,00$	41,2 cm. par sec.	Marée descend.
Instant critique supérieur de vitesse.	22 h.	$5^m,50$	46,2 cm. par sec.	Mer basse
Instant critique de basse mer . . .	22 h.	$5^m,50$	46,2 cm. par sec.	
Instant critique final de direction. .	23 h.	$6^m,00$	40,2 cm. par sec.	Marée montante

Il y a coïncidence entre l'instant critique de basse mer et l'instant critique supérieur de vitesse.

La direction est devenue constante une heure avant la mer haute, quand la vitesse n'était que de 41,2 cm. par seconde. Elle a cessé de l'être une heure après la mer haute, alors que la vitesse avait déjà décru.

Durée minimum : 1 heure. Soit une heure de moins que le flot régulier précédent.

Vitesse. Elle a varié en croissant un peu, de 5 cm. par seconde pendant la première heure, puis en décroissant de 6 cm. par seconde pendant la deuxième.

DEUXIÈME JUSANT RÉGULIER.

Observé de 9 à 10 heures, le 8 septembre.
Direction constante : du NEQE au SWQW.

Cette direction fait avec la direction, en sens contraire, du flot régulier qui précède, un angle de 22°30′ vers le Nord, et avec celle du premier jusant un angle de 11°15′.

Positions relatives des instants critiques.

	HEURE	HAUTEUR DE LA MARÉE	VITESSE DU COURANT	
Instant critique initial de direction .	9 h.	6m,00	53,2 cm. par sec.	Mer basse
Instant critique supérieur de vitesse .	9 h.	6m,00	53,2 cm. par sec.	
Instant critique de basse mer . . .	9 h.	6m,00	53,2 cm. par sec.	
Instant critique final de direction. .	10 h.	6m,25	49,2 cm. par sec.	Mer montante

Il y a coïncidence des instants critiques de basse mer, supérieur de vitesse et initial de direction.

L'instant critique final de direction tombe une heure plus tard, à 10 heures.

Durée minimum : 1 heure. Soit une heure de moins que le flot régulier qui précède.

Vitesse. Elle a varié en s'abaissant de 53,2 cm. par seconde à 49,2 cm. par seconde, soit une diminution de 4 centimètres par seconde.

Ce jusant est remarquable à la fois par sa vitesse, qui l'emporte de beaucoup sur celle du jusant précédent, et par sa brièveté : sa direction n'est restée constante que pendant une heure.

II. — Passages Giratoires.

Rappelons que nous désignons sous le nom de mouvement giratoire, ou simplement giratoire, *de flot-jusant*, la période à courant de direction variable, qui suit le flot régulier, et giratoire *de jusant-flot* celle qui suit le jusant régulier.

Les mouvements giratoires occupent toute la partie de la marée qui reste en dehors des périodes à direction constante.

Entendus comme nous les avons définis, ils l'emportent en durée sur les courants réguliers.

Leur vitesse et leur direction sont essentiellement variables.

Premier Giratoire de Flot-Jusant.

8 septembre : de 16 à 21 heures. Durée : 5 heures.

Variations observées de la direction de la vitesse et de la profondeur.

Tableau de la période complète des variations de vitesse.

HEURE	DIRECTION	VITESSE	HAUTEUR DE LA MARÉE			
15 h.	WSW	63,2 cm. p. s.	$10^m,00$	Instant critique supérieur de vitesse du flot. . . Instant critique de haute mer.	. . . . .	Mer haute.
16 h.	WSW	55,2 cm. p. s.	$9^m,50$	Instant critique final de direction	Vitesse décroissante du flot.	
17 h.	WSW $^1/_2$ W	47,2 cm. p. s.	$9^m,25$	. . . . .		
18 h.	SWQW	23,2 cm. p. s.	$8^m,50$	. . . . .	. . . . .	
18,30 h.	SW	—	—	. . . . .	. . . .	Mer descendante.
18,45 h.	SSW	—	—	. . . . .	. . . . .	
19 h.	S	7,2 cm. p. s.	$7^m,25$	Instant critique inférieur de vitesse ou étale de flot.	Vitesse croissante du jusant.	
20 h.	E	27,2 cm. p. s.	$6^m,50$	. . . . .		
21 h.	ENE	41,2 cm. p. s.	$6^m,00$	. . . . .	. . . . .	
22 h.	ENE	46,2 cm. p. s.	$5^m,50$	Instant critique de basse mer. . . . . Instant critique supérieur de vitesse du jusant. .	. . . . .	Mer basse.

Direction.

La variation est d'abord assez lente, pendant les deux premières heures.

1re heure, du WSW	au WSW 1/2 W,	soit 5°37'30"	= 1/2 point
2e » du WSW 1/2 W	au SWQW,	soit 5°37'30"	= 1/2 »

Elle devient très rapide pendant les deux heures suivantes :

3e heure, du SWQW	au S,	soit 56°15'	= 5 points
4e » du S	à l'E,	soit 5°37'30"	= 1/2 point

Elle ralentit pendant la dernière heure :

5e heure, de l'E	à l'ENE,	soit 22°30'	= 2 points,

tout en restant quatre fois plus rapide que la variation des deux premières heures.

Vitesse.

Sa variation est d'abord un ralentissement qui est assez faible pendant la première heure et plus fort pendant la deuxième.

1re heure, de 55,2 cm. par seconde	à 47,2 cm. par seconde,	soit 8 cm. par seconde	
2e » de 47,2 cm. »	à 23,2 cm. »	soit 24 cm. »	

Pendant la 3e heure ce ralentissement est moins caractérisé :

3e heure, de 47,2 cm. par seconde, à 7,2 cm. par seconde soit 14 cm. par seconde.

Puis la variation devient une accélération. Elle est très forte pendant la 4e heure.

4e heure, de 7,2 cm. par seconde, à 27,2 cm. par seconde, soit 20 cm. par seconde.

Pendant la 5e heure elle continue à croître mais moins rapidement.

5e heure, de 27,2 cm. par seconde, à 41,2 cm. par seconde, soit 14 cm. par seconde.

PÉRIODE COMPLÈTE DES VARIATIONS DE VITESSE

Si l'on considère non pas le giratoire seul mais toute la période qui sépare les deux instants critiques supérieurs de vitesse consécutifs, on constate que cette période a duré 7 heures et qu'elle se divise en deux parties inégales.

La première partie comprend la dernière heure du flot régulier et les trois premières heures du giratoire de flot jusant, soit 4 heures. Débutant à l'instant critique supérieur de vitesse du flot, elle se termine à l'instant critique inférieur de vitesse du même courant. C'est la *partie décroissante* du courant de flot.

La seconde comprend les deux dernières heures du giratoire de flot-jusant plus la

première heure du jusant régulier, soit 3 heures. Débutant à l'instant critique inférieur de vitesse du flot, elle se termine à l'instant critique supérieur de vitesse du jusant.

C'est la *partie croissante* du courant de jusant.

La décroissance du flot a donc duré une heure de plus que la croissance du jusant.

Le tracé graphique des vitesses, occupant la partie du diagramme I qui indique la salinité de fond, présente clairement à l'œil l'allure des variations de vitesse pendant toute la durée des courants de jusant et de flot.

Deuxième Giratoire de Flot-Jusant.

8 septembre, de 4 à 9 heures. Durée : 5 heures.

Variations observées, de direction, de vitesse et de profondeur.

Tableau de la période complète des variations de vitesse.

	HEURE	DIRECTION	VITESSE	HAUTEUR DE LA MARÉE			
Giratoire de flot-jusant	2 h.	WQSW	40,2 cm. p. s.	9m,00	Instant critique initial de direction	. . . .	Marée montante.
					Instant critique supérieur de vitesse du flot . . .	. . . .	
	3 h.	WQSW	38,2 cm. p. s.	10m,00	. . . . .	. . . .	
	3,30 h.	—	—	—	Instant critique de haute mer	Vitesse décroissante du flot.	Mer haute.
	4 h.	WQSW	35,2 cm. p. s.	10m,00	Instant critique final de direction	. . . .	
	5 h.	WSW	23,2 cm. p. s.	8m,50	. . . . .	. . . .	
	7 h.	SWQS	7,2 cm. p. s.	7m,00	Instant critique inférieur de vitesse	. . . .	Marée descendante.
					Étale de flot	. . . .	
	8 h.	EQNE	45,2 cm. p. s.	6m,25	. . . . .	Vitesse croissante du jusant.	
	9 h.	NEQE	53,2 cm. p. s.	6m,00	Instant critique de basse mer		
					Instant critique supérieur de vitesse du jusant . .	. . . .	
					Instant critique initial de direction du jusant . .	. . . .	

Direction.

La variation est assez lente pendant les deux premières heures.

1re heure, du WQSW au WSW, soit 11°15′ = 1 point.
2e heure, du WSW au SWQW, soit 11°15′ = 1 point.

Elle est plus rapide pendant la 3e heure.

3e heure, du SWQW au SWQS, soit 22°30′ = 2 points.

Elle est extrêmement rapide pendant la 4e heure.

4e heure, du SWQS à l'EQNE, soit 135° = 12 points.

Elle redevient moyenne pendant la 5e heure.

5e heure, de l'EQNE au NEQE, soit 22°30′ = 2 points.

Vitesse.

Pendant la 1re heure de giration, elle se ralentit assez rapidement, puis très faiblement pendant la 2e heure.

1re heure, de 35,2 cm. par seconde à 23,2 cm. par seconde, soit 12 cm. par seconde.
2e heure, de 23,2 cm. par seconde à 21,2 cm. par seconde, soit 2 cm. par seconde.

Puis sa baisse devient très marquée pendant la 3e heure.

3e heure, de 21,2 cm. par seconde à 7,2 cm. par seconde, soit 14 cm. par seconde.

Sa variation devient une très forte accélération pendant la 4e heure.

4e heure, de 7,2 cm. par seconde à 45,2 cm. par seconde, soit 38 cm. par seconde.

Cette accélération devient beaucoup plus faible pendant la 5e heure.

5e heure, de 45,2 cm. par seconde à 53,2 cm. par seconde, soit 8 cm. par seconde.

Voir le tracé des variations de vitesse dans le diagramme I.

PÉRIODE COMPLÈTE DES VARIATIONS DE VITESSE

Sa durée est de 7 heures comme celle qui comprend le premier giratoire de flot-jusant.

Mais sa première partie, décroissance du flot, est plus longue : elle dure 5 heures, au lieu de 4, et comprend 2 heures de flot régulier et 3 heures de giration.

Sa deuxième partie, croissance du jusant, comprend deux heures dont la première est remarquable par la forte accélération qu'y reçoit l'avant-jusant.

La décroissance du flot a duré 2 heures de plus que la croissance du jusant.

Premier Giratoire de Jusant-Flot.

Du 7 septembre, à 23 h., au 8 septembre, à 2 h. Durée : 3 heures.

Variations observées de direction, de vitesse et de profondeur.

Tableau de la période complète des variations de vitesse.

	HEURE	DIRECTION	VITESSE	HAUTEUR DE LA MARÉE			
				7 SEPTEMBRE			
Giratoire de jusant-flot.	22 h.	ENE	46,2 cm. p. s.	5m,50	Instant critique supérieur de vitesse du jusant. . Instant critique de mer basse	. . . .	Mer basse.
	23 h.	ENE	40,2 cm. p. s.	6m,00	Instant critique final de direction du jusant . .	Vitesse décroissante du jusant.	
	24 h.	NEQE	16,2 cm. p. s.	6m,50	. . . . .	. . . .	
				8 SEPTEMBRE			
	1 h.	WNW	11,2 cm. p. s.	7m,50	Instant critique inférieur de vitesse du jusant. .	Vitesse croissante du flot.	Marée montante.
	2 h.	WQSW	40,2 cm. p. s.	9m,00	Instant critique supérieur de vitesse du flot . . Instant critique initial de direction du flot. . .	. . . .	
	3 h.	WQSW	38,2 cm. p. s.	10m,00	. . . . .	. . . .	

Direction.

Variation lente pendant la 1re heure :

1re heure, de l'ENE au NEQE, soit 11°15′ = 1 point.

Elle devient très rapide pendant la 2e heure.

2e heure, de NEQE au WNW, soit 123°45′ = 11 points.

La giration est moins rapide durant la 3e heure.

3e heure, de WNW à WQSW, soit 33°45′ = 3 points.

Vitesse.

Elle *baisse* fortement pendant la 1re heure de giration :

1re heure, de 40,2 cm. par seconde à 16,2 cm. par seconde, soit 24 cm. par seconde.

Puis elle *diminue* encore faiblement pendant la 2e heure.

2e heure, de 16,2 cm. par seconde à 11,2 cm. par seconde, soit 5 cm. par seconde.

Pendant la dernière heure elle s'accélère rapidement.

3e heure, de 11,2 cm. par seconde à 40,2 cm. par seconde, soit 29 cm. par seconde.

Voir le tracé des vitesses dans le diagramme I.

PÉRIODE COMPLÈTE DES VARIATIONS DE VITESSE

Elle est très courte : 4 heures en tout.

Sa première partie, décroissance du jusant, comprend près de 3 heures, dont une appartient au jusant régulier.

La deuxième partie, croissance du flot, ne dure qu'une heure.

La décroissance du jusant à donc duré trois fois autant que la croissance du flot suivant.

Voir le tracé des vitesses dans le diagramme I.

DEUXIÈME GIRATOIRE DE JUSANT-FLOT (partiel).

8 septembre, de 10 à 14 heures. Durée : 4 heures.

Variations observées, de direction, de vitesse et de profondeur.

Tableau partiel de la période des variations de vitesse.

	HEURE	DIRECTION	VITESSE	HAUTEUR DE LA MARÉE			
Giratoire de jusant-flot.	9 h.	NEQE	53,2 cm. p. s.	6m,00	Instant critique initial de direction du jusant . . Instant critique supérieur de vitesse du jusant. . Instant critique de basse mer.	Vitesse décroissante du jusant.	Mer basse.
	10 h.	NEQE	49,2 cm. p. s.	6m,25	Instant critique final de direction du jusant . .	Accélération subite mais passagère du jusant.	
	11 h.	NE 1/2 E	53,2 cm. p. s.	6m,50	. . . . .	. . . .	
	12 h.	NEQN	41,2 cm. p. s.	7m,00	. . . . .	Vitesse décroissante du jusant.	Marée montante.
	13 h.	N	25,2 cm. p. s.	8m,00	Instant critique inférieur de vitesse du flot . .	. . . .	
	14 h.	W	29,2 cm. p. s.	9m,00	. . . . .	Vitesse croissante du flot.	

Direction.

Il y à d'abord une variation lente, pendant la première heure, la direction ne change que d'un demi-point vers le Nord.

1re heure, du NEQE au NE 1/2 E, soit 5°37′30″ = 1/2 point.

Pendant les trois heures suivantes la giration devient de plus en plus rapide.

2e heure, du NE 1/2E au NEQN, soit 16°52′30″ = 1 1/2 point.
3e heure, du NEQN au N, soit 33°45′ = 3 points.
4e heure, du N au W, soit 90° = 8 points.

Vitesse.

Après avoir *décru* de 4 cm. par seconde le jusant présente subitement, en changeant de direction une *recrudescence de vitesse très étrange,* égale à la baisse qu'elle venait de subir.

1re heure, de 49,2 cm. par seconde à 53,2 cm. par seconde, soit 4 cm. par seconde.

Après cela elle *décroît* assez vite jusqu'au flot :

2e heure, de 53,2 cm. par seconde à 41,2 cm. par seconde, soit 12 cm. par seconde.
3e heure, de 41,2 cm. par seconde à 25,2 cm. par seconde, soit 16 cm. par seconde.

