

385  
7745

89163

J. DEVROYE  
INGÉNIEUR  
43. RUE JOURDAN  
BRUXELLES

# Annales de l'A.I.G.

3<sup>e</sup> fascicule del 9<sup>th</sup>.

## LE MÉCANISME DES ALLUVIONS

PAR

C. J. VAN MIERLO,

Ingénieur honoraire des Ponts et chaussées,  
Ancien Ingénieur du Service hydrographique de la Marine  
de l'État Belge  
Ingénieur principal de la Compagnie Internationale des Wagons-Lits.

### PRÉAMBULE.

Parmi les diverses branches de l'art de l'ingénieur, il en est peu qui aient réservé des mécomptes aussi nombreux et aussi considérables que les travaux maritimes.

Si, dans d'autres genres de travaux, il arrive quelque accident grave (une charpente qui s'écroule, un mur qui se renverse, une voûte qui se fissure) les appréciations les moins indulgentes sont appliquées à l'auteur du projet ou au constructeur de l'ouvrage ; l'affaire est soumise à des ingénieurs conseils ou à des experts et, en général, on ne tarde pas à mettre le doigt sur le point précis où se trouve le défaut.

Aussi, des accidents importants de ce genre sont-ils rares et localisés. Les constructions spécialement neuves ou hardies, donnent bien, parfois, lieu à des discussions longues et vives ; elles doivent, dans certains cas, être soumises à des spécialistes ou à des savants réputés ; mais quand on en arrive à l'exécution du projet, on ne doit que très rarement enregistrer un insuccès. Tout au plus a-t-on de ces incidents ou de ces contretemps qu'on rencontre dans tous les grands travaux et que l'habileté des ingénieurs ou des constructeurs parvient à résoudre ou à tourner. Le plus souvent, ces incidents peuvent bien retarder l'achèvement de l'ouvrage ou en majorer le

prix mais — à de très rares exceptions près — ils n'ont pu empêcher de réaliser le projet primitivement prévu.

Dans les cas exceptionnels où l'on est arrivé à un échec nettement caractérisé pour un travail ou pour une conception d'ensemble, on ne s'est jamais obstiné pendant des mois ou des années, à poursuivre la réalisation d'une idée que l'expérience conseillait d'abandonner. Au contraire, l'expérience du passé formait un point de départ solide pour déterminer ultérieurement, dans une circonstance plus ou moins assimilable, ce qu'il convenait de faire et de ne pas faire. Et une faute ou une erreur, commise une fois, restait localisée et ne se reproduisait plus dans l'avenir.

Il n'en est pas ainsi pour les travaux maritimes.

Les travaux maritimes que j'envisage spécialement ici sont ceux qui sont étudiés ou entrepris pour permettre aux navires d'accéder à un port.

Il s'agit donc, surtout, du creusement ou de l'entretien des chenaux, passes, rades, ports où les navires doivent passer ou séjourner pour leurs opérations commerciales, des études et des travaux qui sont requis pour qu'un navire puisse venir, de la haute mer, jusque contre le mur de quai ou dans le bassin où il s'amarrera et j'exclus de ces pages — bien que parfois ils pourraient s'y rattacher — les malheurs survenus aux constructions elles-mêmes comme, par exemple, un quai qui glisse.

Comme nous le verrons, des travaux et des études de ce genre ont été suivis d'échecs cuisants, soit que, par les travaux, on ne soit pas parvenu au but qu'on s'était proposé — on est même parfois arrivé à des buts diamétralement opposés — soit que les études aient été poussées, parfois pendant des années, dans une voie qui ne comportait pas de solution ou qui n'en comportait que des mauvaises, et qu'on ait ainsi perdu un temps précieux pour le développement ou l'amélioration d'installations maritimes trop exiguës.

Pour la plupart des ports, la question ne se pose pas brutalement : c'est peu à peu que l'on s'aperçoit que les navires devenant de plus en plus grands, les chenaux, les écluses, les quais manquent de profondeur ; c'est peu à peu, aussi, que certains accès deviennent moins faciles à cause des alluvions qui s'y déposent ; et comme la technique moderne dispose d'un outillage puissant pour combattre les alluvions, la lutte a été engagée.

Insignifiante au début — il ne s'agissait, par ci, par là, que de quelques décimètres à gagner — elle n'a pas tardé à prendre un développement inattendu.

Quantité de ports plus ou moins importants ont dû abdiquer et se résigner au rôle de ports de second ordre ou de cabotage et, dans la plupart des pays, tout l'effort des autorités s'est concentré sur un petit nombre de ports qu'il fallait, coûte que coûte, maintenir au premier rang.

C'est alors qu'on se lança dans les travaux de grande envergure pour améliorer les ports existants et même pour en créer de nouveaux de toutes pièces. C'est vers le milieu du siècle dernier que les dragues à vapeur ayant été augmentées de beaucoup en puissance, on s'en servit pour combattre des alluvions accumulées depuis des siècles et réaliser des améliorations remarquables. Les travaux de la Clyde, de la Tyne, de la nouvelle Meuse et, un peu plus tard, ceux du Wéser étonnèrent autant par leur importance que par le succès qu'ils obtinrent et la prospérité industrielle et commerciale qui s'en suivit pour les contrées voisines.

Qu'y avait-il de plus simple et de plus naturel que de refaire ce qui avait si bien réussi, en quelques endroits ; qu'y avait-il de plus simple et de plus naturel, ayant une première fois réussi à approfondir une région d'un demi mètre, de faire repasser une seconde fois les mêmes engins qui avaient fait le premier travail pour gagner un second demi mètre ?

Des efforts ingénieux, énergiques et persévérandts ont donc

été entrepris pour lutter contre les alluvions ; seulement, il manquait souvent la connaissance des éléments qui pouvaient influer sur le régime des alluvions et c'est à l'étude de ces questions que j'ai consacré une partie du temps où je pouvais procéder à des mesurages.

C'était en 1893. M. De Mey, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées à Ostende, préparait la deuxième édition (elle parut en 1894) de son ouvrage sur l'amélioration des Ports en plage de sable, et il souhaitait voir des expériences nombreuses et précises lui donner des éléments d'appréciation sûrs quant à une partie des travaux maritimes en vue. Il venait de réussir la passe de Raversyde creusée à travers le Stroombank dans le voisinage d'Ostende. Il étudiait la création, devant Ostende même, d'une passe directe — réalisée depuis — et il pensait au creusement d'une troisième passe à l'Est d'Ostende, là où le Stroombank tend à se souder à la côte, avec l'idée que les courants de marée auraient plus facilement parcouru et dévasé la petite rade d'Ostende, dont le fond se relevait, et amélioré l'accès du port d'Ostende qui devenait, à cette époque, un peu inquiétant.

On conçoit, dans ces circonstances, combien il devait tenir à avoir des renseignements précis et détaillés sur l'origine et la marche des alluvions sur notre côte.

Les années 1894-1895 et une partie de 1896 furent consacrées à recueillir un nombre considérable de données et il parut bientôt qu'on ne pouvait séparer l'Escaut de l'étude en mer, du moins pour toute une partie du littoral.

En 1897, De Mey lui-même travailla la question et, vers la fin de cette même année, il proposa de ne pas construire le môle de Zeebrugge à cause des alluvions qui se déposeraient — en quantité démesurée — à l'abri de ce môle.

L'expérience a appris, depuis, combien ces prévisions étaient justifiées. Malheureusement, De Mey mourut le 26 février 1898. Je n'ai jamais appris que les données recueillies

eussent été utilisées et comme d'autres incidents, dont quelques uns tout récents, ont montré qu'on se fait, encore maintenant, une idée inexacte du mécanisme des alluvions, je me suis figuré qu'il y aurait peut être encore quelque intérêt à réveiller d'aussi vieux souvenirs pour indiquer ce qui en est réellement et quelles sont les erreurs qui ont été commises.

Il se fait, par chance, que notre pays se trouve dans des conditions exceptionnellement favorables pour faire cette étude.

Nous avons un littoral où sables et vases abondent ; nous avons un fleuve limoneux pourvu dans son estuaire de nombreux bancs, de criques, de bras morts ; cet estuaire se termine par un fleuve de largeur se réduisant rapidement, présentant donc des caractères extrêmement variables.

Le tout se trouve soumis à des marées relativement considérables ayant des différences assez grandes entre vives eaux et mortes eaux et, en outre, à des vents généralement vifs tournant volontiers, en hiver, à la tempête.

On chercherait, en vain, à faire convenir un navigateur que pareille description correspond à l'idéal d'un marin ; mais pour celui qui s'est proposé d'étudier le mécanisme des alluvions, il serait difficile de trouver, dans une région aussi petite d'une autre mer, autant de choses diverses, et elle constitue certainement un champ d'études des plus intéressant.

Dans cette étude, nous devrons séparer les alluvions marines et les alluvions fluviales ; toutefois dans ces dernières nous comprendrons une partie des alluvions de l'estuaire déjà marin.

## PREMIÈRE PARTIE.

---

### ALLUVIONS MARINES.

---

#### CHAPITRE PREMIER.

---

##### Examen de la puissance de l'adversaire.

---

La mer est, pour les ingénieurs, un adversaire redoutable, disposant de moyens de destruction variés, et dont ils ont appris à se défier.

Construit-on en bois, le taret ronge les pièces entre le niveau de marée haute et celui de marée basse ; construit-on en fer, la rouille attaque rapidement et énergiquement la construction et il faut qu'elle soit bien solide pour ne pas devenir caduque au bout de 25 ou 30 ans ; construit-on en maçonnerie, l'eau attaque les mortiers et les désagrège ; construit-on en enrochements, la tempête les secoue, les déplace et s'en sert parfois comme de projectiles pour faire des destructions plus grandes.

Les exemples de la digue de St Jean de Luz, de la jetée de Becquet, du premier phare d'Eddystone et d'autres ont été cités assez de fois pour être connus de tous ceux qui s'intéressent aux travaux maritimes. Aussi a-t-on vu peu à peu les dimensions des ouvrages à la mer s'amplifier, leur construction se consolider, et leur prix s'accroître dans de rapides proportions.

Les énormes blocs de béton, et plus tard les caissons-blocs sont venus opposer leur masse à l'action des vagues et l'on peut considérer aujourd'hui que l'ingénieur est à peu près en mesure de combattre l'action destructive brutale des mers. Un peu partout, on a construit des phares, des digues, des

môles, des jetées, même en des points où les eaux exercent leur plus puissant effort et — sauf quelques cas isolés — tout cela tient.

Si, descendant de ces exemples extrêmes, on arrive dans une classe de phénomènes moins brutaux, la lutte ne se poursuit plus dans des conditions aussi avantageuses. Nous voulons parler ici des phénomènes d'érosion ou de démolition lente, partielle, mais continue que la mer exerce sur ses rivages.

Comme on le sait, beaucoup de points de toutes les côtes, soit sableuses, soit rocheuses, sont attaqués par la mer. On peut dire que, d'une manière générale, on n'engage pas la lutte : on se borne à constater, assez mélancoliquement, qu'en un siècle telle falaise a reculé de tant de mètres ou que telle rive s'est amaigrie dans des proportions inquiétantes et on ne cherche guère à l'empêcher parce qu'on est à peu près désarmé.

On entend dire que l'île d'Heligoland est rongée par la mer, que le tombeau de Chateaubriand, dans la baie de S<sup>t</sup> Malo, est menacé par les vagues et, pour prendre un exemple plus précis et plus détaillé, nous examinerons un instant la pointe de Grave à l'embouchure de la Gironde.

La mer, attaquant le littoral atlantique, l'avait fait reculer de 350 mètres de 1825 à 1853. La pointe elle même reculait de 20 mètres par an. Aussi en vint-on à craindre que tout le promontoire serait détaché du continent en ouvrant une nouvelle embouchure à la Gironde.

A cause des inconvénients que l'on redoutait si ceci se produisait, on songea à combattre l'action de la mer par des épis construits sur la rive qui regarde l'Océan et une digue jetée dans le fleuve. Mais tandis que ces travaux étaient en cours d'exécution, le fort de Grave fut emporté et les épis du rivage atlantique furent endommagés ou détruits l'un après l'autre.

On constata que plusieurs des épis, loin d'amener une amé-

lioration de la plage avaient, au contraire, occasionné des affouillements de plus de deux mètres et, finalement, on décida de démolir tous ces épis, de les remplacer par des défenses mieux appropriées à la nature des érosions qui se manifestaient et l'on construisit une série de digues longitudinales qui ont assuré la conservation de la plage avec une efficacité beaucoup meilleure.

Plus près de nous, la digue du Helder a été construite après que, pendant 3 siècles, la côte nord de la Hollande eût été attaquée, rongée par les érosions et qu'elle eût reculé de 1850 mètres. Le long de cette digue, on sonde 20 mètres d'eau à 150 mètres du rivage, et le pied doit être régulièrement consolidé au moyen d'enrochements, moyennant quoi elle tient.