Pendant la quatrième heure elle *s'accroît* un peu.

4e heure, de 25,2 cm. par seconde à 29,2 cm. par seconde, soit 4 cm. par seconde.

Ce giratoire est remarquable par la *grande* vitesse de son courant de jusant.

REMARQUES

1. Nous avons tenté d'évaluer approximativement à l'aide des diagrammes et des tableaux qui précèdent le déplacement de la masse d'eau des deux courants de marée, en admettant hypothétiquement qu'une molécule prise au début du premier flot observé, au lieu de l'expérience, aurait marché vers la partie Nord-Est, puis en serait revenue par le jusant suivant, et que sa vitesse de translation horizontale aurait, pendant ce voyage, subi les mêmes modifications que celles qui ont été notées dans la vitesse des masses d'eau continuant à passer près du navire à l'ancre.

Nous avons pris comme vitesse durant chaque heure, la moyenne entre les deux observations horaires voisines, en négligeant tout ce qui est inférieur à 15 centimètres par seconde.

Le but de cette recherche est d'établir l'égalité ou l'inégalité du volume d'eau déplacé pendant ces deux phases.

Voici ces calculs :

7 SEPTEMBRE

Premier Flot

Vitesse moyenne	Distance parcourue
De 14 h. à 15 h., 52,6 cm. par seconde	1,8936 kilomètres.
De 15 h. à 16 h., 59,2 cm. par seconde	2,1312 »
De 16 h. à 17 h., 51,2 cm. par seconde	1,8432 »
De 17 h. à 18 h., 35,2 cm. par seconde	1,2672 »
Distance totale parcourue . . .	7,1352 kilomètres.

N. B. La distance totale est supérieure à ce chiffre puisque le flot était déjà commencé avant le début de l'expérience.

Premier Jusant

Vitesse moyenne	Distance parcourue
De 20 h. à 21 h., 34,2 cm. par seconde	1,2312 kilomètres.
De 21 h. à 22 h., 43,7 cm. par seconde	1,5732 »
De 22 h. à 23 h., 43,2 cm. par seconde	1,5552 »
De 23 h. à 24 h., 28,2 cm. par seconde	1,0152 »
Distance totale parcourue . . .	5,3748 kilomètres.

8 SEPTEMBRE

Deuxième Flot

Vitesse moyenne	Distance parcourue
De 2 h. à 3 h., 39,2 cm. par seconde	1,4112 kilomètres.
De 3 h. à 4 h., 36,7 cm. par seconde	1,3212 »
De 4 h. à 5 h., 29,2 cm. par seconde	1,0512 »
De 5 h. à 6 h., 22,2 cm. par seconde	0,7992 »
Distance totale parcourue . . .	4,5828 kilomètres.

Deuxième Jusant

Vitesse moyenne	Distance parcourue
De 8 h. à 9 h., 49,2 cm. par seconde	1,7712 kilomètres.
De 9 h. à 10 h., 51,2 cm. par seconde	1,8432 »
De 10 h. à 11 h., 51,2 cm. par seconde	1,8432 »
De 11 h. à 12 h., 47,2 cm. par seconde	1,6992 »
De 12 h. à 13 h., 33,2 cm. par seconde	1,1952 »
Distance totale parcourue . . .	8,3520 kilomètres.

La décroissance des marées s'indique bien dans la succession des trois premières phases qui vont en diminuant assez régulièrement.

Flot	du 7 septembre	=	7,1352 kilomètres.
Jusant	du 7 septembre	=	5,3745 »
Flot	du 8 septembre	=	4,5828 »

Mais la dernière phase, le jusant du 8, loin de subir aussi une diminution, gagne au contraire énormément, au point de dépasser, non en vitesse absolue, mais en kilomètres parcourus, le flot, du 7 septembre,

Jusant du 8 septembre = 8,3520 kilomètres.

Ce jusant présente, du reste, d'autres particularités qui obligent à le considérer comme le résultat d'une perturbation des conditions dynamiques régulières. Nous examinerons ces particularités plus loin.

Bornons-nous pour le moment à faire remarquer le caractère perturbé qui lui vient de la recrudescence soudaine de vitesse qu'il subit après avoir décru pendant une heure.

Il semble donc que les trois premières phases étudiées représentent le régime normal de la période qui comprend les deux journées d'expérience et dans ce cas, il faudrait penser qu'un flot donné l'emporte sur le jusant qui le suit. Mais il n'en est pas moins vrai qu'en fait, la molécule considérée pendant la période qui comprend cette perturbation se serait trouvée, après la quatrième phase, ou jusant perturbé du 6 septembre, non seulement revenue à son point de départ, mais refoulée à plusieurs kilomètres dans le SW.

L'étude de la salinité de surface et de fond, nous conduira à des conclusions différentes, au moins pour ce qui concerne l'eau du fond.

2. — Si au lieu de considérer les heures de courant d'une vitesse supérieure à 15 cm. par seconde, sans tenir compte de la direction du courant, nous prenons à part, au contraire, les heures de courant à direction constante, c'est-à-dire les courants réguliers, nous arrivons aux résultats que voici :

7 SEPTEMBRE

Premier Flot régulier

Durée : 2 heures.

Vitesse moyenne	Distance parcourue
De 14 h. à 15 h., 52,6 cm. par seconde	1,893 kilomètres.
De 15 h. à 16 h., 59,2 cm. par seconde	2,131 »
Distance totale parcourue . . .	4,024 kilomètres.

PREMIER JUSANT RÉGULIER

Durée : 2 heures.

VITESSE MOYENNE	DISTANCE PARCOURUE
De 21 h. à 22 h., 43,7 cm. par seconde	1,573 kilomètres.
De 22 h. à 23 h., 43,2 cm. par seconde	1,555 »
Distance totale parcourue . . .	3,128 kilomètres.

8 SEPTEMBRE

DEUXIÈME FLOT RÉGULIER

Durée : 2 heures.

VITESSE MOYENNE	DISTANCE PARCOURUE
De 2 h. à 3 h., 39,2 cm. par seconde	1,411 kilomètres.
De 3 h. à 4 h., 36,7 cm. par seconde	1,321 »
Distance totale parcourue . . .	2,732 kilomètres.

DEUXIÈME JUSANT RÉGULIER

Durée : 1 heure.

VITESSE MOYENNE	DISTANCE PARCOURUE
De 9 h. à 10 h., 51,2 cm. par seconde.	1,843 kilomètres.
Distance totale parcourue . .	1,843 kilomètres.

La distance parcourue pendant les heures du flot régulier l'emporte donc sur celle qui revient au jusant régulier. Mais, il est peut être forcé, dans une comparaison établie entre les deux courants inverses, de retrancher complètement du jusant l'heure à direction perturbée du courant de grande vitesse comprise entre 10 et 11 heures. D'autre part, répétons-le, cette grande vitesse elle-même, se manifestant subitement en eaux décroissantes, se présente comme un caractère de perturbation, et la prépondérance qu'elle donne au jusant de la matinée du 8 septembre, nous apparaît comme une anomalie.

On voit que de longues séries d'observations continues sur la vitesse des courants seraient nécessaire pour décider la question de l'importance relative du flot et du jusant dans ce qu'on pourrait appeler le régime dynamique normal de nos eaux.

Nous avons lieu de regretter de n'avoir pas pu observer la vitesse des courants au même instant à la surface et au fond car nous avons des raisons de penser que, malgré la

faible profondeur du lieu, il se produit un glissement des eaux de surface au-dessus des eaux de fond, surtout au début du jusant, et la comparaison de deux appareils mesureurs l'un fonctionnant près du fond, l'autre près de la surface eût pu nous renseigner sur ce point et confirmer les indications fournies par l'étude de la salinité. Malheureusement, nous ne possédions, au moment de l'expérience, qu'un seul appareil d'Eckman et comme nous désirions le laisser longtemps à l'eau pour atténuer les erreurs, nous ne pouvions l'employer successivement au fond puis à la surface et considérer ces observations comme faites simultanément.

Mieux outillé, nous pourrons, dans une prochaine expérience améliorer cette partie des investigations.

3. — On remarque, surtout dans le diagramme II, et dans les tableaux analytiques, que les deux giratoires de jusant-flot sont plus courts que les giratoires de flot-jusant.

1er giratoire de flot-jusant : 5 h.	1er giratoire de jusant-flot : 3 h.
2e giratoire de flot-jusant : 5 h.	2e giratoire de jusant-flot : 4 h. au minimum.

Noter que le 2e giratoire de jusant-flot comprend en partie le jusant perturbé. En cela l'allure générale des mouvements de marée est donc la même à la côte qu'au West-Hinder où le commandant Petit a démontré que « le giratoire (sensu auctoris) de fin de jusant et de commencement de flot est beaucoup plus court que l'autre » (1).

4. — L'arc décrit par la variation de direction des courants est d'une grandeur variable à chacune des trois phases de marée qui ont pu être étudiées pendant toute leur durée. Voici l'amplitude de chacun en même temps que la direction des courants réguliers observés.

1er giratoire de flot-jusant	=	180°
1er giratoire de jusant-flot	=	168°45′
2e giratoire de flot-jusant	=	202°30′

On remarquera que le deuxième jusant observé a une direction beaucoup plus Nord que le premier, et comme le flot précédent était plus W, que le flot du 7, il en résulte que l'arc giratoire précédant le deuxième jusant est notablement plus grand que les deux autres. Il dépasse l'un de 22°30′ et l'autre de 33°45′.

(1) M. Petit, *Loc. cit.*, p. 23.

§ VII. — Variation de la salinité.

Diagramme I. — Tracés noirs non interrompus et teintés.

Nous appelons salinité le poids total de sels que contient un kilogramme d'eau de mer.

Prélèvement des échantillons.

Les échantillons ont été recueillis à l'aide d'un tube en caoutchouc-toile, dont une extrémité lestée d'un plomb était descendue en mer au niveau désiré, tandis que l'autre passant au-dessus du garde-corps était maintenue au-dessous de la ligne de flottaison. L'eau était siphonée directement dans les bouteilles bien lavées qui devaient servir à son expédition. Un dernier rinçage était fait avec l'eau même de chaque échantillon.

Analyses.

Les analyses ont été faites par la méthode chlorimétrique. La salinité a été déduite à l'aide des tables de Knudsen. Tous les dosages ont été exécutés par M. Eugène Gilson, professeur à l'Université de Gand, au laboratoire pharmaceutique et toxicologique de la même Université.

Variations.

Les variations s'étendent de 33,17 gr. ‰, minimum observé le 8 septembre à 1 h., à 34,43 gr. ‰, maximum observé le 8 septembre à 6 h. Soit un écart de 1,26 gr. ‰.

ANALYSE DU DIAGRAMME I.

La comparaison des deux tracés de la salinité entre eux et avec celui qui indique la profondeur sondée, la direction et la vitesse du courant, permet de faire les remarques suivantes :

1. *Le maximum de salinité durant une marée,* n'est jamais atteint avant mer haute, mais toujours après, sauf le 7 septembre à 15 h. où le maximum, à la surface, est atteint à l'instant critique de haute mer lui-même pour se maintenir longtemps après.

2. De même le minimum de salinité ne précède jamais la mer basse; il peut au contraire lui être postérieur de plusieurs heures. Le 8 septembre toutefois il s'est produit

dans l'eau de surface un premier minimum à l'instant critique de mer basse. Mais nous savons que la marée présente pendant cette phase une allure perturbée.

3. Appelons *haute salinité* la proportion de sels supérieure à 34 ‰, *moyenne salinité* la proportion inférieure à 34 ‰ mais supérieure à 33,5 ‰, et *basse salinité* la proportion inférieure à 33,5 ‰.

Dans le diagramme I :

le bleu indique la haute salinité,
le vert la moyenne salinité.
et le jaune la basse salinité.

Les tracés de surface et de fond montrent que *l'eau de jusant n'est jamais de haute salinité à la surface*. C'est là une remarque très importante.

Au fond elle n'atteint la haute salinité *qu'au début* du premier jusant du 7 septembre, à 19 h., et à celui du 2e jusant, perturbé, du 8 septembre, à 9 h.

L'eau de flot, au contraire, est *presque entièrement de haute salinité*. L'eau de basse et de moyenne salinité ne se montrent qu'au début du flot, l'une à la surface l'autre au fond, le 7 septembre à 13 h. et le 8 septembre à 14 h.

La fin du flot se fait toujours *en haute salinité* et la *fin du jusant en basse salinité*.

Le flot est donc la période des hautes salinités, sauf à son début, et le jusant est *celle des basses et moyennes salinités*, sauf aussi à son début, qui, au fond, peut ramener vers le SW et l'Ouest un peu de l'eau salée du flot.

On remarquera aussi que l'eau de basse et de moyenne salinité s'observe *plus longtemps* à la surface que l'eau de haute salinité, au cours des deux marées complètes sur lesquelles porte l'expérience.

Au contraire elle s'observe *moins longtemps au fond* que l'eau de haute salinité. Aussi l'eau de *basse et de moyenne salinité* peut-elle, à certains moments, former une *nappe superficielle au-dessus d'une eau de fond plus salée* et cela pendant des temps assez longs.

Ces conditions s'observent dans le diagramme :

1° Le 7 septembre à 13 h.

Surface : basse salinité.
Fond : moyenne salinité.

2° Le 7 septembre depuis avant 20 h. jusqu'après 21 h.

Surface : moyenne salinité.
Fond : haute salinité.

3° Le 8 septembre, avant et après 9 h.

Surface : basse salinité.
Fond : haute salinité.

4° Le 8 septembre, avant et après 10 h.

Surface : moyenne salinité.
Fond : haute salinité.

5° Le 8 septembre, avant et après 12 h.

Surface : basse salinité.
Fond : moyenne salinité.

6° Le 8 septembre, avant et après 14 h.

Surface : basse salinité.
Fond : moyenne salinité.

On voit donc que pendant les deux flots observés, il a passé, au large d'Ostende, une masse d'eau de haute salinité, venant de la direction WSW.

Pendant plus de 5 h., le 7 septembre, sa salinité a été peu près, homogène du fond à la surface.

Puis le flot a perdu en vitesse, changé de direction, et fait place au jusant, et alors on a vu arriver de la direction Est et ENE une nappe d'eau *moins salée* qui n'a occupé que la surface, car *pendant plus de deux heures encore l'eau du fond a continué à présenter une haute salinité*. Mais ensuite la salinité a baissé au fond aussi, et plus tard elle est devenue basse au fond comme à la surface.

Au moment de l'étale de jusant il coulait devant Ostende, une masse d'eau presque homogène et de basse salinité. — Cela a duré plus d'une heure et moins de deux.

Puis le flot est revenu et a ramené d'abord une eau de moyenne salinité, puis une eau de haute salinité qui a coulé pendant plus de 4 heures en se montrant à peine légèrement plus salée au fond qu'à la surface, comme pendant le premier flot.

Ici surgit un phénomène inattendu et très remarquable : une eau de moyenne salinité apparaît à 8 h., *au fond* aussi bien *qu'à la surface*. Mais cette condition dure peu : l'eau de surface passe à la *basse salinité*, tandis que l'eau de fond au contraire, *remonte* à la *haute salinité* et conserve celle-ci pendant plus d'une heure. Voir le diagramme I.

Après cela la salinité baisse, au fond comme à la surface, mais au fond elle reste basse à peine pendant une heure. Voir le diagramme.

En présence de ces données résultant de l'analyse des diagrammes nous croyons pouvoir mettre en relief une conséquence qui s'en dégage et qui présente de l'intérêt au point de vue biologique et hydrographique.

C'est que, *si les mêmes allures remarquables des phénomènes se maintiennent, il faut admettre que les eaux du flot l'emportent sur celles du jusant.*

Nous allons tâcher de mieux déterminer cette proposition et de la démontrer, en priant le lecteur de nous suivre encore une fois dans une revision chronologique des prin-

cipaux faits enregistrés dans le diagramme I, tracé du fond, en marchant de gauche à droite.

Le 7 septembre, *une eau salée* coule de flot pendant 5 h., il est 18 h.

Survient, à 18 h., le giratoire de flot-jusant, en eau très salée, il est 19,30 h.

Le jusant s'établit. Pendant 2 heures l'eau reste très salée, *c'est de l'eau de flot qui repasse,* il est 21,30 h.

A 21,30 h. l'eau moyennement salée apparaît. Elle coule de jusant pendant 2 h., il est 23,30 h.

Alors apparaît l'eau *peu salée.* Elle coule de jusant pendant une première heure, il est 24,30 h.

Mais ici survient le court giratoire de jusant-flot, puis, pendant une deuxième heure, cette même eau peu salée coule de flot, c'est-à-dire repasse au même endroit, il est 1,30 h.

Pendant l'heure suivante la salinité remonte, l'eau de flot reprend le dessus, il est 2,30 h.

Après 2,30 h. l'eau *très salée* règne encore une fois à la surface comme au fond et elle va couler de flot pendant 5 h. consécutives.

QUELQUES REMARQUES

1. Que l'eau très salée du flot repasse par le jusant, — 7 septembre à 20 h. et 21 h., — cela n'a rien d'étonnant, car la direction du jusant est inverse de celle du flot et entre ces deux phases il n'a régné que les très faibles courants du giratoire de flot-jusant, lesquels sont incapables de conduire beaucoup d'eau hors de la route des courants principaux, vers le large.

2. Mais il est remarquable qu'une eau de jusant peu salée et indubitablement côtière remplace, après deux heures, l'eau salée rétrograde du flot. — Qu'est devenu l'excédant de cette eau salée qui avait coulé pendant 5 h. vers l'ENE? Il en est repassé la proportion de 2 h. d'une marche assez rapide, 41,2, 46,2, et 41,2 cm. par seconde, mais où reste la proportion des 3 autres heures?

Elle ne peut qu'avoir été déviée un peu vers le large sous la poussée d'une eau côtière descendant par le jusant et s'insinuant comme un coin le long de la terre.

3. Cette eau côtière ne règnera pas longtemps au lieu de l'observation. Elle coule dans la direction du jusant tout au plus pendant 3 h., et à peine a-t-elle atteint la basse salinité depuis 1 h. que déjà elle rebrousse chemin vers l'ENE.

Notre point de la côte n'a donc été baigné par de l'eau réellement côtière, coulant de jusant, que pendant 3 h. Avant cela c'était de l'eau de flot, originaire du WSW et de plus au large, *qui repassait*. Et après 24,30 h. c'était la dernière eau côtière arrivée *qui repartait* pour l'ENE.

Puis l'eau salée de flot a encore une fois régné seule.

Il est donc clair qu'au commencement de septembre 1906, à moins de 1 mille au large d'Ostende, il passait, en une marée, plus d'eau très salée marchant vers la partie NE, que d'eau côtière peu salée marchant vers la partie SW. La masse d'eau de flot proprement dite, c'est-à-dire originaire de la partie SW, l'emporte donc sur celle de l'eau de jusant originaire de la partie NE et côtière.

Rappelons que le simple calcul kilométrique de la marche des courants ne nous avait pas conduit à une conclusion analogue.

En effet, la rapidité de l'eau de surface seule a été mesurée. Il a fallu l'étude de la salinité à diverses profondeurs pour révéler le phénomène du glissement de l'eau de jusant au-dessus de l'eau de flot.

Si la salinité n'avait été mesurée qu'à la surface, on en aurait conclu à la prépondérance du jusant sur le flot. Si on ne l'avait mesurée qu'au fond, on aurait trop attribué au flot.

L'étude de la salinité supplée donc dans une certaine mesure au manque de mensurations de la rapidité de courant au fond. Cependant il eût été bien intéressant de connaître non seulement la vitesse mais aussi la direction du courant de fond de 19 à 22 h. alors que l'eau de faible salinité glissait au-dessus de l'eau plus salée du fond.

4. Les travaux de l'Exploration de la mer ont fait connaître qu'une langue d'eau atlantique, c'est-à-dire, d'une salinité d'au moins 35 °/₀, pénètre par le détroit et s'avance dans la Mer Flamande. Les croisières trimestrielles ont démontré qu'elle subit périodiquement des allongements et des rétractions mais sans jamais s'avancer bien loin au delà du Nord de la Hollande.

En outre les cartes de surface publiées trimestriellement indiquent l'existence permanente d'une eau de faible salinité tout le long de la côte continentale, depuis le Skagerak jusqu'à la côte française du Pas-de-Calais [1].

On peut se demander ce que devient cette eau littorale?

Tout d'abord il est clair qu'elle ne peut stagner indéfiniment, elle se meut et se renouvelle.

Du côté du large elle ne peut manquer de se mélanger avec l'eau plus salée qui y

---

[1] Disons, toutefois, que cette bande littorale d'eau peu salée s'interrompt parfois. A la suite de vents SW, nous avons trouvé de l'eau à 34,60 °/₀₀, c'est-à-dire de haute salinité, jusque dans le port d'Ostende.

règne, venant soit du côté de la langue d'eau de la Manche soit de la grande masse centrale de mélange de la Mer du Nord [1].

Il y a contact, donc mélange. La bande s'use, peut on dire, par son bord Ouest. Si elle ne perdait pas de ce côté, elle gagnerait graduellement en largeur, de par les contributions que les fleuves lui apportent sans cesse.

Mais en outre elle subit des mouvements dans le sens de la longueur, sous l'action des courants de marée, qui règnent sur toute la côte continentale et qui, partout, sont alternatifs. Si le courant du flot est égal à celui du jusant, l'eau de la bande littorale ne peut présenter qu'un mouvement de va et vient. Mais s'il y a inégalité de ces deux courants cette bande doit subir un déplacement total dans un sens ou dans l'autre.

S'ajoutant à d'autres indications la tendance des eaux salées du flot à l'emporter sur les eaux peu salées du jusant, permet de penser que loin de descendre vers le SW, les eaux côtières sont plutôt entraînées vers le NE.

Il n'est donc pas impossible que les eaux douces ou peu salées qui sortent de l'Escaut et des canaux de la côte et qui contribuent à former la bande côtière, se trouvent entraînées à la fin vers le NE avec celles qui sortent des fleuves de la Hollande.

Mais laissons à cette remarque le caractère d'une simple hypothèse vraisemblable. Sa vérification demandera de nouvelles recherches et il faudra les poursuivre non seulement sur notre côte mais encore en des stations plus septentrionales.

Le cap de West-Cappelle, sur l'île de Walcheren s'indique particulièrement comme station d'étude pour les eaux de l'Escaut lui-même.

§ VIII. — Variations de la température de la mer et de l'atmosphère.

Les observations ont été faites à l'aide de thermomètres à mercure divisés en dixièmes de degré.

La température de l'eau de surface a été lue sur l'instrument plongé dans un seau immédiatement après la prise. On avait soin de laisser le récipient quelque temps dans la mer, à la profondeur d'environ un mètre, pour lui faire prendre d'abord la température de l'eau.

---

[1] A consulter : le travail de Van der Stok, *Études des phénomènes de marée sur les côtes Néerlandaises.* II. Koninklyk Nederlandsch meteorologisch Instituut, 1905.

On remarquera donc que le seau ne ramenait pas l'eau de la couche la plus superficielle qui est en contact immédiat avec l'atmosphère. Il nous intéressait d'avantage de connaître la température des parties légèrement protégées contre les influences atmosphériques par une certaine épaisseur d'eau.

Celle de l'eau de fond a été prise dans la dernière eau amenée par le siphon, alors que celui-ci avait donné une grande quantité d'eau venue du fond. Des essais comparatifs faits avec la bouteille de Petterson, nous avaient démontré que ce procédé est bon pour les très faibles profondeurs, grâce à la mauvaise conductibilité des parois du tube, à la rapidité du passage de l'eau et à la faible différence des températures du fond et de la surface. Le thermomètre doit être placé dans l'intérieur même de l'extrémité du siphon qu'on recourbe vers le haut.

Le tracé du diagramme montre que la température de l'eau a remarquablement peu varié pendant toute la durée de l'expérience.

A la surface l'écart a été de 18°1 à 18°4 soit 3 dixièmes de degré.

Au fond il n'a pas dépassé 2 dixièmes : de 18°1 à 18°4.

1. Cependant la variation de la température de l'air pendant le même temps a été très notable, ainsi que le montre le tracé en trait noir interrompu. Elle s'étend de 15°5 à 19°8, soit 4°3. La partie la plus basse du tracé correspond aux heures de nuit.

L'action du refroidissement de l'atmosphère sur la mer s'est donc montrée fort légère, dans la couche qui n'est pas en contact immédiat avec l'atmosphère. C'est vers 2 h. du matin que la température de l'eau fut la plus basse, tant au fond qu'à la surface ; tandis que l'atmosphère avait atteint son minimum à 24 heures.

En outre la même température de l'eau avait été atteinte le 7 à 17 h., à 19 h. et à 20 h., alors que celle de l'air était beaucoup plus élevée. Les minimuns de l'air et de l'eau ne se correspondent pas plus que les maximums.

On voit donc que les variations thermiques de l'atmosphère ne se communiquent que très lentement à la mer, — même près de la surface — du moins lorsque la brise demeure légère, comme ce fut le cas pendant toute la durée de l'expérience.

2. Toutes les variations observées sont trop faibles et laissent trop de place à l'erreur pour que l'on puisse en faire la base d'une étude des courants et en tirer des déductions certaines.

3. Néanmoins, parmi les ondulations que présente le tracé, il en est deux qui, si légères qu'elles soient, méritent d'être remarquées. Ce sont les faibles élévations qui, au fond, s'étendent l'une depuis le 7 à 21,30 h., jusqu'au 8, à 1 h. et l'autre le 8 de 11,30 h. environ jusqu'après la fin des observations.

Il est clair que la première de ces deux élévations doit son origine à une cause non

atmosphérique puisqu'elle ne coïncide pas avec une élévation de la température de l'air, mais au contraire avec le plus fort abaissement qui ait été observé. Elle correspond au jusant avec un certain retard au début.

La seconde coïncide avec un fort réchauffement de l'air, mais il est à noter aussi qu'elle correspond comme la première, au jusant, avec un certain retard également et qu'elle est moins marquée à la surface qu'au fond, ce qui conduit aussi à l'attribuer à une influence non atmosphérique.

Ces légères indications montrent que l'eau de jusant peut se différencier de l'eau de flot par sa température, très légèrement plus élevée pendant l'expérience

Les observations faites hebdomadairement à bord des navires de la Société Cockerill entre Ostende et la Tamise, nous apprennent qu'en été l'eau du large est plus froide que l'eau des côtes, Or, tout indique que le flot nous apporte plutôt de l'eau du large et le jusant de l'eau de la côte.

La température relative de l'eau de flot et de l'eau de jusant devra donc fixer l'attention dans des expériences ultérieures, surtout lorsqu'elles seront faites à d'autres époques de l'année, où la température du large diffère davantage de celle de la côte.

En effet, les tableaux fournis par les observations Ostende-Tamise nous apprennent qu'au printemps et à l'automne, la température du large diffère très peu de celle de la côte. Le 7 et le 8 septembre tombent pendant la deuxième de ces périodes transitionnelles.

On peut prévoir qu'en plein hiver ou en plein été les différences de température entre le flot et le jusant seront plus accusées et même qu'en hiver ce sera le flot qui sera plus chaud et le jusant plus froid.

§ IX. — Variations de la quantité de substances solides en suspension.

Diagramme I.

La variation de la coloration et de la transparence de l'eau en face d'Ostende est un phénomène si frappant qu'il est connu non seulement des navigateurs, mais même de toutes les personnes qui fréquentent la digue ou l'estacade. On voit la mer changer d'aspect d'un jour à l'autre ou même d'une heure à l'autre dans la journée. Tantôt l'eau paraît assez claire, verdâtre ou grisâtre. D'autres fois elle est d'un gris pâle, légèrement jaunâtre et parfois tout à fait trouble. Souvent le trouble est localisé dans la partie Est qui se délimite alors de la partie Ouest, plus claire, suivant une ligne fort nette, sinueuse et qui se déplace dans le sens du courant en modifiant assez rapidement la forme de ses détours. A la suite de gros temps toute la partie de la mer qui s'offre au regard devient

trouble et limoneuse. Mais qu'il survienne une période de calme, et en peu de temps l'eau reprend sa transparence et sa teinte verdâtre.

L'agitation trouble la mer et le calme la clarifie.

La substance qui la colore et la trouble est un sédiment à grains très fins, qu'un léger mouvement suffit à maintenir en suspension. Cependant, le fait que la mer se clarifie dès que la houle devient légère indique que le calme absolu n'est pas nécessaire à son dépôt; un calme relatif suffit.

Dès que cette condition est réalisée, la précipitation commence, et elle est d'autant plus rapide que le calme est plus complet. Alors il tombe sur le fond de la région trouble une poudre extrêmement ténue qui, en peu d'heures, peut y former une couche de plusieurs millimètres d'épaisseur.

Ce dépôt ne peut qu'être fort nuisible à un grand nombre d'animaux délicats, habitants des eaux claires, tels que beaucoup de polypes, de bryozoaires, d'ascidies, etc.

Aussi la plupart des formes de ces groupes sont-elles complètement absentes de ces aires sujettes au trouble et au dépôt subséquent. Ce dernier joue donc un rôle considérable dans l'économie biologique de nos eaux.

La masse en suspension en joue un tout aussi grand dans l'économie physique des ports, rivières, entrées ou criques de la côte. Elle y pénètre avec la marée, et c'est son dépôt pendant le calme de la période giratoire qui forme les masses énormes dont s'encombre si rapidement le fond des ports et qui y cause tant de soucis aux ingénieurs des Ponts et Chaussées et tant de dépenses à l'État.

S'il est vrai que ces masses vaseuses prennent surtout leur origine dans les cours d'eau, il n'en est pas moins évident que c'est la mer qui les apporte en tout endroit où le calme règne périodiquement. La mer seule peut fournir les masses énormes qui se déposent si rapidement dans le port d'Ostende, par exemple, où les écluses du canal de Bruges ne déversent que des quantités peu importantes d'une eau très claire.

L'étude de la substance charriée par l'eau de mer littorale est donc intéressante à des points de vue divers et c'est ce qui nous a décidé a en suivre les variations quantitatives au cours des deux marées que nous avons passées à l'ancre en face d'Ostende.

NATURE DE LA SUBSTANCE EN SUSPENSION

Elle n'est autre chose que le sédiment très mou et onctueux que nous avons appelé « vase grise de surface » (1) et qui forme toujours la couche superficielle des masses de vase côtière.

---

(1) G. Gilson, *Exploration de la Mer*, loc. cit.

Une étude préliminaire en a été faite dans notre premier mémoire. Elle sera continuée dans la partie de nos recherches qui traite des sédiments.