Plus près encore, la digue de Westcappelle quoique particulièrement exposée aux coups de vent de l'ouest et précédée, elle aussi, de fonds à grands sondages ne paraît plus exposée à des érosions bien importantes.

Chez nous mêmes, on a du reculer une digue à Knocke ; les plages de Heyst et — en partie — celle d'Ostende sont démaigries de sorte que, ça et là, à cause de raisons assez mal définies, il se produit encore des érosions relativement considérables que l'on combat avec plus ou moins de succès.

Toutes les érosions et tous les assauts de la mer ne constituent pas, toutefois, sur des côtes basses et sablonneuses comme les nôtres, le facteur principal avec lequel l'ingénieur doit compter dans les travaux maritimes et le véritable ennemi c'est l'alluvion, c'est le grain de sable ou la particule de vase qui se déposent dans les chenaux de navigation et dans tous les endroits plus ou moins abrités.

Puisque nous cherchons, ici, à nous rendre compte de la puissance de l'adversaire, la première question qui se pose — et elle s'est posée depuis longtemps — est celle de savoir ce que l'eau contient par mètre cube, comme alluvion.

On se rend compte — quand on songe que les courants de la mer du Nord sont d'une vitesse d'environ 1 m. par seconde — de ce que les eaux doivent être extrêmement chargées. Il suffit d'ailleurs de regarder la couleur de l'eau et son aspect pour en être convaincu.

On trouve, dans les cours et dans les aide mémoire, les chiffres de Dubuat pour les vitesses qui permettent à l'eau d'entraîner certaines roches :

Argile brune, propre à la poterie . . . . .	0 <sup>m</sup> 081	par seconde
Sable fin . . . . .	0 <sup>m</sup> 160	" "
Gros sable jaune . . . . .	0 <sup>m</sup> 217	" "
	gros comme un grain	
Gravier de Seine	d'anis . . . . .	0 <sup>m</sup> 108
	gros comme un pois	
	gros comme une pe-	
	tite fève . . . . .	0 <sup>m</sup> 325
Galets de mer arrondis de 0 <sup>m</sup> 027 de diam.	0 <sup>m</sup> 650	" "
Pierres à fusil anguleuses grosses comme		
un œuf de poule . . . . .	0 <sup>m</sup> 975	" "

Les expériences de M. Telford, mentionnées dans l'encyclopédie d'Edimbourg, donnent les chiffres suivants :

Vitesses par seconde	Matières qui résistent à ces vitesses et cèdent à des vitesses plus grandes
0 <sup>m</sup> 076	Terre détrempée.
0 <sup>m</sup> 152	Argile tendre.
0 <sup>m</sup> 305	Sable.
0 <sup>m</sup> 609	Gravier.
0 <sup>m</sup> 914	Cailloux.
1 <sup>m</sup> 220	Pierres cassées, silex.
1 <sup>m</sup> 520	Cailloux agglomérés. schistes tendres.
1 <sup>m</sup> 830	Roches en couches.
3 <sup>m</sup> 050	Roches dures.

Il ne peut venir à l'idée de contester ces chiffres et cependant, quand on pense que l'on ne trouve que du sable et de la vase dans la Mer du Nord et que les vitesses y sont fréquemment supérieures à 1 mètre par seconde, on devrait arriver à la conclusion que tous les rivages et tous les bancs de cette mer devraient être entraînés et il est évident qu'il n'en est rien : les bancs et les plages ne changeant que fort lentement.

Un instant de réflexion — et d'ailleurs c'est indiqué dans les expériences de Dubuat — montre que ces chiffres sont obtenus dans des canaux factices où un certain volume d'eau pure est admis à courir à une vitesse déterminée. Quand, alors, dans ce courant, on dépose précautionneusement de la terre détrempée, de l'argile, du sable, du gravier, et qu'on accélère ou qu'on ralentit le courant de l'eau, on voit effectivement les échantillons de ces divers terrains se mettre en mouvement ou s'arrêter aux chiffres donnés par les expérimentateurs.

Tout le monde se rend compte de la différence qu'il y a entre des expériences semblables et un courant marin ; et il se fait — nos expériences l'ont confirmé — que du moment qu'une eau a un certain chargement d'alluvions en suspension, à une vitesse donnée, on peut la faire courir sur des roches pouvant être entraînées à une vitesse notablement moindre, l'eau ne s'en charge plus ou presque plus. On dirait qu'à un certain moment l'eau est comme saturée d'alluvions et qu'elle porte tout ce qu'elle peut porter. Comme on peut bien s'y attendre, la quantité d'alluvions que l'unité de volume peut ainsi porter dépend de l'état d'agitation de la mer, de la vitesse du courant, de la nature même de l'alluvion en suspension.

On s'est donc attaché, il y a d'assez nombreuses années, à déterminer la nature des alluvions dans les eaux de notre littoral.

Des échantillons furent recueillis, en mer, en temps calme.

et soumis à l'examen de Monsieur le professeur Th. Swarts de l'Université de Gand. Les prises d'eau furent faites à la surface et à un mètre du fond, à marée basse et à marée haute, à peu près devant Heyst.

Ces circonstances font qu'on ne recueillait que les matières en suspension et pas ce que nous appellerons, au cours de cette étude, les matières en traînage sur le fond.

Les échantillons recueillis donnèrent les dépôts suivants.

ÉCHANTILLON RECUEILLI	POIDS DES DÉPÔTS PAR m <sup>3</sup>		
	Sable	Argile	Total
A la surface à marée haute . . .	gr.	gr.	gr.
10.9	130.3	141.2	
» " » " basse . . .	30.4	109.4	139.8
A 1 m. du fond à marée haute . .	109.4	186.1	295.5
» " " " " basse . .	106.2	298.0	404.2

L'échantillon était naturellement imprégné de matières salines qu'un lavage à l'eau distillée fit disparaître. Mais finalement M. Swarts trouva que le sable et l'argile s'y trouvaient dans le rapport de 1 à 5.36 et comme les densités respectives, telles qu'elles furent déterminées par M. Swarts sont de 1.98, et de 1.35 la composition en volume était de 1 volume de sable pour 7.54 volumes d'argile.

M. Swarts a fait remarquer dans son rapport — et la chose est essentielle pour la question qui nous occupe — que la détermination de la densité de l'argile a été faite en opérant sur un échantillon desséché à 110° et il croit que cette densité doit être beaucoup plus faible pour une argile non desséchée de sorte qu'elle se rapprocherait de la densité de l'eau de mer.

Des expériences faites à St Nazaire — où les eaux fort troubles contiennent principalement de la vase en suspension — ont permis de confirmer ces vues.