Examinée au microscope la matière suspendue dans l'eau troublée de la côte présente le même aspect que cette vase grise de surface délayée dans l'eau. Elle est formée de particules très ténues, de nature fort diverse.

Les parties recueillies dans l'eau voisine du fond contiennent un peu plus de grains de dimension moyenne que celles qui se déposent de l'eau de surface.

Désirant, pour le moment, conserver tous les échantillons dans leur poids intégral nous ne les avons pas encore soumis à l'analyse.

Les variations de leur quantité totale doivent seules nous occuper ici.

Toutefois dans le but de bien vérifier l'identité de la matière en suspension avec la vase grise de surface qui couvre le fond, nous en avons enfermé dans des tubes qui ont été placés à l'étuve à 25 degrés. En trois semaines ces échantillons étaient devenus complètement noirs et exhalaient une forte odeur sulfhydrique.

La transformation de la vase grise en vase noire était complète. Cette vase noire ainsi obtenue fut exposée en couche mince à l'air, et en peu d'heures elle avait repris la couleur grise pâle du dépôt recueilli dans l'eau elle-même.

Ce sont bien là les propriétés de la vase grise de surface et de son dérivé de sulfuration la vase noire cotière.

MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT

Tous les échantillons furent recueillis par siphonement à l'aide du tube de caoutchouc qui servait en même temps pour la prise de l'échantillon destiné à l'étude de la salinité.

A chaque heure on remplissait deux bouteilles de la contenance de 5 litres, l'une avec de l'eau de surface, prise à un mètre de profondeur, l'autre avec de l'eau de fond, recueillie à un mètre au-dessus du fond.

Les bouteilles bien bouchées furent portées à terre et laissées en repos pendant vingt heures.

L'eau étant devenue tout à fait claire fut siphonée et jetée. Le dépôt à l'état de liquide fortement limoneux fut recueilli dans des flacons. Puis les bouteilles furent lavées avec une certaine quantité d'eau de pluie qui fut ajoutée au contenu des flacons.

Expédiés plus tard au laboratoire, ces échantillons furent tous traités comme suit : après dépôt complet du sédiment, l'eau, déjà très apauvrie en sels, était décantée par siphonement puis remplacée par une grande quantité d'eau distillée.

Le dépôt, bien agité d'abord, était abandonné pendant une nouvelle période de repos, puis l'eau en était encore siphonée. Ensuite ce sédiment qui, ainsi lavé, ne peut plus

contenir que de faibles traces de sels, était versé dans de grands plateaux émaillés. Les flacons étaient rincés avec une certaine quantité d'eau distillée qui était ensuite ajoutée à la substance à évaporer.

Les plateaux étaient alors placés dans une étuve à 40° et séchés. Dès que la dernière tache d'humidité avait disparu de la plaque du dépôt, celui-ci était gratté avec une spatule et immédiatement pesé au milligramme.

VARIATIONS QUANTITATIVES

Diagramme I.

Pour la facilité de la comparaison nous distinguons trois degrés dans la richesse en matières de dépôt, et nous les indiquons dans le diagramme par les trois mêmes teintes qui indiquent la richesse en sel dans le tracé des salinités.

1er degré, de 0 à 1 centigr. pour 5 litres . . . . jaune.
2e degré, de 1 centigr. à 1 décigr. pour 5 litres . vert.
3e degré, au-dessus de 1 décigr. pour 5 litres . . bleu.

I. — Écart du poids de matières solides.

Les poids maximums fournis par les 5 litres prélevés ont été :

0,454 gr. au fond — 8 septembre à 11 h.
0,388 gr. à la surface — 8 septembre à 11 h.

Les minimums :

0,088 gr. au fond — 7 septembre à 19 h.
0,066 gr. à la surface — 7 septembre à 19 h.

L'écart est donc de :

0,366 gr. au fond.
0,322 gr. à la surface.

II. — Les variations du poids de ces matières sont-elles en relation avec celles que présentent certaines conditions physiques de la mer.

Un simple coup d'œil sur le diagramme I permet de constater qu'il existe un certain rapport entre ces variations et celles de la *vitesse* et de la *direction* des courants.

1. Relation avec la vitesse des courants.

D'une manière générale, la grande vitesse *pendant une phase de marée donnée,* entraîne une forte proportion de matières de dépôt, et la vitesse faible en entraîne une faible proportion.

Durant un flot ou un jusant donné, la période de vitesse est une période riche en matière solide, et la période de lenteur en est pauvre.

Ainsi, pendant le flot du 7 septembre, — voir le diagramme I, — la période de vitesse comprise entre 15 h. et 18 h. correspond à un soulèvement du tracé du dépôt.

Puis de 18 à 20 h. la vitesse baisse et le tracé du dépôt présente aussi une forte dépression. Des remarques semblables peuvent se faire dans d'autres parties du diagramme I.

2. Mais hâtons-nous d'ajouter que ce rapport n'est pas absolument constant.

Un exemple tiré du même diagramme I, suffira pour établir la nécessité de cette restriction :

Le 7 septembre, à 15 h., la vitesse du courant est de 63,2 cm. par seconde. C'est la vitesse la plus élevée qui ait été observée.

Cependant le dépôt n'était à ce moment que de 0,210 gr., au fond.

Au contraire, le même jour à 23 h., alors que la vitesse n'était que de 40,2 cm. par seconde le poids du dépôt s'est élevé à 0,384 gr.

Nous avons essayé de reprendre la question à un autre point de vue et de considérer non pas la vitesse du courant *qui règne* à l'instant même ou l'on observe un poids donné de matière solide en suspension, mais celle du courant *qui a régné* depuis l'observation horaire précédente.

On constate dans le diagramme I, que 14 fois sur 24, au fond, et 16 fois sur 24, à la surface, la quantité de dépôt est en croissance ou en décroissance quand la vitesse a cru ou décru depuis l'observation horaire précédente.

Cette remarque indique à la fois qu'il y a un certain rapport entre la vitesse et la quantité de matières en suspension, et que ce rapport n'est pas absolu et constant.

Ainsi donc, si l'on peut dire que les phases de vitesse des courants de marée sont les périodes d'eau trouble et que les phases lentes sont les périodes d'eau claire, on ne peut cependant pas proclamer qu'une eau coulant rapidement est toujours riche en dépôt et qu'une eau lente doit nécessairement être peu chargée. Il peut intervenir d'autres facteurs que la vitesse et ils peuvent rendre une eau rapide relativement claire et une eau lente relativement chargée.

3. Relation avec la direction du courant.

La forme générale du tracé des matières en suspension, dans le diagramme I est ondulée. On y distingue très nettement deux forts soulèvements bien entiers alternant avec

deux autres qui sont moins importants et qui sont eux-mêmes ondulés par deux soulèvements secondaires moins marqués.

Les deux premiers, plus élevés et plus entiers, correspondent presque exactement aux deux jusants observés, et les deux autres aux deux flots.

La correspondance des deux périodes pauvres en matières solides avec les deux flots et des deux périodes riches avec les deux jusants est même plus nette que leur correspondance respective avec les périodes de faible vitesse et de grande vitesse.

Nous croyons devoir nous borner à signaler au lecteur cette coïncidence remarquable.

En effet, si, voulant pousser plus loin l'analyse on cherche à déterminer toutes les circonstances accompagnant les moindres accroissements ou diminutions de la quantité des matières solides et à évaluer la variation du dépôt qu'amène l'unité d'accélération ou de ralentissement du courant, *comparativement* pour la période du flot et pour celle du jusant, on se heurte à des difficultés indiquant que des facteurs multiples entrent en jeu. On ne peut espérer de déterminer tous les facteurs et de spécifier toutes les conditions qui régissent les variations qu'à la suite de longues séries d'observations.

En attendant que toutes ces circonstances et tous les facteurs se révèlent et se précisent, il faut donc se borner à considérer les grandes phases dans leur entier sans analyser le détail des variations secondaires qu'elles comprennent. On arrive ainsi à la conclusion déjà énoncée plus haut et qui pour les journées du 7 et du 8 septembre, paraît s'imposer : c'est que *le flot est la période des eaux claires et le jusant celle des eaux chargées de particules vaseuses en suspension.*

C'est-à-dire que l'eau qui nous vient de la partie WSW est en général peu chargée de matières solides, tandis que celle qui nous vient de la partie ENE l'est davantage.

En outre, dans chacune de ces ondes de marée *la partie rapide est plus chargée que la partie lente.*

Telles sont les relations qui se manifestent entre la quantité des matières solides suspendues, d'une part, et de l'autre la rapidité et la direction du courant.

REMARQUES

1. On pourrait ici nous objecter que les maximums des matières suspendues ne correspondent pas aux minimums de salinité. L'eau de basse salinité se montre plus tard que le minimum de substances déposables.

Or nous avons vu que c'est le jusant qui nous amène les basses salinités, c'est donc à l'instant ou règne la plus basse salinité indiquant les eaux de jusant les plus typiques que devrait s'observer la plus forte proportion de matières solides.

La réponse est facile : l'eau de la plus basse salinité n'est pas la plus riche en matières

solides parce qu'elle n'arrive qu'à la fin du jusant, alors que la vitesse décroît et que la précipitation commence à se produire. L'eau de jusant amène dès le début une forte proportion de matières de dépôt mais à la fin de ce courant survient le ralentissement du giratoire qui le dépouille d'une partie de sa charge.

Il n'y a d'exception à cet ordre de faits que, le 8 septembre, à 9 h. alors qu'apparaît soudain à la surface une eau d'assez basse salinité et faiblement chargée malgré une vitesse assez grande. Mais cela se produit en plein dans la perturbation que nous avons déjà signalée à plusieurs reprises et dont nous renonçons à expliquer toutes les particularités.

2. On ne peut attribuer la plus grande richesse du jusant en matières solides uniquement à une vitesse plus grande du courant.

En effet, le flot du 7 Septembre qui présente les plus grandes vitesses observées : 63,2 et 55,2 cm. par seconde est la plus pauvre des quatre périodes étudiées. Le poids maximum des matières solides y est de 0,220 gr. Au contraire, le jusant du 7, avec des vitesses ne dépassant pas 46,2 cm. par seconde, donne un maximum de 0,384.

Le flot suivant, du 8 septembre n'a ni grandes vitesses ni beaucoup de matières solides.

Le jusant du 8 septembre a de grandes vitesses : le maximum atteint 53,2 cm. par seconde. Mais aussi le poids de substances de dépôt y atteint le maximum absolu de 0,454 gr. c'est-à-dire plus du double du poids de 0,210 gr. produit par la vitesse maximum de 63,2 pendant le premier flot.

On pourrait nous faire remarquer que de grandes vitesses de jusant produisent parfois une très faible proportion de matières suspendues, et nous opposer celles de 8 h. et de 9 h. du 8 Septembre qui sont respectivement 45,2 cm. et de 53,2 cm.et qui n'ont produit au fond que 0,089 gr. et 0,1585 gr. Mais, encore une fois, elles appartiennent à la période perturbée et nous verrons plus loin qu'elles constituent des exceptions confirmant une règle.

3. Sans tomber dans le travers de vouloir analyser avec une extrême précision des données reconnues d'avance comme trop imprécises par elles-mêmes, nous pouvons nous permettre quelques commentaires au sujet de la cause de deux particularités qui, dans notre diagramme I, prennent un caractère d'importance du fait de leur alternance régulière dans la série des phases de marée observées.

Ce sont :

A. Le grand abaissement de la quantité de matières solides suspendue dans l'eau au moment du changement de courant, et

B. La supériorité du jusant sur le flot au point de vue de cette même quantité.

A. *Diminution du poids des matières solides, pendant la période de changement de courant.*

L'abaissement du tracé des matières de dépôt entre le premier flot et le premier jusant et entre le deuxième flot et le deuxième jusant est très marqué. Il est net aussi mais moins prononcé, entre le premier jusant et le deuxième flot.

Une explication simple et plausible de ce phénomène se présente à l'esprit, c'est celle à laquelle nous avons eu recours au sujet de la non correspondance des maximums de charge avec les minimums de salinité : l'eau se dépouille de ses particules solides par une précipitation sur place, à la faveur du ralentissement. En effet, le fait est connu, une immobilité absolue n'est pas indispensable pour qu'une abondante précipitation de particules en suspension se produise.

Un calme relatif suffit. La chute des grains solides est empêchée par une certaine vitesse de translation de l'eau. Cette vitesse varie suivant leur volume et leur poids spécifique ; mais en dessous de sa limite la chute se produit.

Nous avons obtenu la preuve expérimentale de la chose pour le sédiment qui nous occupe, lui-même, en recueillant de l'eau de mer, par une houle assez forte et la versant dans de grands bocaux coniques, plus larges en bas qu'en haut.

Malgré un assez fort roulis une précipitation assez active se produisit, jusqu'au moment où la houle devint trop forte et où des clapotements de surface vinrent au contraire remettre en suspension la partie qui s'était déposée.

Bien avant d'entreprendre l'expérience dont les résultats nous occupent, nous avions porté notre attention sur le phénomène de la précipitation de la vase grise sur le fond parce que, au point de vue biologique, il est d'une grande importance. Nous étions même tenté alors d'attribuer uniquement au calme relatif qui survient, et sans rien accorder à la direction du courant, la clarification subie par l'eau, en temps de mer modérée, aux environs de l'étale de flot et de jusant. La notion de la différence de charge présentée par les deux courants alternatifs nous est venue de l'analyse de nos résultats.

C'est en vue de constater le fait de la précipitation et d'en mesurer l'importance que nous nous sommes astreint, pendant toute la durée de l'expérience, à prendre toujours en même temps deux échantillons l'un au fond et l'autre à la surface. Nous nous disions que la proportion de matière en suspension doit être plus forte près du fond que près de la surface durant les périodes à mouvement lent pendant lesquelles la précipitation se produit.

Nous avouons avoir été plutôt surpris de ne pas trouver nos prévisions réalisées dans une plus large mesure.

Sans doute, aux trois minimums principaux, nous trouvons la proportion de corps solides suspendus un peu plus forte au fond qu'à la surface. Voici les chiffres :

7 septembre à 19 h. . . .	Surface :	0,066 gr.
	Fond :	0,080 gr.
8 septembre à 2 h. . . .	Surface :	0,147 gr.
	Fond :	0,166 gr.
8 septembre à 7 h. . . .	Surface :	0,073 gr.
	Fond :	0,094 gr.

Mais l'examen du diagramme nous indique que cet excédant du fond sur la surface n'est guère démonstratif, parce qu'il s'observe presque constamment au cours de l'expérience. Très souvent on le trouve même beaucoup plus marqué qu'aux mininums principaux, et alors même que la vitesse est grande et en croissance.

Ce résultat est peu satisfaisant mais il semble confirmer la conclusion, précédement énoncée, que la vitesse n'est pas le seul facteur dont il y ait lieu de tenir compte dans la recherche de la cause du trouble et de la clarification que subissent alternativement nos eaux.

Quoi qu'il en soit nous nous proposons de suivre de plus près encore l'étude du phénomène, dans des recherches ultérieures, en faisant usage d'un appareil que nous avons fait construire et qui recueille le dépôt lui-même, tel qu'il se fait sur le fond de la mer.

La période pauvre en dépôt qui succède au jusant du 7 septembre présente un intérêt particulier. L'abaissement y est bien marqué quoique moins prononcé qu'à l'étale de flot précédente et suivante. Mais il est remarquable qu'ici le minimum ne coïncide pas avec l'étale de jusant qui a dû avoir lieu entre 24 h. et 1 h. L'abaissement se poursuit encore après l'instant critique inférieur de vitesse.

Si du moins il s'arrêtait à 1 h., son allure particulière pourrait s'expliquer. Tout d'abord, la mer ayant été beaucoup plus chargée pendant le jusant que pendant le flot, on pourrait penser que la précipitation dont elle devient le siège à l'étale, a pu se continuer malgré une vitesse de 11,2 cm. par seconde c'est-à-dire plus grande que celle de l'étale de flot mais moins grande que celle qui, — le soir précédent, — semble l'avoir arrêtée rapidement, c'est-à-dire 27,2 cm. par seconde. Rien de très étonnant, en effet, à ce que la clarification de cette mer *plus trouble* ait duré jusqu'à 1 h., alors que le flot courait seulement avec une vitesse de 11,2 cm. par seconde. En outre si la quantité de matières suspendues ne s'est pas abaissée autant qu'à l'étale de flot, c'est sans doute parce que la vitesse du courant n'est pas descendue aussi bas. Les corps suspendus ont rencontré leur limite de chute plus tôt.

Mais le fait que la diminution continue à s'accentuer, tant au fond qu'à la surface,

jusqu'à 2 h., malgré un flot croissant dont la vitesse atteint bientôt son maximum, soit 40,2 cm. par seconde nous paraît inexplicable.

Cette étrange particularité nous semble indiquer qu'il entre dans le processus de la variation de la quantité de matières en suspension des influences que nous ne pouvons déterminer à l'aide des données d'observation recueillies jusqu'ici. En tout cas elle atteste une fois de plus que la vitesse n'est pas le seul facteur qui règle la quantité de matières charriées par la mer à un moment donné.

B. *Supériorité du jusant sur le flot au point de vue de la quantité des matières solides charriées.*

La plus grande richesse du jusant en matières déposables s'explique naturellement par la constitution particulière du fond dans les régions d'où nous viennent les eaux du jusant et les eaux du flot.

Nous avons vu qu'au mouillage, tant en position de flot qu'en position de jusant, le navire avait sous lui une couche de vase grise de surface, l'un des éléments les plus importants de nos fonds.

Rappelons que nous avons constaté l'identité de la substance solide suspendue qui à certains moments colore la mer en gris pâle, avec ce sédiment lui-même.

Cette vase grise couvre de vastes surfaces dans les régions voisines.

Elle y forme une bande littorale d'une largeur et d'une épaisseur variable.

Dans l'Ouest cette bande s'éloigne un peu de la côte, au niveau du Broersbank et du Traepegeer, et remplit le Westdiep ; puis elle se trouve resserrée et interrompue par le système complexe des bancs du large qui occupent une immense surface. Vers l'Est elle était interrompue autrefois par le Stroombank qui se rattache à la côte vers Coq-sur-Mer ; mais aujourd'hui la large passe de l'Est qu'on y a creusée est envahie par la vase, et la bande littorale d'Ostende se rattache désormais, directement aux puissantes masses vaseuses de la région de l'Est.

Plus au large, la grande rade d'Ostende étend aussi sa vase un peu vers l'Ouest, mais c'est surtout vers le Nord-Est qu'elle se développe, en se reliant à des aires vaseuses très étendues qui occupent la région du Wandelaer, et se relient au West Pit, et plus loin aux vases de la côte hollandaise, où de larges estuaires leur apportent sans cesse de nouvelles contributions.

Les limites de ces aires de vases seront indiquées sur la carte du fond dont nous préparons la publication.

En un mot, la partie Nord-Est d'où nous vient le jusant est un immense réservoir peu profond, mais très étendu, de vase, tandis que la partie Nord, Ouest et Sud-Ouest est une région de sables, avec très peu de surfaces vaseuses. Elle se rattache, au delà des

bancs, vers le détroit, aux eaux les plus profondes, et les plus claires de la mer Flamande.

Il est donc naturel que les eaux qui nous viennent de la partie NE charrient, plus de particules vaseuses que celles qui arrivent de la partie Ouest.

Au surplus, le fait lui-même se constate parfois sans peine : on peut voir à certains jours l'eau de flot, plus claire, refouler vers l'Est une eau limoneuse qui pendant le jusant s'était étendue à une certaine distance dans l'Ouest.

Le contraire ne se voit jamais.

Après quelques jours de bourrasque et avant que le calme soit revenu, on peut, en prenant la mer avec un steamer, suivre la limite des eaux claires et des eaux troubles et constater que le trouble s'avance bien au large du Wandelaer et du haut fond de Schooneveld. Le Thornton lui-même peut-être compris dans l'aire troublée à la suite d'un gros temps, et, après des tempêtes du Nord-Est on voit même le bateau phare du Nord Hinder et même, plus exceptionnellement encore, du West Hinder, où l'eau est d'ordinaire très claire, flotter en pleine « eau de terre » venue de l'Est.

Les variations de la quantité de matières solides, telles que le diagramme les met en évidence s'expliquent donc très bien par l'origine de l'eau de flot et de jusant : le jusant venant du NE balaie de larges surfaces de vase tandis que le flot venant du SW a passé surtout sur des fonds de sable. Mais nous avons vu que le facteur vitesse intervient aussi pour faire varier la charge de l'eau claire du flot et de l'eau trouble du jusant.

Tirons encore du diagramme I une indication de la tendance plus grande au trouble que nous croyons devoir attribuer au jusant.

C'est le fait que la charge de l'eau s'élève rapidement dès qu'après l'étale du flot, survient le courant du jusant, tandis que sa surélévation ne se dessine que plus tardivement lorsque, après le jusant, le flot commence à se faire sentir. Voir le début du jusant, le 7 après 19 h. et le début du flot le 8 après 24 h. (Rappelons qu'après ce flot il y a même abaissement de la charge jusqu'à 2 h.).

Le jusant du 8 n'est pas à citer ici, il se charge très lentement; mais rappelons qu'il appartient à la période perturbée. Nous en parlerons plus loin.

En outre, remarquons que l'eau de flot *rétrograde,* qui coule au fond pendant les deux premières heures de jusant, le 7, se trouble rapidement, malgré sa haute salinité. Sa charge dépasse bientôt le maximum qu'elle avait atteint quand, pendant le flot, elle coulait vers l'Est. Ce fait semble indiquer que les matières en suspension *ne viennent pas de très loin* dans l'Est. Les champs de vase distants de quelques milles ont pu charger l'eau de flot pendant la marche rétrograde au début du jusant.

Le flot au contraire, après avoir refoulé les eaux du jusant partiellement clarifiées à l'étale, se charge peu parce qu'il coule sur de moins larges surfaces de vase.

Cependant, comme tout ceci est hypothèse, nous entendons laisser place à une autre

explication de l'aptitude plus grande du jusant à produire une mer trouble : c'est que sa direction heurte plutôt un peu celle de la côte à Ostende, tandis que celle du flot, au moins le 7, s'en écarte légèrement et coule un peu vers le large pendant les heures de vitesse. Il sera nécessaire d'étudier de près cette influence dans des recherches ultérieures.

Dans l'expérience qui nous occupe il y a lieu de se demander si le flot du 8 ne doit pas un peu à sa direction, qui pendant la période régulière croise légèrement celle de la côte, d'avoir une eau plus chargée que celui du 7.

Ces deux influences ne s'excluent, du reste, nullement.

§ X. — Plankton.

Nous avions projeté non seulement de dresser la liste des espèces capturées, mais encore de mesurer le plus exactement possible les variations quantitatives de chacune d'elles, aux diverses phases de la marée, suivant la méthode de Kiel.

Les prises de plankton destinées à ces évaluations devaient être faites à l'aide d'un appareil spécial que nous avons installé à bord du West Hinder et qui permet de recueillir tout le plankton contenu dans un certain volume d'eau, — soit 100 litres, — exactement mesuré, et prélevé à un niveau bien déterminé.

En effet, il est reconnu que la filtration directe d'un volume d'eau bien mesuré est la seule méthode réellement fidèle pour les recherches quantitatives.

Malheureusement, une avarie survenue tardivement à l'appareil nous mit dans l'impossibilité de l'employer.

D'autre part les moyens ordinairement employés pour l'étude quantitative du plankton et qui dans de bonnes conditions donnent des résultats sinon satisfaisants, du moins approximatifs, ne pouvaient, dans nos conditions de travail, nous donner que des résultats fortement entâchés d'erreur.

Les filets de Hensen, d'Apstein, de Nansen et en général tous les instruments en forme de puisettes filtrent d'autant plus d'eau que le courant qui les traverse est plus rapide.

Travaillant *sur un navire à l'ancre* nous ne pouvions faire usage d'aucun de ces filets car la rapidité du courant est le plus variable de tous les facteurs dans les phénomènes de marée.

D'autres part les prises verticales qui, bien conduites donnent, des résultats passables, ne sont possibles à l'ancre que par une mer sans courant, ou par les courants très faibles qui régnent aux environs de l'instant critique inférieur de vitesse. Sur un navire *non mouillé*

et dérivant avec la masse d'eau qui le porte, elles peuvent se faire même par des courants rapides.

Force nous fut donc de renoncer pour cette fois aux recherches quantitatives.

Nous fîmes d'autant plus d'efforts pour obtenir des renseignements complets sur la composition qualitative du plankton charrié par la mer au lieu de l'expérience pendant les deux marées étudiées.

Nous avons ajouté à la liste des formes planktoniques quelques espèces réellement benthiques ou nectoniques capturées par le filet de fond, afin de faire connaître dans leur entier les données recueillies sur la population de la mer à l'instant et au lieu de l'expérience.

MÉTHODE

Deux instruments furent employés à chacune des 25 observations horaires :

1° Un filet d'Apstein, pour pêches de surface.

2° Un grand filet de fond en forme de chalut composé d'un sac conique en « Käse Tuch » avec un cône terminal en soie de Zurich, n° 20.

Cet instrument sera décrit ailleurs. Il a pour but la capture des formes planktoniques du fond et des formes semi-benthiques. Sa largeur est de deux mètres.

Une disposition spéciale empêche le mélange du sable avec le plankton lorsque l'engin est traîné sur le fond. Il peut être fermé avant la remonte, à l'aide d'un messager.

Ces deux engins furent abandonnés chaque fois pendant dix minutes à l'action du courant, le premier à la surface, le second au fond. Le volume d'eau qui les traversait pendant ce laps de temps a donc varié considérablement suivant la vitesse du courant aux divers instants des deux marées.

Le plankton recueilli a été fixé et conservé dans une liqueur au formol qui nous donne généralement de très bons résultats, et dont voici la formule :

Alcool à 95°	30 vol.
Formol à 40 %	3,5 vol.
Eau douce	70 vol.

Pour faciliter l'étude, le plankton a été divisé par tamisage en deux parties : le microplankton; — partie qui traverse un tamis spécial formé de soie, n° 3, — et le macroplankton, partie qui est retenue par cette soie.

Le microplankton se compose surtout de diatomées, péridiniens et tintinnoïdes.

Cependant certaines grandes formes ou grandes chaînes de diatomées, — *Biddulphia, Chaetoceras,* — sont retenues également par le tamis, et, d'autre part, certaines formes

jeunes de crustacés, sagittas, annélides, appendiculaires, etc., peuvent passer dans le microplankton.

Les unes et les autres sont additionnées dans le total de chaque espèce.

Les diatomées, péridiniens et tintinnoides ont été déterminés par M. A. Meunier, notre collègue et collaborateur habituel pour l'étude du microplankton.

M. Browne, de Londres, a bien voulu déterminer les méduses.

Les autres formes ont été étudiées et dénommées par nous-même avec l'aide de M. Stappers, notre assistant, qui a soumis tous les copépodes, cumacés, appendiculaires et larves diverses, à des numérations exactes d'après la méthode classique de l'école de Kiel.

Nous donnons ci-dessous le tableau complet des formes que nous a révélées l'analyse très minutieuse des 56 pêches effectuées. Cette liste doit donner une idée très complète de la composition de notre plankton tout à fait côtier, à l'arrière saison. Peu de formes, même parmi les plus rares ont pu échapper à cette longue série de pêches effectuées à l'aide d'engins doués d'un pouvoir capturant considérable.

Bien qu'ayant renoncé à l'étude des variations de la richesse des eaux en plankton, nous avons cependant noté dans le tableau général l'abondance relative de chacune des espèces à chacune des observations horaires, de surface et de fond, au lieu de nous borner à en indiquer simplement la présence ou l'absence.

Cette indication, outre qu'elle apprend au lecteur si l'espèce est rare ou commune, fournira une base de comparaison pour les pêches, suivies ou isolées, qui pourront être faites dans l'avenir avec les mêmes engins et dans les mêmes conditions.

Nous avons adopté les cinq signes suivants pour indiquer l'abondance relative des espèces.

I = très rare.
II = rare.
III = ni rare ni commun.
IIII = commun.
IIIII = très commun.

Ces signes nous paraissent préférables aux indications r, rr, c, +, cc qui sont adoptées par le Bureau Central de Copenhague, parceque chacune d'elles donne à l'œil une impression d'ombre d'autant plus forte que l'abondance indiquée est plus grande, ce qui permet d'apprécier celle-ci au premier coup d'œil.

PLANKTON — LISTE DES ESPÈCES

POUR CHAQUE ESPÈCE LA LIGNE SUPÉRIEURE INDIQUE LES PÊCHES DE SURFACE, L'INFÉRIEURE CELLES DE FOND	FLOT							JUSANT					FLOT							JUSANT						
	HEURES																									
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Diatomaceae.																										
Actinoptychus undulatus, Ehbg.																										
» *splendens*, Ralfs.																										
Actinocyclus crassus, V. H.																										
» *subtilis*, Ralfs.																										
» *ehrenbergii*, Ralfs.																										
Asterionnella japonica, Clev.																										
» *kariana*, Grun.																										
Bacillaria paradoxa, Grub.																										
Bacteriastrum varians, Lauder.																										
Bellerochea malleus, V. Hrk.																										
Biddulphia alternans, Bail.																										
» *aurita*, Lyngb.																										