Dans ce port, quand les vases sont fraîchement déposées

elles ont une densité de 1175. Au bout de deux ou trois mois, leur volume est diminué d'un quart et leur densité monte un peu ; au bout de sept ou huit mois, leur volume est réduit de moitié et leur densité est de 1223 et, après 18 mois, leur volume est réduit à environ un tiers (exactement dans le rapport de 2.71 à 1.) et leur densité monte à 1430, chiffre qui, ultérieurement, reste à peu près stable.

On a constaté aussi, à St Nazaire, par des chiffres exacts, et dans tous les ports à régime vaseux, par expérience, que l'épaisseur des apports journaliers croît avec la profondeur. Pour des profondeurs portées successivement à 1<sup>m</sup>70, 2<sup>m</sup>20, 2<sup>m</sup>70, 3<sup>m</sup>20, les apports journaliers ont atteint respectivement 0<sup>m</sup>0146, 0<sup>m</sup>0225, 0<sup>m</sup>0321 et 0<sup>m</sup>0467.

La vase que la plupart des eaux de mer contiennent en suspension se dépose même — lorsqu'on construit des ports — en des régions où jamais on n'avait vu de dépôts de vase.

A Ymuiden, par exemple, on avait pensé, lors du creusement du port maintenir à la profondeur de 7<sup>m</sup>70 une superficie elliptique, mesurant environ 55 hectares.

On avait évalué à 1½ millions de mètres cubes le volume nécessaire pour mettre cette étendue à profondeur ; mais quand on eut dragué 4½ millions de mètres cubes, il en restait encore ½ million à enlever et, après examen, on en vint à la conclusion que 3 mètres cubes enlevés et transportés en bateau ne correspondaient qu'à un déblai de 1 m<sup>3</sup> en profil.

Encore ne s'agissait-il, alors, que des déblais les plus superficiels : on ne tarda pas à s'apercevoir qu'à mesure que la profondeur augmentait, cette proportion augmentait aussi très rapidement. Quand, pendant l'année 1879, on voulut porter la profondeur de la zone elliptique de 6<sup>m</sup>70 à 7<sup>m</sup>70 on retira, mesuré en bateau 765.000 m<sup>3</sup> du port d'Ymuiden et le déblai, mesuré en profil, était de 4.000 m<sup>3</sup> à peine.

On renonça donc à entretenir cette surface elliptique et l'on se borna à entretenir une simple passe centrale de 250 m. de largeur et de 30 hectares de superficie.

Cette zone, si réduite, donne lieu cependant encore à des envasements, considérables à tel point qu'on ne put croire que c'était la mer qui les apportait.

On se figura que — peut-être — les eaux des polders et des fossés d'Amsterdam, évacuées de temps en temps par le canal de l'Y auraient pu amener de ces vases.

On prit donc des échantillons des vases des fossés d'Amsterdam d'une part et, d'autre part, des échantillons des vases de l'avant-port d'Ymuiden et du port de Blankenbergh et l'analyse chimique montra l'analogie entre les alluvions de Blankenbergh et d'Ymuiden et la différence entre les vases d'Ymuiden et d'Amsterdam.

Et on en conclut que les vases d'Ymuiden sont des vases marines. Or, jamais sur toute la côte hollandaise où se trouve Ymuiden on n'avait vu de vases. C'est donc que les courants, les vagues suffisaient à les tenir en suspension sans les laisser se déposer sur le fond; mais dès que l'enceinte formée par les môle s'offrit un abri, elles s'y installèrent en masse.

Il serait superflu et fastidieux de continuer à montrer par de plus nombreux exemples une chose que tout le monde sait bien : le rapide envasement des surfaces en libre communication avec notre mer et qui ne sont pas parcourues par des courants.

Mais ce n'est pas seulement la vase, seule, qui est capable de remblayer un port.

Le sable, lui aussi, dans certaines circonstances, a pu amener des volumes énormes en des temps relativement courts.

Le port de Howth, situé au nord de la baie de Dublin, a été construit pour comprendre, entre deux jetées une superficie de 35 hectares. Les eaux, aux alentours, sont peu profondes et les alluvions déposées sur le fond sont remuées par des vents de force moyenne. Les courants les soulèvent, les

entraînent et elles sont ainsi facilement refoulées entre les jetées du port de Howth où elles se déposent.

Peu de temps après sa construction, le port était à moitié ensablé. Depuis lors, les bateaux faisant le service des passagers entre l'Angleterre et l'Irlande aboutissent à Kings-town au Sud de la baie de Dublin, et le port de Howth, ayant perdu ainsi la majeure partie de son importance, on a renoncé à l'entretenir.

De même encore le port de Céara (Brésil) qui a été conçu pour servir de débarcadère en pleine mer, aussi sur une côte alluvionnaire.

Un môle courbe se détache du rivage et se compose d'abord d'une claire voie de 228 mètres de long à la suite de laquelle se trouve un môle plein de 520 mètres de long abritant une superficie de 22 hectares, le bout du môle étant à 427 mètres de la côte.

A peine ce travail fut-il construit, que l'ensablement commença et se poursuivit avec une telle rapidité que la laisse de basse mer atteignit l'extrémité du môle en 11 années.

Il s'est formé, de part et d'autre du môle, une plage triangulaire raccordant le bout du môle à l'ancienne rive et l'intérieur du port a été entièrement comblé par les alluvions.

En mer ouverte, on n'a que rarement à constater des déplacements d'alluvions aussi rapides et la chose s'explique aisément parce que les mouvements des alluvions, en mer, dépendent presque toujours de la marée, c'est à dire de mouvements d'eau qui se produisent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, deux fois par jour; et ce que nous voyons, quand nous pourrons le voir, c'est la résultante finale de tous ces mouvements de va et vient. Comme il est clair que l'effet de la marée montante équilibre, à peu près, l'effet de la marée descendante en mer ouverte, on peut entrevoir que, quoique les résultantes soient fort petites, les diverses composantes peuvent être fort grandes et il peut paraître im-

prudent de diminuer artificiellement l'une des composantes en question, quand on ne désire pas engager la lutte avec les alluvions.

Nous avons parlé, jusqu'ici, de sables et de vases. Lorsqu'on parcourt un littoral comme le nôtre, on voit ou bien des dunes et des plages en sable, blanc quand il est sec, jaunâtre quand il est humide ; nous voyons aussi, dans les criques et dans les chenaux des ports, de la vase noire et gluante. Il est extrêmement naturel de croire à l'existence de deux genres d'alluvions; mais en réalité, il n'y a pas de séparation entre le sable et la vase. Entre ces deux roches, il vient se classer toute une série de sables vasards et de vases sableuses qui font passer par gradations insensibles du sable pur à la vase pure.

On ne pourrait même se créer une limite en finesse qui permettrait de classer d'un côté de cette limite les sables et de l'autre côté les vases, car le sable calcaire ou siliceux peut être formé de particules d'une finesse telle qu'il prend des caractères physiques analogues à ceux de la vase argileuse. On ne le peut surtout pas dans des mers à marée semblables à la Mer du Nord où les courants et les vagues, promenant sans cesse les alluvions au fond des eaux, les usent peu à peu et diminuent constamment le volume de chaque particule faisant passer le sable vasard à la consistance de vase sableuse puis à l'apparence de vase pure à mesure que le temps se passe.

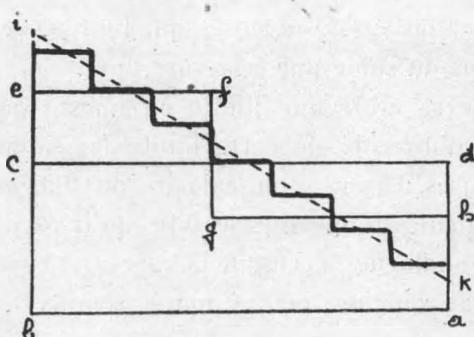
Il nous reste à évaluer ce que, sables ou vases, la mer est capable d'apporter, sur notre littoral, d'alluvions dans les ports ou les endroits abrités.

On sait que, lorsqu'on drague les bassins de pêche d'Ostende ou de Blankenbergh à 1 mètre seulement sous le niveau de marée basse, on constate un envasement de 0<sup>m</sup>80 par an ; on sait aussi que, pendant l'année 1887, le pertuis d'accès à l'écluse de la marine à Ostende a été dragué à la même côte que le fond du chenal soit à la côte — 4.00 et que, l'année suivante, il était de nouveau au zéro ; on sait, enfin, qu'à

Nieuport le fond du chenal d'accès du nouveau bassin, construit en 1890-1892, avait été établi à la côte—2.90. Trois mois après il ne se trouvait plus qu'à la côte—1.80. Le fond s'était exhaussé de 0<sup>m</sup>37 par mois. L'envasement y a continué ensuite d'une manière un peu moins active, la profondeur d'eau y étant devenue de plus en plus faible mais l'épaisseur des dépôts, répartie sur une durée de 7 mois, mesurait encore 0<sup>m</sup>25 par mois.

Nous allons examiner ces chiffres d'un peu plus près et pour cela portons en abscisses les mois et en ordonnées les

quantités dont le fond se relève par mois. La moyenne générale de 0<sup>m</sup>.25 par mois donnera le diagramme *a b c d* pendant 7 mois. Cette moyenne peut être remplacée par une moyenne de 0<sup>m</sup>37 par mois pendant 3



\*Fig. 1

mois et pendant les 4 mois restants :

$$\frac{7 \times 0.25 - 3 \times 0.37}{4} = 0.16$$

ce qui donne le diagramme *a b e f g h*.

Je remplace ce dernier tracé par une loi continue et pour cela j'admetts la croissance de l'apport des alluvions avec la profondeur, ce que j'obtiens en joignant les milieux des lignes *e f* et *g h* ce qui nous donnera la ligne *i k* qui nous donnera les ordonnées extrêmes *a k*=0.04 et *b i*=0.46. Si, maintenant, je remplace la loi continue *i k* par les éléments horizontaux indiquant la moyenne mensuelle, j'aurai des chiffres correspondant à la moyenne générale de 0<sup>m</sup>25 pendant 7 mois ou de 0<sup>m</sup>37 pendant 3 mois, et de 0<sup>m</sup>16 pendant les 4 mois suivants.

Faisant les calculs, je trouve que j'aurai :

le 1 <sup>r</sup> mois	un envasement de	0 <sup>m</sup> 43
» 2 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 37
» 3 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 31
- » 4 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 25
» 5 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 19
» 6 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 13
» 7 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 07

Le fond remonterait donc de 1<sup>m</sup>75 en 7 mois.

Si on continuait la même loi à gauche du point *b*, on trouverait que le chiffre des envasements serait :

le 1 <sup>r</sup> mois	en remontant de	0 <sup>m</sup> 49
» 2 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 55
» 3 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 61
» 4 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 67
» 5 <sup>e</sup>	»	» 0 <sup>m</sup> 73

ce qui correspond à une hauteur de 3<sup>m</sup>05 en cinq mois ou à un envasement total de 4<sup>m</sup>80 commençant de la côte—5.95 jusqu'à la côte—1.15.

Ces chiffres sont en harmonie avec ceux que nous connaissons pour les ports de pêche d'Ostende et de Blankenberghe et pour le pertuis de l'écluse de la marine d'Ostende.

Lorsqu'on arrive à des profondeurs de 6 à 7 mètres sous marée basse, les colmatages sont extrêmement actifs et si on devait aller jusqu'aux profondeurs que réclament les transatlantiques pour pouvoir naviguer et séjourner en sécurité, on obtiendrait des chiffres d'envasement de plus d'un mètre par mois et, si on se rapporte aux indications données ci-dessus pour St Nazaire, on ne peut trouver ces quantités excessives.

On s'en rend compte immédiatement en examinant ce qui se passe, même en mer ouverte, lorsque les alluvions sont enlevées mécaniquement de manière que la profondeur soit artificiellement augmentée.

Dans la passe du Zand devant Zeebrugge, (donc en pleine

mer et en dehors du môle), le 12 février 1908, la drague Bruggeoise entreprit un dragage dans la passe au kilomètre 2,4 et à 130 mètres à l'Est de l'axe de la passe. En 12 heures de travail, elle y créa un fond de 80 mètres de long, à peu près autant de large, descendu de 1<sup>m</sup>50 à 2<sup>m</sup>00 sous l'ancien niveau du fond et atteignant au maximum la côte —9.00. Un autre sillon de plus de 8 mètres de profondeur et de 160 m. de long sur 15 mètres de large se trouve plus près de l'axe. Or, un mois plus tard, ces fonds se trouvent remblayés et il y a moins de 7<sup>m</sup>50 là où auparavant on sondait plus de 8 mètres et jusque neuf mètres.

Le fond est donc remonté en un mois de 1<sup>m</sup>50 environ de la côte —9.00 et, à cette profondeur, la loi dit à peine 0<sup>m</sup>95 de remontée mensuelle.

Aussi dans la passe du Zand, une autre région près du kilomètre 3 a été draguée d'une manière très active par la Heystoise et la Bruggeoise, fin mai 1908. On avait atteint en certains points, isolés il est vrai, des profondeurs de 10 et 13 mètres et des régions assez étendues affectant des formes plus ou moins circulaires de 100 mètres de diamètre avaient plus de 8 m. d'eau à marée basse.