» *favus*, Ehrbg. . .		1		1									1								1				1	
» *granulata*, Roper. .	1	1	1	1	1	1				1		1	1	1		1	1	1	1	1	1			1	1	1
» *mobilensis*, Fail. .	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	11	11	1	1	1	1	1
» *rhombus*, W. Sm. .	111	111	11	11	1	11	1	1	1	1	1	11	11	11	11	11	1	1	1	1	11	1	1	1	11	1
» *smithii* (Ralfs) V. Hrk.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
» *sinensis*, Grèv. . .	11	1			1	1	1	11	11	1	11	111	1	11	1	1	1	11	1	11	11	11	1	1	1	11
Campylodiscus, Sp. . .																					1					
Campylosira cymbelliformis, Gr.	11	11	11	1	1	1		1	1				1		1				1	1	1	1	1	1	1	1
Chaetoceras brightwelli, Clev. .	1								1	1	1	1	1	1						1						1
» *anastomosans*. . .	1	1	1	1	1	1		1	1		1				1		1	11	1		1					
» *compressum*, Laud.	1	1				1				1		1	1	1		1			1	1	1	1	1	1	1	1
» *contortum*, Sch. .	11	11	11		1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	
» *crinitum*, Schut. .	11	11	11	11	11	11	11	11	1	11	11	11	11	11	11	1	11	11	11	11	11	11	11	1	1	1
» *danicum*, Cl. . .	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
» *debile*, Cl. . . .	11111	11111	1111	1111	11111	11111	11111	11111	11111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	11111	11111	11111	11111	11111	11111	11111	11111	11111	11111
» *densum*, Gran. . .	1	1	1		1	1		1	1		1	1		1		1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1
» *didymum*, Ehrbg.	111	111	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	111	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
» *radians*, Schut.	11	1							1	1			1	1	1					1	1	1				

Chaetoceras brightwelli, Clev.	III	II	II		II	II	I	I	I	I	I	II	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
" *sociale*, Lauder.																		II	II	III	II	I	I	I	I	I
" *teres*, Cl.														I												
" *willei*, Gran.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
												I						I		I	I					
Coscinodiscus concinnus, W. Sm.	I		I	I	I							II	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II
			I	I	I				I				I					I			I	II	I	I	I	
" *excentricus*, Ehrbg.	I	I		I	I	I		I		I		I	I	I	I	I	I	I		I	I				I	I
		I		I							I			I						I						I
" *oculus iridis*, Ehr.	I																									
" *radiatus*, Ehrbg.	I	I		I			I					I	I	I		I							I	I	I	I
	I	I										I		I	I		I		I							I
Eucampia zodiacus, Ehrbg.	II	II		I	I			I	I	I	I		I	I	I					I		I	I	I	I	I
																						I				
Eupodiscus argus, Ehrbg.	I	I		I									I	I							I	I	I		I	
		I			I					I				I				I			I					I
Fragilaria, Sp.	II	II	II	II	II	II	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I	I		I	I	I	I			I
	I	I	I	I	I		II		I		I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I	II	II	I	II	
Guinardia flaccida, Perag.	I		I	I	I				I							I	I	I		I	I	I	I	I	I	
Hyalodiscus stelliger, Bail.	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		I	I	I	I
	I	I							I	II	I	I	I	I	I	I	I	I		I	II	II	II	I	I	
Lauderia borealis, Gran.	II	II	I	II	II	II	I	II	II	II	III	II	II	III	III	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III
		I					II		I	I	I	I	II	I	I	I		II	I		II	II	II	II	I	I
Leptocylindrus danicus, Cl.		I									I															
Lithodesmium undulatum, Ehr.	II	II	I	I	I	II	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II	I	I	I	I	I
	I	II	II	I	II		II		II	II	I	I	III				I	II	II	II	III	III	III	III	II	II
Nitzschia longissima, Brée.	I	I			I		I	I	I	II	I		I	I	I			I	I	I		I	I	I	I	I
		I																								
Paralia sulcata, Cl.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	II	II	II	I	II		I		I	I	I	I		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Pleurosigma, Sp.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	I		I	I	I										I	I	I	I				I		I		I

Raphoneis amphiceros, Ehrbg.	111	11	1	1	1	1	1	1	11	1	1	11	1	1	1	1	1	1	11	1	11	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
» *belgica*, Grun. . .	1	1	1	1	1		1				1		1								1			1		1
	1			1																						
» *surirella*, Grun. .	1		1					1	1				1													1
Rhizosolenia delicatula, Cl. .	1																1	1				1	1			
» *fragilissima*, Berg.										1																
» *seligera*, Bright. .	1	1		1	1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1	1		1											1		1								
» *shrubsolei*, Cl. . .	1			1	1					1		1	1	1	1	11	1	1	1	1	1		1	1		
					1						1							1								
» *stolterfothii*, Herz.	1	1		1				1	1	1	1	11	1	1	1	1	11			1	1	1	1	1	1	11
					1																1	1				1
Skelotonema costatum, Cl. . .	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1			1	1	1	1
															1			1								
Surirella, Sp.																					1					
											1															
Synedra nitzschioides, Grun. .	1								1	1	1		1	1	1			1		1	1	1	1	1	1	1
Thalassiosira gravida, Cl. . .	1	1		1							1			1	1	1	1	1								
							1		1	1	1															
Peridiniales.																										
Peridinium conicum, Gran. .	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
																		1								
» *depressum*, Bail. .	1			1					1	1		1	1					1		1					1	
» *curvipes*. . . .																								1		
» *Thorianum*, Pauls.		1										1	1			1										
													1													
» Sp.				1				1			1		1													

Ceratium fusus, Ehrbg. . .	1	1			1	1	1	1		1	1	1	1			1		1	1	1		1			1	1
Diplopsalis lenticula, Bergh. .	1	1																	1	1	1					
Pyrophacus horologium, St. .	1	1							1				1	1				1		1	1			1		
Dinophysis, Sp.											1		1													
Goniodoma, Sp.	1																									
Silicoflagellata.																										
Distephanus speculum, Ehrbg.	1			1								1					1	1	1		1					
Cystoflagellata.																										
Noctiluca miliaris, Surir. .	1	1	1	1	11	1	11		1			1	1	1	1		1	1		1	1	1	1		1	11
Tintinnoidea.																										
Tintinnopsis campanula, Ehrbg.	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	
" *ventricosa*, Clap, Lach.													1	1				1				1				
" Sp.	1	1	1	11	1	1	1	1	1		1	1	11	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Tintinnus, Sp.		1							1																	
Cyttarocylis, Sp.	1	1		1	1	11	1	1	1	1	11		1	11	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coelenterata.																										
Medusae craspedotae indet. .			1			1								11		1		1								
Obelia, Sp.							1																			

Tiara pileata, Forsk. . .			1						1																		
Ctenophora.																											
Pleurobrachia pileus, Flem. .						1		1	1			1			1		1	1			11				1		
Echinodermata.																											
Echinopluteus.							1					1									1						
Bryozoa.																											
Cyphonautes.	1	1	1	1			1	1	1		1	1															
Annelida.																											
Larva nudae, ...	1 1	1 1		1111 1	1 1	1111 1111	1111	11 11	1111		1 1	1	1111	1	1	111 11	1	111 1	1111 1111	11 1	11 1111	1	1 1	11	1	11 1	1
Lanice conchilega, larvae in tubis.	1 1	1	1111		11 11	111	1	1	1	1	1 11		111	1					11	1	1	1	1	1	11	1	
Autolytus prolifer, O. F. Muller.															1					1							
Chaetognatha.																											
Sagitta bipunctata, Quoy. et Gaim.	1	1 1111	1	1	1 1	1	1	11 1111	111	11		1 111	1111	111	1	1	1	1 1111	1	1 1	1 111	1	11111	1	111	1111
Copepoda.																											
Acartia clausii, Giesb. . . .	1	1 1	1	11 111	1	11	111 1	1111 11	1111	1 11	111 111	1 111	11 1111		1111 111	1111 11	11 1	111 1	11 11	1111 1	1111 1111	11	11 111	11 111	111	111	111
Alteutha interrupta, Goods. .	11	1			1				1	1	1		1111					1	1	1			11	11	11	1 1111
Calanus finmarchicus, Gunn. .				1																							
Centropages hamatus, Lillj. .	111	11	111		111	11		1	11	1		1	1	11	1 11	1 11	1 11	11 1	11		111	1	1111	1111	11	1111

Cyclopina littoralis, Brady.									1	11		1								1						
		1						1									1			11	1		1	11	1	1
Euterpe gracilis, Claus.	11		1	111	11	111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	11	11	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	111	111
	1	1	11	1	1	111	11	1111	1111	111	11	1111	1111	1	111	1	1	1	1111	11	1111	1	1111	11	1111	1111
Harpacticoida indet.			1			1						1			1											
				1				1	1																	
Isias clavipes, Boeck.							1																			
					1			1														1				1
Longipedia coronata, Claus.						1																				
Oithona nana, Giesb.	1111	1		1		1		1	111	111	111	1111	111	11			111	11	1	1	1	1	1	1	11	111
			1			1		1				1							1	1				1		1
Paracalanus parvus, Claus.	1111	1111	11	111	11	111	1111		11	11	111		11	11	1	111	1	1		1						
	111	11	1	1	1	1111	1	1				1	11	111	11	1	1	1	1	1	111	1	11	1	11	
Pseudocalanus elongatus, Boeck.												1														
					1																					
Temora longicornis, Muller.								1		1							1		1							
		1	1		111				1	1		1		1	111	1			11		1		1	1		1
Bomolochus soleæ, Cl.																										
				1													111									
Labidocera wollastoni, Lubbock.																					1					
Caligida indet.																										
			1																							11
Copepoda juv.	111	111	1	1	111	1	1				1	1		1		1	1	111	111	1	111	11	1	1	1	1
		1			1														1	1	1		1			
Nauplius larva.		1		1					1		1	1			1		1	1	1			1				
Arthrostraca.																										
Caprella linearis, Bate.		1																								
	1				1				1							1				1		1				
Proto ventricosa, Latr.																										
									1	1					1			1	1							
Larva microniscus, Sars. G. O.										1																
																			1			1111				

Amphipoda varia.	111	1	1111	1	1111	111	1	1111	111	1	111	1	11111	1111		111	11	1111	1111	1111	11111		11	111	11	11111
Cumacea.																										
Bodotria arenosa, Goods. . .	1																									
Cumopsis goodsiri, Van Ben. .																								111		
Diastylis rugosa, G. O. Sars. .																										1
Pseudocuma longicornis, Sp. Bate	1111	11			1		1	111	1										11			1		1	1111	1
Decapoda.																										
Megalopa.		1																								
Pagurida larvae.																		1								
Carida indet larvae.			1	1	11			11	1	1		1		1		1					111		11	1	1111	111
Portunus holsatus, Fabricius .				1	1	1							1		1											
Crangon vulgaris, Linn. .	11	1111	1111	1111	1111			1	11	1	11		111	1	1	11	11									
Schizopoda.																										
Macropsis slabberi, V. B. . .		1														1	1	1								
		1111	111	1	111			11	1	1			1	111										1111	111	1
Schistomysis ornata, G. O. Sars.	1	1111	111		11			111		1	1		11	1		1		1			111	1	1111	111	1111	11111
" *spiritus,* Norman. .	1			111	1																		1		11	1111
Gastrosaccus spinifer, Goes. .															11										1	1
Cirripedia.																										

Nauplius larva.	1			1	1	11	1	1	1		1		1			1	1	1	1			1	1			
	1	1	1	1	1		1	11	1	1	1	1	1	11	1	111		11		1	1	1	11		1	
Cypris larva.		1																								
													1		1			1								
Mollusca.																										
Lamellibranchiata, larvae. . .		1	1		1	1	1		111	111	111		1	1	1			1		1	1		11	1	1	
Gastropoda juv.											1		1													
						1																				
Prochordata.																										
Oikopleura dioica, Fol. . . .	111	1	1	1	11	111	1		11	111	11	1111	111	11	1	1	111	1	1	1		111	11	1		1
		1			1	1	1	11	1	11	1	111	1111	111	1			11		1	1	1	11		1	
Pisces.																										
Teleostei juv.	1					1								1			1				1		1			
Gobius minutus, Linn. . . .	1	111	111	111	111											1										
Syngnathus dumerilii, Moreau.		1																								
Clupea sprattus, Linn. . . .				1																						
Liparis vulgaris, Flem. . . .				1																						

§ XI. — Remarques générales.

I. — PERTURBATION DU JUSANT DU 8 SEPTEMBRE

Nous avons signalé, à diverses reprises, l'allure spéciale du jusant du 8 septembre.

Résumons brièvement les particularités qui nous apparaissent comme des indices d'une perturbation et recherchons si cette allure constitue réellement un écart dans la marche régulière des phénomènes de marée.

1. — Durée.

Le jusant du 8, mesuré depuis l'instant critique inférieur de vitesse de 7 heures jusqu'au passage au flot suivant, a une durée d'environ 6 h. 30.

Celui du 7, mesuré de la même façon n'a duré que 5 h. 30.

Les deux flots ont duré environ 6 h. 30.

Or *la moindre* durée du jusant est une règle ordinaire. Bien que nous n'ayons point vérifié cette règle par des observations suivies sur notre côte, nous croyons devoir considérer le cas d'un jusant égal au flot comme sortant des conditions normales.

2. — Mouvement vertical.

Écart dans la décroissance des marées.

Dans le but de mettre en évidence le caractère propre des deux marées observées nous avons reproduit, à une échelle réduite le tracé fourni par le marégraphe d'Ostende [1] pendant la période des sept jours suivant la pleine lune qui comprenait les journées du 7 et du 8 septembre. Nous avons développé ce tracé pour dissiper la confusion que produit la superposition des tracés journaliers d'une semaine sur les cartouches hebdomadaires du cylindre.

On y remarquera d'abord que le niveau de la mer haute décroit régulièrement depuis

---

[1] Nous devons à l'obligeance de M. le Directeur général Troost, d'avoir pu consulter la collection des diagrammes marégraphiques du service des Ponts et Chaussées.

le 4, jusqu'à la première marée du 6. Mais la deuxième marée du 6, au lieu de continuer à décroître, s'élève tout à coup plus haut que celle de tous les jours précédents, y compris le jour des vives eaux, c'est-à-dire du 4.

La marée suivante, — c'est-à-dire celle de la matinée du 7, précédant le début de l'expérience, — se montre aussi perturbée, car elle est encore supérieure à la première du 6.

La deuxième marée du 7, au contraire, rentre dans la marche normale, puisqu'elle reste en dessous de cette première marée du 6. C'est la première marée observée par nous-même.

La première marée du 8 est également normale, puisqu'elle s'élève encore moins.

La deuxième marée du 8, au contraire, montre encore une nouvelle, mais légère perturbation : elle s'élève un peu plus haut que la précédente.

C'est celle qui suit le deuxième jusant observé et figurant dans le diagramme I.

On voit que ce jusant, compris en majeure partie dans une marée montante qui s'élèvera trop haut, peut être considéré lui-même comme légèrement anormal.

Les mers hautes des jours suivants décroissent régulièrement jusqu'au 10.

Considérons maintenant les mers basses correspondant à cette série de mers hautes.

On remarquera sans peine que la variation du niveau inférieur est beaucoup plus inégale surtout au début de la période tracée que celle des niveaux des mers hautes. On y observe l'inégalité diurne dont parlent les ouvrages théoriques sur les marées [1].

Mais il y a une mer basse qui descend tout à coup plus bas que les précédentes et aussi que les suivantes : c'est précisément celle du 7 à 21 h. 30, soit la première mer basse observée durant l'expérience. Celle du 8 qui précède le jusant perturbé est au contraire normale.

En résumé : deux instants critiques de marée, pendant la période observée par nous se signalent par un niveau légèrement anormal de la mer, à savoir :

1° L'instant critique de basse mer du 7 à 21,30 h.
2° L'instant critique de haute mer du 8 à 15 h.

La mer basse du 7 paraît s'écarter plus de la marche normale de la décroissance des marées que la mer haute du 8.

A ne considérer que le niveau atteint aux instants critiques de marée, on serait tenté de n'accorder que fort peu d'importance à des variations aussi faibles.

Nous n'aurions peut-être pas songé à appeler perturbation la légère irrégularité de la mer basse du 7. Mais d'autres particularités, qui font défaut à cette dernière, signalent la marée montante du 8 comprenant le jusant que nous avons qualifié de perturbé.

---

[1] Voir une intéressante étude de P. Stroobant, Astronome à l'Observatoire Royal de Belgique " Les Marées ", Annuaire de l'Observatoire, 1906.

3. — Mouvement horizontal.

Nous avons jusqu'ici constaté l'anomalie du mouvement vertical des eaux. Examinons à présent les variations de direction et de vitesse de leur mouvement de translation horizontale, pendant les mêmes phases.

Malheureusement nous ne disposons plus ici, en dehors des heures observées par nous-mêmes, de séries continues d'observations précises comme celle du marégraphe.

Force nous est donc de rester dans les limites des deux marées intéressées dans le diagramme I.