Un mois et demi à peine s'est écoulé depuis le dragage, que ces trous se sont comblés — ce qui n'est que fort naturel, — mais sans que les profondeurs générales de la passe s'en soient accrues d'une manière sensible.

En réalité, le fond a remonté, en moyenne, de 2<sup>m</sup>20 en un mois et demi de temps ce qui correspond à environ 1<sup>m</sup>50 mensuellement.

Toutes les expériences faites ou tentées montrent que l'alluvionnement est extrêmement rapide quand les profondeurs sont un peu grandes et que la quantité apportée par mois diminue rapidement lorsqu'on approche d'un niveau pour lequel il y a à peu près équilibre.

Cet équilibre approximatif est réalisé dans les ports de la côte de Flandre vers le niveau de la marée basse c'est à dire

que tout bassin ouvert en communication avec la mer se remblaie environ jusqu'au zéro avec la plus grande rapidité et ne continue à se remblayer au dessus de ce niveau que très lentement.

En mer, la profondeur naturelle indique le niveau d'équilibre et lorsqu'on songe à modifier cette profondeur (généralement en l'augmentant) on se fera une idée plus exacte des difficultés que l'on va rencontrer en ne considérant pas la profondeur *de l'eau* — comme on le fait si souvent — mais bien la surprofondeur que l'on veut donner à une eau qui a maintenant telle ou telle profondeur naturelle.

Si on entreprend la lutte contre les alluvions, les efforts que l'on fait pour créer de la surprofondeur sont généralement vains. Cette règle a subi par ci, par là, quelques rares exceptions ; mais elle a été vérifiée un très grand nombre de fois, où l'on croyait cependant avoir raison du grain de sable ou de la particule de vase, et où, finalement, on a dû abandonner la lutte. Par contre, il a été possible, dans quelques ports, par des travaux bien combinés de modifier la profondeur naturelle. On le peut, parfois, d'autant plus facilement que la profondeur naturelle n'est pas nécessairement une quantité invariable. Il y a, dans la masse générale des alluvions, des mouvements généraux, toujours très lents, qui peuvent, en certains points, augmenter la profondeur naturelle. Si, à la suite d'études, on parvient à trouver ces points ou à discerner les causes qui augmentent la profondeur naturelle, on peut, parfois, devancer le mouvement des alluvions et hâter la venue d'une situation plus favorable.

En tout cas, l'alluvion marine, sableuse quand il y a du courant, vaseuse quand on est en eaux tranquilles, constitue pour l'ingénieur un adversaire dont on ne doit pas craindre grand' chose au dessus d'un certain niveau mais qui, au dessous de ce niveau, acquiert en peu de temps une puissance si grande que la lutte n'est plus possible avec les moyens dont nous disposons actuellement.

## CHAPITRE DEUXIÈME.

### Moyens de défense.

On a constaté que l'eau douce, par sa simple présence, contribue à diminuer la précipitation des vases dans les endroits abrités des ports.

On peut s'en rendre compte soit par des expériences de laboratoire, soit en examinant ce qui se passe dans certains ports où l'on a des afflux d'eau douce.

L'expérience de laboratoire se fait comme suit : on prend de la vase naturelle séchée et pesée et on en met des poids égaux dans des bocaux contenant la même quantité d'eau douce pour l'un, d'eau de mer pour l'autre.

On agite les liquides de manière que la vase se dissolve, se mette uniformément en suspension dans l'eau et, naturellement, les deux récipients sont alors absolument troubles.

On pourrait s'attendre à ce que l'eau de mer, plus dense, tienne mieux les vases en suspension, mais c'est le contraire qui se produit.

En moins d'une heure, on voit que la vase se précipite beaucoup plus vite dans l'eau salée que dans l'eau douce. Après un repos absolu de six heures, la première est complètement claire et la vase forme, au fond du récipient, une couche nettement délimitée. L'eau douce ne présente un aspect semblable qu'au bout de 18 heures.

Si, au lieu de prendre de la vase pure pour faire le mélange avec les eaux, il y a un composé de sable et de vase, la précipitation dans l'eau de mer est encore plus rapide et, contrairement à ce que l'on pourrait croire, le sable, malgré sa densité plus forte ne se dépose pas en premier lieu. Tout le mélange se dépose régulièrement, la couche au fond du récipient présentant une composition sensiblement uniforme.

Comme, dans tous les ports à marée, le séjour de l'eau au dessus de marée basse ne dure que 12 heures environ, la présence d'eau douce, même sans courant, maintiendra en suspension des alluvions qui, avec de l'eau de mer seule, seraient déjà entassées au fond.

On peut s'en rendre compte par une expérience directe : l'ancienne crique des pêcheurs à Ostende était maintenue, sans dragages, à la côte —1.00 parce qu'au fond de cette crique il existe un aqueduc d'évacuation ne présentant que 2 m<sup>2</sup> de section qui envoie un certain volume d'eau douce dans cette crique.

Le peu d'eau qui peut s'écouler par là suffit pour mettre le fond de cette crique à 1 mètre plus bas que d'autres endroits comparables du même port.

On peut donc aisément concevoir que lorsqu'il y a des évacuations continues d'eau douce, on doit obtenir un résultat beaucoup plus appréciable. Le chenal de l'Yser bien qu'il soit long et tortueux dans la partie amont, maintient assez facilement des profondeurs de 2<sup>m</sup>25 sans dragages.

Le débit de l'Yser est assez important en hiver mais pendant la saison d'été, il est pratiquement nul pendant des périodes assez longues.

De même, les eaux douces qui sont évacuées par le canal d'Ostende à Bruges dans l'arrière port d'Ostende suffisent pour qu'il reste des profondeurs à peu près semblables dans la partie amont où les dragages ne peuvent, à cause d'un pont fixe, absolument pas avoir accès.

Comme on peut bien le penser, le courant de l'eau a une part dans le maintien des profondeurs et nous arrivons ainsi à un second moyen de défense qui consiste en ce qu'on a appelé les chasses naturelles.

On laisse submerger les terrains bas, qui se trouvent aux environs du port, par le chenal d'entrée.

Le mouvement bi-quotidien de montée et de descente des

eaux produit des courants intenses de remplissage et de vidage et, naturellement, le chenal s'approfondit en raison du volume d'eau qui y passe.