A. Direction.

1° *Jusant régulier.*

Nous ne disposons d'aucun document d'où l'on puisse déduire avec rigueur la direction moyenne, normale, des courants réguliers de flot et de jusant, près de la côte. Toutefois il est généralement admis que le plein flot coule du WSW et le plein jusant de l'ENE, c'est-à-dire à peu près parallèlement à la côte, dont la direction, entre Nieuport et Wenduyne, est du WSW 1/4 W à l'ENE 1/4 E (magnétiques).

Cette donnée étant acceptée, faute de mieux, on constate que les deux premières phases de marée observées sont tout à fait normales, puisque le premier flot coule du WSW et le jusant suivant de l'ENE. Voir le diagramme II.

Le deuxième au contraire, — 8 septembre de 2 à 4 h. — au lieu de reprendre la direction WSW, s'en écarte d'un point, vers l'Ouest, et devient WQSW. Remarquons que cet écart de la direction fait suite à la mer basse un peu anormale du 7, mais que ce flot n'en apporte pas moins une mer haute normale ; il est donc normal quant à la hauteur, de la marée haute qui survient durant son cours.

La mer basse suivante — le 8 à 9 h. — est normale, ainsi que nous l'avons vu. Quant à la phase suivante, — jusant régulier du 8, qui nous occupe, — elle présente au point de vue de la direction un écart considérable.

Loin de couler de plus près de l'Est que le jusant précédent, pour prendre une direction exactement contraire à celle du flot précédent ou de celui du 7, il passe au contraire plus au Nord, de la valeur d'un point (diagramme II), et court du NEQE.

Cette direction du jusant régulier du 8 est la plus voisine du Nord que nous ayons observée dans un courant rapide, sauf celle qui fut observée une heure plus tard avec une vitesse égale (voir diagramme II, 11 heures), et dont nous parlerons plus loin.

2° *Partie giratoire.*

Nous n'avons pu suivre le deuxième giratoire de jusant-flot que durant sa portion jusant et tout au début de sa portion flot.

Mais on peut voir dans les diagrammes I et II que cette partie présente une allure différente de celle du giratoire de jusant-flot précédent, du 7.

D'abord la giration y est plus lente, puisque 2 heures après le jusant régulier précédent, le flot est déjà très nettement caractérisé par une direction WNW (à 1 h.), tandis que 3 heures après la fin du deuxième jusant, qui nous occupe, le courant vient encore du Nord (13 h.).

Ensuite le courant coule encore longtemps d'une direction très septentrionale, le 8, après la fin du jusant régulier, soit du NE 1/2 E à 11 h. et du NEQN à 12 h., tandis que les observations horaires n'ont pu surprendre le 7 qu'un courant NEQE entre la fin du jusant régulier et le flot indiqué, WNW, de 8 à 1 heure.

Ainsi, le jusant régulier du 8 s'écarte de celui du 7 en ce qu'il est plus Nord, et le jusant-giratoire subséquent, s'écarte de celui du 7 par sa lenteur de giration et par sa direction également plus septentrionale.

Si donc le jusant du 7 est normal, on doit considérer celui du 8 comme perturbé au point de vue direction.

B. Vitesse.

Le jusant du 8 diffère de celui du 7, d'abord par sa grande vitesse.

Voici, comparativement, les vitesses observées pour chacun de ces jusants :

	7 septembre.	8 septembre.
Première heure .	27,2 cm. par seconde	45,2 cm. par seconde
Deuxième heure .	41,2 » »	53,2 » »
Troisième heure .	46,2 » »	49,2 » »
Quatrième heure .	40,2 » »	53,2 » »
Cinquième heure .	11,2 » »	41,2 » »
Moyenne . . .	33,2 cm. par seconde	48,4 cm. par seconde.

On voit donc qu'à toutes les heures sa vitesse est notablement supérieure.

Sa vitesse moyenne est supérieure de 15,2 cm. par seconde.

Elle l'emporte même légèrement sur celle du premier flot qui est 46,26. Mais ce flot compte des vitesses absolues supérieures.

Il y a lieu de remarquer aussi qu'il prend très brusquement une grande vitesse. Dès la première heure qui suit l'instant critique inférieure de vitesse, il coule à 45,2 cm. par seconde, alors qu'à l'observation horaire correspondante le jusant du 7 ne marquait encore que 27,2 cm. par seconde.

Mais il est une particularité plus remarquable de sa marche qui signale la deuxième partie de ce courant : c'est une *recrudescence de vitesse,* subséquente à la décroissance qu'elle a subie pendant le jusant régulier, de 9 à 10 h.

Le fait est mis le mieux en évidence dans le diagramme II.

On y constate que la vitesse tombe de 53,2 cm. par seconde à 49,2 cm. par seconde durant le courant régulier. Mais une heure après, à 11 h., on la retrouve de 53,2 cm. par seconde avec une direction d'un demi point plus Nord.

Cette particularité dont nous ne trouvons l'analogue dans aucune des autres phases semble indiquer nettement une perturbation de la marche régulière des phénomènes de marée.

Il est remarquable aussi que l'instant critique initial de direction coïncide avec l'instant critique supérieur de vitesse. C'est-à-dire que le courant ne prend une direction constante *qu'à partir du moment où sa vitesse commence à décroître.*

Le flot précédent avait déjà présenté la même particularité. Celle-ci constitue-t-elle une anomalie? Indique-t-elle une perturbation? Pour répondre à cette question il faudrait, ainsi que nous l'avons dit plus haut, posséder de longues séries d'observations et aussi disposer d'appareils délicats enregistrant d'une manière continue les variations de la direction en même temps que celles de la vitesse.

C. Giration.

Enfin une dernière particularité du mouvement horizontal de ce jusant est le fait que la giration s'effectue en pleine vitesse.

Ce fait donne un facies tout spécial au tracé du jusant du 8 dans le diagramme II.

Jusqu'à 7 h. la giration du courant paraît normale.

Mais à partir de ce moment elle devient tout à coup extrêmement rapide : elle parcourt 12 points du compas en 1 heure, tandis que la vitesse saute, de 7,2 cm. par seconde à 45,2 cm. par seconde.

Pendant l'heure suivante la giration se ralentit : elle ne fait que 2 points, mais notons qu'elle dépasse l'ENE, direction constante du jusant régulier précédent, pour atteindre le NEQE.

La vitesse croît encore, jusqu'à 9 h. Cependant son accélération est devenue très faible : elle ne gagne plus que 8,2 cm. par seconde.

Mais alors la giration subit le temps d'arrêt réglementaire du courant régulier et pendant 1 heure le jusant garde la direction constante du NEQE, tandis que la vitesse s'abaisse de 53,2 cm. par seconde à 49,2 cm. par seconde ainsi que nous l'avons vu.

Puis la giration reprend, mais très lentement d'abord, puisqu'en 1 heure elle n'a fait qu'un demi point (11 h.), tandis que la vitesse remonte à 53,2 cm. par seconde.

Après cela elle s'accélère beaucoup tandis que la vitesse, tout en baissant graduellement, demeure toujours fort grande, jusqu'à ce que, à 14 h., la direction W, qui est franchement du flot, soit atteinte.

Le giratoire de jusant-flot tout entier se fait donc en grande vitesse, car il est fort improbable qu'un grand ralentissement soit survenu entre les deux observations horaires de 13 h. et de 14 h. qui l'une et l'autre signalent des vitesses relativement très grandes : 25,2 cm. par seconde et 29,2 cm. par seconde.

Cette giration en grande vitesse nous apparait comme un des principaux indices de la perturbation qui caractérise cette phase.

4. — Salinité.

La variation de la salinité pendant le jusant du 8 diffère de celle qui avait été observée le 7, à la surface comme au fond. Examinons-la comparativement, à ces deux niveaux, dans l'une et l'autre de ces phases.

Surface.

La salinité passe de la haute salinité à la moyenne pendant l'heure qui suit l'instant critique inférieur de vitesse du flot, le 8 comme le 7. Il y a donc ici coïncidence parfaite.

Après cela pendant trois heures on observe de l'eau de moyenne salinité, puis l'eau de basse salinité apparaît à 23 h. et à 24 h.

Il y a donc concordance aussi quand à l'instant de l'apparition et de la disparition de l'eau de moyenne salinité. Mais le 8, pendant cette période de moyenne salinité elle-même, l'eau de surface se montre tout à coup de basse salinité.

Cependant cet abaissement ne dure pas : à 10 h. la moyenne salinité reparaît pour se continuer jusqu'après 11 h. comme le 7.

Cette apparition d'une masse d'eau de basse salinité constitue une perturbation qui différencie le jusant du 8 de celui du 7.

Il faut noter aussi que la moyenne salinité du 8 est plus élevée que celle du 7, surtout après la disparition de l'eau de basse salinité, moment où elle atteint presque la haute salinité. — Diagramme I. 10 h.

La fin des deux jusants se fait en basse salinité, le 8 comme le 7.

Fond.

Nous n'avons pas ici à comparer la variation du fond à celle de la surface, — cela a été fait au paragraphe VII — mais bien la variation au fond le 7 et le 8.

Constatons d'abord que l'apparition de l'eau de haute salinité s'est produite, durant le flot précédent, au même instant au fond qu'à la surface, le 8 comme le 7, soit après 13 h. le 7, et après 2 h. le 8.

Sa disparition définitive se fait aussi, le 8 comme le 7, après la 7me heure qui suit son apparition, et après la 4me heure qui suit le début du jusant soit, le 7 après 21 h. et le 8 après 10 h.

Mais le 8, à 8 heures, ce courant sous-marin d'eau de haute salinité se trouve interrompu par une arrivée soudaine d'eau de moyenne salinité, coïncidant avec un phénomène semblable qui se manifeste à la surface.

Cette interruption n'est pas de longue durée : à l'observation horaire suivante la haute salinité a reparu. Elle est spéciale au jusant du 8 et le différencie de celui du 7.

Ainsi donc, au fond comme à la surface, la variation de la salinité présente le 8 une allure différente de celle du 7.

Si cette dernière est normale, l'allure du 8 est une anomalie et indique une perturbation des phénomènes de marée.

On reconnaîtra que cette interruption momentanée du cours d'une eau d'une salinité donnée, par une simple bouffée d'eau moins salée, bientôt remplacée, présente l'apparence d'une interruption survenant dans un écoulement normal. Il semble que l'eau littorale peu salée qui caractérise le jusant a pu, à 8 heures, repousser vers le large la dernière partie des eaux salées de flot, grâce à la grande vitesse que le courant à prise brusquement, dès la première heure du jusant.

Cette eau s'est montrée avec une salinité moyenne aussi bien au fond qu'à la surface. Plus tard, entre 8 et 9 heures, la vitesse s'est encore accrue, mais en prenant une direction plus Nord, — diagramme I, — et il semble que ce changement de direction, de deux points du compas, a ramené vers la côte la dernière eau de flot, du moins au fond. A la surface l'eau de basse salinité glissant au-dessus des couches salées a pu faire une courte apparition, (à 9 h.) mais bientôt elle s'est trouvée aussi chassée par une eau d'une salinité assez forte, bien qu'inférieure à celle de l'eau de fond.

Les phénomènes semblent avoir été les mêmes à la surface qu'au fond mais, en les comparant, il faut tenir compte du fait, nettement indiqué dans le jusant précédent, du glissement de l'eau de jusant peu salée au-dessus de l'eau de flot qui l'est davantage.

5. — Matières en suspension.

A ce point de vue le jusant du 8 s'écarte partiellement de la règle que nous avons cru pouvoir énoncer en disant que, dans une phase de marée donnée, la grande vitesse entraîne une forte proportion de matières de dépôt et que la vitesse faible en entraîne une faible proportion.

En effet, s'il est conforme à cette règle que l'eau soit peu chargée à 7 h., instant critique inférieur de vitesse, il lui est contraire que sa charge reste faible ou moyenne pendant les trois heures qui suivent, avec des vitesses considérables, de 45,2, 53,2 et 49,2 cm. par seconde.

On pourrait encore accepter comme peu anormal le fait que la charge n'est guère montée à 8 h., si l'on tient compte de la brièveté de la période pendant laquelle la vitesse s'est accrue entre 7 et 8 h. car il faut peut-être un certain temps pour que la mer se trouble sous l'action d'un courant balayant un fond de vase. Mais que les vitesses de 53,2 et 49,2 n'aient produit qu'un trouble moyen pendant les deux heures suivantes, cela constitue un écart d'avec le jusant du 7, où des vitesses inférieures avaient produit des charges atteignant 0,292 gr. et 0,384 gr.

Cet écart aussi indique une perturbation.

Nous avons dit plus haut, p. 60 que le fait de la faible charge de l'eau de jusant le 8, à 8 h. et à 9 h., c'est-à-dire pendant les heures ou règnent précisément les grandes vitesses dont nous venons de parler, constitue une exception confirmant une règle.

Cette règle c'est que le flot à moins de tendance à charrier de l'eau trouble que le jusant.

En effet, bien que le courant à 8 h. et à 9 h. coule dans la direction du jusant nous avons vu qu'on doit considérer ses eaux *comme des eaux de flot en marche rétrograde* ou du moins comme partiellement formées d'eau de flot à la surface et presque complètement au fond.

Ces deux grandes vitesses n'ont peut être pas apporté immédiatement une eau très chargée parce que la masse charriée n'est pas de l'eau de jusant, mais bien de l'eau de flot.

II. — CAUSE DE LA PERTURBATION

La cause du trouble signalé dans la durée, l'amplitude, la direction, la vitesse, le mode de giration, la salinité et la charge en matières solides du jusant du 8, nous échappe complétement.

Le vent, force éminemment variable et capricieuse, peut avoir une action très marquée sur les courants de marée.

Sans doute son influence, comme le dit Van der Stok [1] est « bien moins grande qu'on » l'admet généralement, parce qu'il n'y a que les vents constants en direction tels que les » vents alisés qui transmettent leur mouvement jusqu'à une profondeur appréciable. »

Cependant « une forte brise peut causer un mouvement superficiel assez considérable » mais de peu de durée. »

Ce dernier effet peut être très marqué près des côtes et surtout dans les ports et autres endroits fermés ou resserrés. Aussi est-ce au vent que l'on songe en premier lieu lorsqu'une anomalie s'y manifeste dans les phénomènes de marée.

Nous avons donc dressé le diagramme des vitesses anémométriques notées au West-Hinder pendant les journées voisines du 8 et nous l'avons placé sous le tracé marégraphique dans la planche III.

Mais la comparaison de ces deux tracés mis en présence ne révèle aucune influence nette du vent sur les marées. La brise assez vive qui, le 6, a soufflé du NW puis du WNW ne paraît pas avoir causé la haute marée de ce jour, car, d'après Petit, les vents de cette direction diminuent la durée et la vitesse du flot et semblent devoir tendre plutôt à amoindrir qu'à augmenter l'amplitude de la marée.

Quant à la durée et à la vitesse des courants, qui sont plus directement influencées que l'amplitude, elles ne nous sont connues que pour la période que nous avons étudiée nous-même. La longue durée du jusant du 8, —voir le diagramme III, — n'est pas due à la brise du WSW qui s'est élevée légèrement dans l'après-midi du 7, car les vents de cette direction sont contraires au jusant et ne peuvent tendre qu'à en abréger la durée et à en diminuer la vitesse.

On voit tout l'intérêt que présenteraient des observations continues sur la durée, la vitesse et la direction des courants, ainsi que sur la température et la salinité de l'eau, données que l'on pourrait porter sur le diagramme fourni par le marégraphe.

Les perturbations éventuelles seraient ainsi mises en évidence, et l'étude simultanée

---

[1] Van der Stok. *Loc. cit.*

des variations survenant dans l'ensemble des conditions météorologiques et astronomiques permettrait peut-être d'en étudier le mécanisme et d'en découvrir la cause.

L'océanographie n'est pas la seule science qui puisse gagner au fonctionnement d'un tel système d'observations; l'hydrographie côtière et la météorologie y trouveraient également leur profit.

III. — QUELQUES INDICATIONS PRATIQUES

On sait que l'eau côtière dans notre région est plus ou moins mélangée d'eau douce. Elle n'atteint pas souvent les hautes salinités du large qui peuvent s'élever au-dessus de 35 ‰.

Cependant l'eau de haute salinité est nécessaire à la vie ou à la santé de divers animaux marins qu'on entretient dans les parcs ou dans les aquariums.

Les homards, par exemple, ont besoin d'une eau aussi salée que possible et sont très sensibles aux changements brusques de salinité. Plus d'une fois on a vu périr un chargement complet de ces crustacés par suite de la pénétration d'une eau trop douce, dans le vivier perforé du navire, celui-ci ayant fait son entrée dans le port d'Ostende à un instant où la salinité y était faible, par suite d'un grand déversement d'eau douce du canal de Bruges, ou des ruisseaux recueillant les eaux des campagnes voisines d'Ostende.

Il est donc utile que des recherches spéciales établissent, autant que la chose est possible, le régime normal des variations de la salinité aux diverses époques de l'année.

De l'expérience que nous venons de relater et d'analyser, on peut déjà tirer quelques indications, valables pour la période d'Automne.

Le diagramme I fait voir que l'instant le plus favorable pour la prise de l'eau de mer la plus salée possible, à la côte même, est *plutôt après la mer haute qu'avant.*

En effet, on voit la salinité monter, le 7, jusqu'au moment même de la mer haute et le 8, encore plusieurs heures après dans une faible proportion. Disons donc qu'il convient de ne jamais faire cette prise avant mer haute, mais bien 1 à 2 heures après.

Si l'on désire, au contraire, une eau bien claire plutôt que très salée, on fera la prise à l'étale de flot, ou instant critique inférieur de vitesse du flot. L'eau, grâce au ralentissement du courant, se sera dépouillée de ses matières solides et conservera cependant une salinité encore assez élevée. Voir le diagramme I, à 19 h. le 7, et à 7 h. le 8.

Si, au contraire, on recherche une eau peu salée mais claire, qui convient, dit-on, à l'amélioration des huîtres et des moules, on la prendra à l'étale de jusant mais sans oublier que, prise à l'Ouest en cet instant, elle pourra être mêlée à de l'eau qui sort du port. On fera donc la prise le plus loin possible dans l'Ouest.

Quels que soient les résultats que donneront les études bactériologiques en cours sur la question des huitrières, il est évident, dès maintenant, qu'au point de vue de l'hygiène, l'eau la plus sûre est celle qui sera puisée du côté de l'Ouest, au moins deux heures *après mer haute*, alors que le flot a déjà perdu un peu de sa vitesse.

Pour l'entrée des navires à vivier, le meilleur moment sera également le flot, mais il sera prudent de ne pas attendre longtemps après mer haute. On tiendra toujours compte de l'action du vent qui a régné les jours précédents.

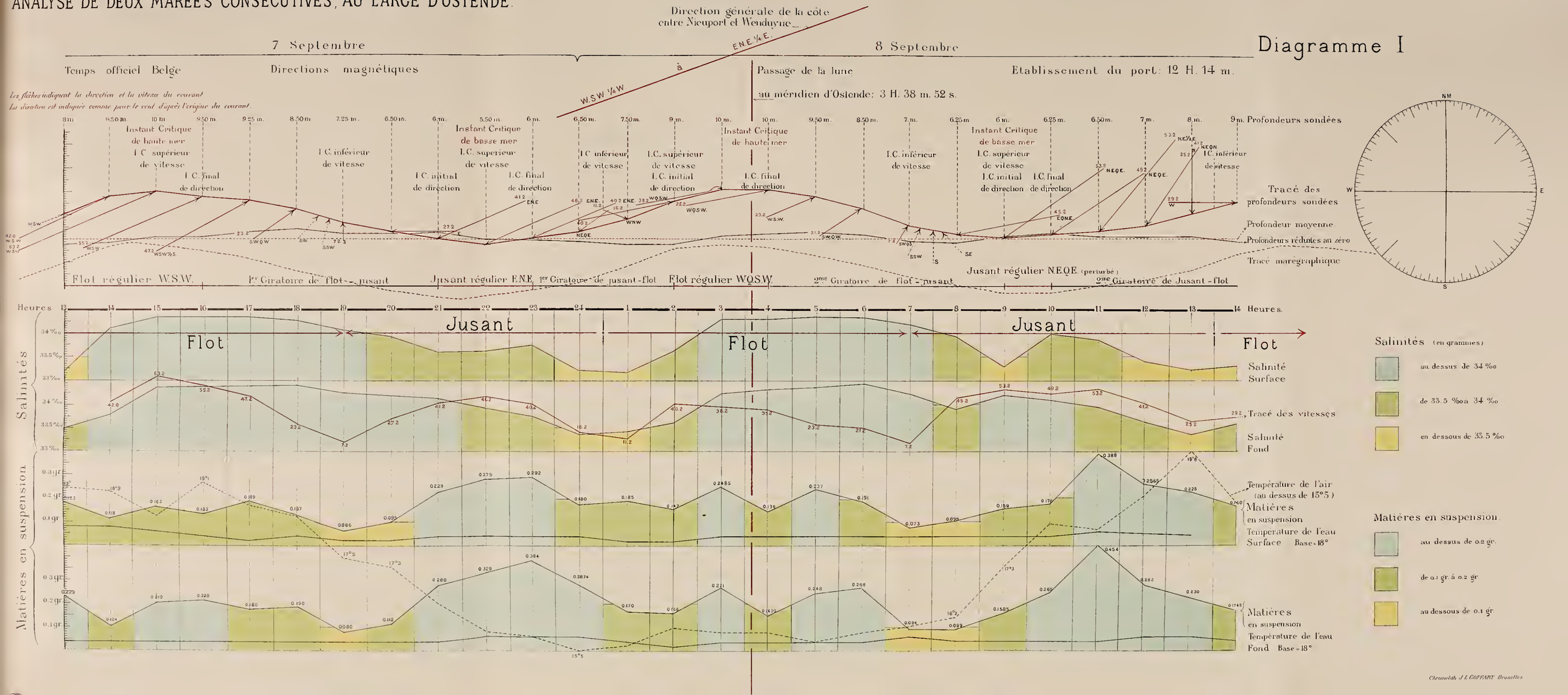
Au surplus, il est facile de faire prendre la densité de l'eau du port. Mais cette observation devra être faite en différents points du trajet que le navire doit suivre avant d'arriver à son lieu d'amarrage. Si la densité est très faible on doit, dès que le navire est en vue, lui signaler de rester au large.

Ajoutons que les variations de la salinité et de l'ensemble des conditions physiques et biologiques dans le port lui-même, feront l'objet d'une publication ultérieure. Les résultats obtenus jusqu'ici permettent d'affirmer que le fond de l'avant-port sera toujours périlleux pour les espèces sténohalines.

MÉMOIRES DU MUSÉE R. D'HIST. NAT. DE BELGIQUE. T. IV. 1907.

ANALYSE DE DEUX MARÉES CONSÉCUTIVES, AU LARGE D'OSTENDE.

Diagramme I

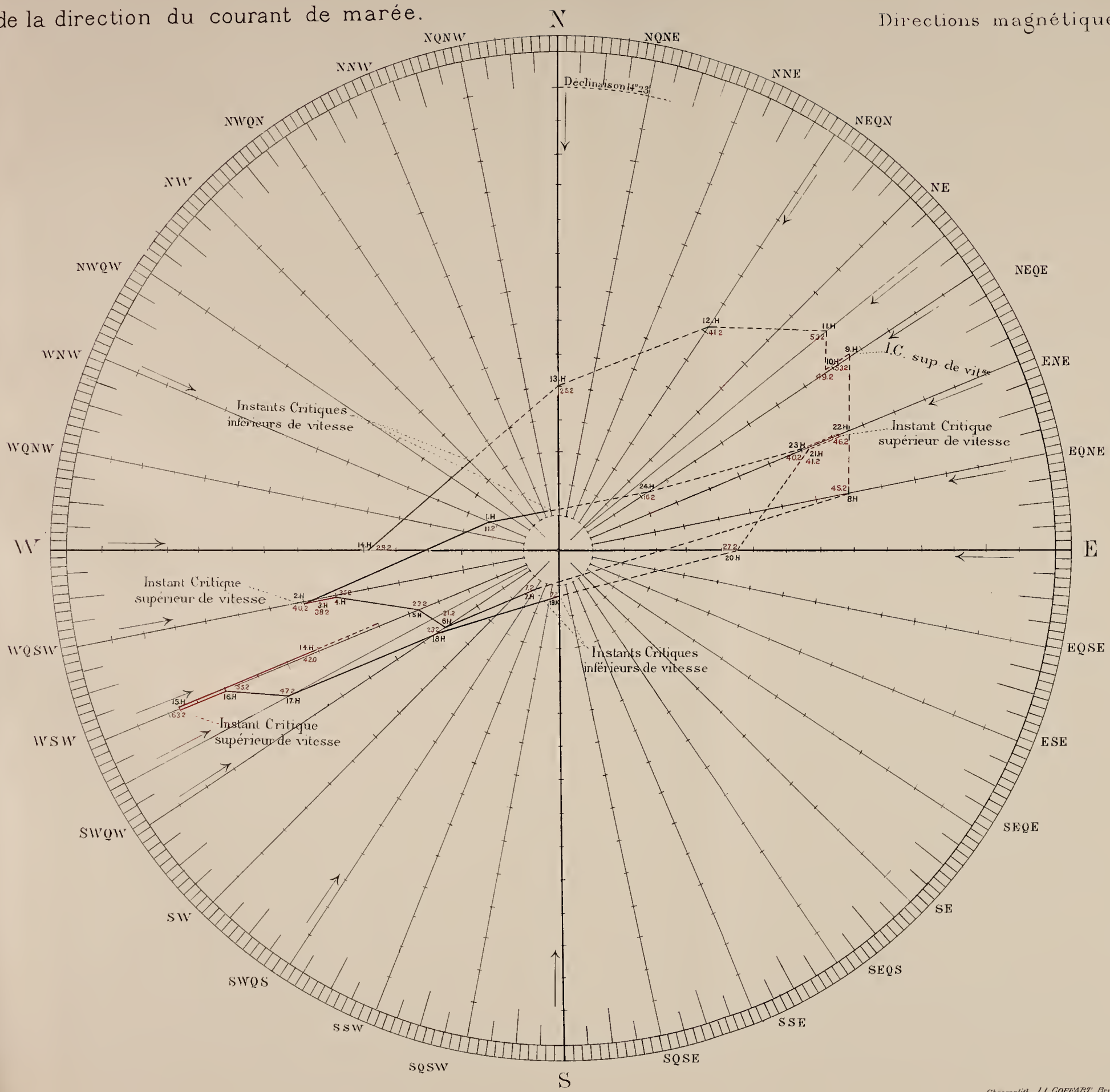


VARIATIONS DE LA VITESSE

et de la direction du courant de marée.

Diagramme II

Directions magnétiques.



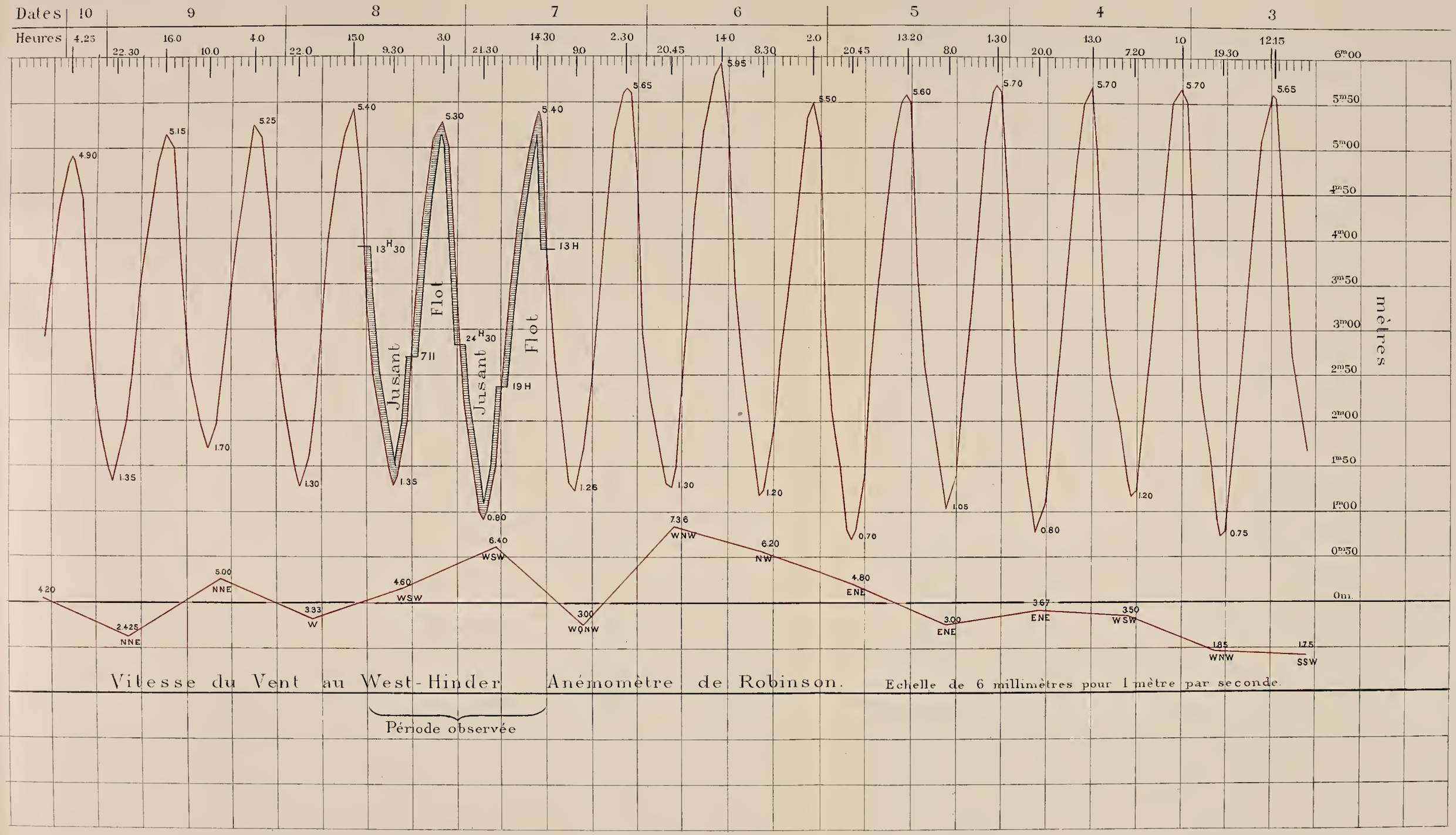
Chromolith. J. L. GOFFART. Bruxelles

Diagramme III

Hauteur des Marées - Marégraphe d'Ostende.

Echelle de 24 millimètres par mètre.

Du 3 au 10 Septembre 1906



Chromolith J. L. GOFFART Bruxelles