Plusieurs entrées de port ont été creusées ainsi ; mais on conçoit qu'à mesure que le temps se passe, les bassins de submersion se colmatent, le volume des eaux diminue peu à peu, la puissance des chasses naturelles s'atténue et l'endiguement de parties des terres submergées les fait disparaître.

Aussi, depuis un peu plus d'un siècle, les a-t-on remplacées par des chasses artificielles, obtenues en retenant à marée haute les eaux de mer dans de grands bassins fermés par des portes spéciales qui pouvaient être ouvertes à marée basse.

Les eaux s'échappaient en torrent du bassin, passaient à grande vitesse à travers le chenal du port et entraînaient une partie des alluvions qui s'y trouvaient déposées. On voit, de suite, qu'il faut d'assez nombreuses conditions pour que des bassins de chasse puissent être établis et utilisés : il faut d'abord de grands terrains qu'on puisse y affecter ; puis il faut une hauteur assez grande de la marée car ce ne sont que les eaux les plus élevées au dessus du niveau de marée basse qui peuvent avoir de l'effet utile.

Les chasses eurent leur période de vogue sur les côtes de Flandre : Calais, Dunkerque (là où sont maintenant les bassins de Freycinet), Ostende, Blankenberghe, ont ou ont eu leurs bassins de chasse.

Ces installations convenaient pour dévasser les chenaux des ports mais avaient pour inconvénient de laisser déposer devant l'entrée des chenaux, en mer, une partie non négligeable des alluvions arrachées à l'intérieur par le courant de l'eau. Cet inconvénient n'était pas fort grave tant que la construction des bateaux n'a pas donné des unités d'un tirant d'eau notablement supérieur à l'amplitude de la marée parce que, comme il est naturel, les navires entrent dans les ports au moment de la marée haute et, ayant franchi la barre

d'entrée, ils avaient avantage à trouver à l'intérieur du port des fosses — dues aux chasses — plus profondes où ils ne risquaient pas de s'échouer à mer basse et où ils pouvaient stationner soit pour leurs opérations commerciales, soit pour attendre le moment d'entrer dans les bassins à flot.

Lorsque les progrès de la construction navale eurent amené des bateaux plus grands, plus profonds surtout, et qu'à leur suite on eût construit des écluses plus vastes et aussi plus profondes, le stationnement dans les fosses à flot fut supprimé. les navires entrant directement dans les bassins dès leur arrivée dans les ports. Et les atterrissages à l'entrée des chenaux devinrent l'obstacle capital à combattre.

Les chasses perdirent peu à peu leur utilité et leurs partisans ; de grands bassins furent comblés, affectés à d'autres usages, ou demeurèrent inutilisés pendant de nombreuses années et la vogue se tourna vers les dragages.

D'abord petites, faibles et fragiles, inutilisables en mer tant qu'on avait des dragues à godets qui ne supportent pas plus de 0<sup>m</sup>20 à 0<sup>m</sup>30 de houle, les dragues furent un temps réservées à l'intérieur des ports ; mais quand on eut l'idée des dragues à succion, quand on se fut rendu compte surtout de ce que l'aspiration seule suffisait à pomper le sable, sans qu'il fut besoin — dans la plupart des cas — de désagréger le fond, les dragages prirent un grand développement.

La construction de grandes dragues à aspiration portant elles mêmes leurs déblais, munies de machines qui leur permettaient de se rendre elles-mêmes aux points de déversement fit employer le dragage en mer ouverte, pourvu que l'agitation de l'eau fut modérée et permit en tout cas de transporter les déblais et de les vider dans des conditions où le matériel à godets et les chalands remorqués auraient dû rester au port, alors même que le dragage proprement dit eût été possible dans quelque région abritée.

On trouva aussi le moyen de draguer la vase par aspiration

et on put ainsi entreprendre des cubes auxquels on n'aurait jamais pu songer il y a quelque vingt cinq ans.

Dès lors, on dragua partout.

La solution était d'autant plus séduisante que les défauts des ports étaient attaqués directement, sur place, et que, de jour en jour, on pouvait suivre la diminution du seuil ou du haut fond, qui gênait la navigation.

A peine adoptée, elle parut encore meilleure. Comme il était naturel, on s'attaqua d'abord aux seuils les plus élevés qui étaient donc dans le plus proche voisinage de ce que nous avons appelé au chapitre I la profondeur naturelle, et on y obtint des résultats rapides et favorables. Ceux-ci ne tardèrent pas toutefois à montrer un fléchissement sensible quand la profondeur augmentait.

On construisit des engins plus puissants, plus grands, plus nombreux aussi, afin d'accroître le volume enlevé et on en vint bientôt à se familiariser avec l'idée qu'il faudrait toujours draguer des alluvions qui reviendraient toujours.

Et, dès 1893-1894, des esprits clairvoyants comme celui de De Mey virent que ce moyen de défense contre les alluvions serait insuffisant s'il était employé seul, du moins dans les eaux qui nous intéressent, et pour les grandes profondeurs.

Ayant étudié pour Heyst un port à estacades (différent donc entièrement comme principe, comme disposition et comme étendue de celui qui a été construit) il écrivait pour ce port à estacades :

« Pour ce qui est des ensablements à l'entrée du port, on » sait que, devant Heyst, ils seraient de faible importance, » et que des dragages modérés en auraient raison ; une seule » forte drague à aspiration suffirait pour entretenir à la fois » l'entrée du chenal et les passes à creuser à travers le Zand.

» Les envasements intérieurs, au contraire sont plus à » redouter et, dans le cas actuel, il faut s'en préoccuper tout » particulièrement. Déjà nous avons proposé de ne donner

» aux différentes parties du port soumises au régime de la marée que les dimensions strictement nécessaires à la grande navigation ; d'autre part, le chenal extérieur serait bordé de jetées à claire voie et on sait que ces ouvrages sont de nature à atténuer la précipitation des matières vaseuses.

» Mais dans l'avant port et le long des quais à marée, les apports se produiraient avec une rapidité excessive. Sur une côte alluvionnaire comme la nôtre, nous l'avons dit et répété, les dragages seuls seraient impuissants à y entretenir couramment la profondeur de 7 mètres sous marée basse ; et tandis que les navires peuvent, à la rigueur parcourir le chenal et pénétrer dans l'écluse maritime à la faveur de la marée montante, ils doivent, à marée basse, trouver constamment dans l'avant port et surtout le long des quais à marée assez d'eau pour rester à flot. »

Et il réunit, pour pouvoir résister avec quelque chance de succès aux alluvions, tous les moyens de défense que nous avons passés ici en revue, à savoir :

1) recueillir les eaux douces du canal de Selzaete et du canal de Dérivation de la Lys et les écouler pendant les trois heures qui précèdent et les deux heures qui suivent l'instant de la marée basse.

2) construire un bassin de chasse de 120 hectares de superficie et pouvant recevoir un volume utile d'eau de mer de 3.000.000 de mètres cubes, que l'on pourrait lancer à mer basse aussi dans les diverses parties du port menacé par les alluvions.

3) les dragages à l'entrée du port en mer et dans les chenaux d'accès.

A l'époque où De Mey écrivait ceci, les premières expériences dont il va être question au chapitre suivant n'étaient pas encore faites et, lorsqu'il en connut les données, il y trouva une nouvelle confirmation de ses idées.

Il considéra, à ce moment, que, dans la situation de cette

époque, en ce qui concerne la grandeur des navires, le régime hydrographique de la côte, les exigences du commerce, les moyens dont on disposait pour combattre les alluvions, il fallait renoncer définitivement à créer sur le littoral belge un port en eau profonde, c'est à dire un port capable de recevoir à tout état de marée les navires du plus fort tirant d'eau ; et qu'on ne pouvait même espérer maintenir dans des conditions raisonnables des ports accostables à tout état de marée aux grands cargos.

On savait, par une expérience de plusieurs années déjà, qu'à l'entrée de Dunkerque et de Calais on parvenait à maintenir des profondeurs d'un peu plus de 4 mètres à marée basse (à Dunkerque moyennant un dragage de 300.000 m<sup>3</sup> par an) et qu'à Ostende on pouvait maintenir, moyennant un dragage de 70.000 m<sup>3</sup> par an, des profondeurs de 6 mètres à marée basse. Et il arriva à la conviction que ce chiffre était, à très peu près, le maximum de ce qu'il serait possible d'obtenir sur notre littoral et il situait ce maximum vers 6<sup>m</sup>50 ou 7<sup>m</sup> toutes circonstances favorables réunies.

Il convient, avant de terminer ce chapitre, de mentionner simplement les tentatives ou les idées étudiées pour d'autres ports et auxquelles on a songé, avec plus ou moins d'à propos pour notre littoral.

On a eu le système de M. Bergeron consistant à soulever les alluvions du fond de la mer au moyen d'une tuyauterie lançant de l'eau sans pression délavant le sable que les courants devaient entraîner.

On a eu le système de M. Lyster (employé à Liverpool) qui employait aussi l'eau sous pression pour remuer les alluvions qu'un courant d'eau de chasse entraînait.

On a eu le système des digues conductrices employées (avec le plus grand succès) à Nieuwediep pour maintenir le port à profondeur.

On a eu les môle parallèles à la côte, les breakwaters, les

débarcadères en pleine mer qu'on a pu réaliser (avec des fortunes diverses) en certains points.

Mais tous ces systèmes ou bien ne constituent pas un moyen de défense suffisant contre les alluvions ou bien n'ont pu réussir là où ils ont réussi que grâce à un concours de circonstances qui manquent complètement sur notre littoral et d'ailleurs sur la plupart des plages sableuses ou vaseuses.

---

## CHAPITRE TROISIÈME.

---

### Répartition des alluvions dans l'eau.

---

Il entre dans la répartition des alluvions dans l'eau tant d'éléments qu'il est nécessaire de les séparer les uns des autres pour voir clair et se rendre compte exactement de ce qui se passe en réalité.

Nous commencerons donc par considérer un point de la petite rade d'Ostende (devant Wellington), profondeur six mètres à mer basse ; vitesse du courant  $0^{\text{m}}60$  par seconde ; ce qui est approximativement le minimum de vitesse en mortes eaux et un jour que la mer était tranquille.

Nous construisons un diagramme où nous portons en ordonnées la profondeur de l'eau et en abscisses la quantité de sable ou de vase, d'alluvions en un mot tenues en suspension par mètre cube d'eau.

Les échantillons d'eau ont été recueillis de mètre en mètre (ou de deux mètres en deux mètres) à partir du fond — et non en partant de la surface, car c'est au fond que se trouvent la source et la destination finale des alluvions — hormis toutefois la région voisine du fond où l'on a pris de échantillons à  $0^{\text{m}}50$  puis à  $0^{\text{m}}25$  du fond, les appareils ne permettant pas de recueillir des eaux situées encore plus près avec une exactitude suffisante. Aux 6 m. de profondeur à mer basse viennent s'ajouter 4 m. de marée.

Le diagramme (fig. 2) montre que tant que l'on reste à 4 mètres au dessus du fond la quantité d'alluvion ne change pas beaucoup : c'est la quantité que peut charrier une eau tranquille mais animée d'une vitesse de  $0^{\text{m}}60$  par seconde.

Quand on est à 1 m. du fond la quantité d'alluvion est à peu près doublée ; elle double encore une fois quand on est

à 0<sup>m</sup>50 du fond, et elle double encore une fois quand on n'est plus qu'à 0<sup>m</sup>25 du fond étant donc en ce point 7 à 8 fois plus considérable qu'à la surface.

Nous trouvons ici, dès l'abord, une chose que la plupart des expérimentateurs n'ont pas pu voir parce que généralement,

ils prenaient leurs échantillons à 1 mètre du fond : il n'y a, évidemment, aucune raison de se tenir à 1 m. du fond plutôt qu'à toute autre hauteur et, dès nos premiers essais, nous avons vu que la partie au dessous de 1 m. ne

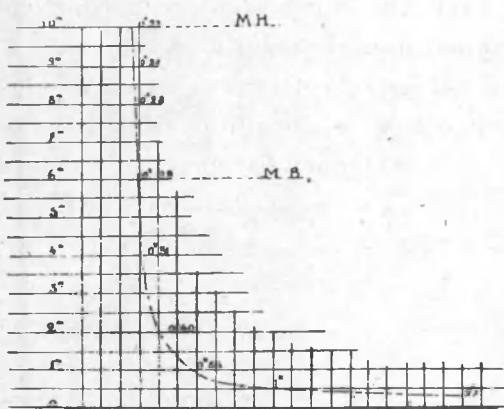


Fig. 2

pouvait être négligée : comme on pouvait bien s'y attendre c'est vers le fond que se trouve une grande partie des alluvions.

Dans la branche verticale de la courbe c'est la vase qui prédomine sur le sable tandis que dans la partie inférieure ou dans la branche horizontale c'est le sable qui l'emporte sur la vase.

Les études de Monsieur Swarts que nous avons reprises au chapitre I comprenaient donc presqu'uniquement la branche verticale de la courbe avec, à peine, une légère influence de ce qui se passe au fond.

Dans le voisinage du fond, nous entrevoyons donc une sorte de traînage des alluvions. On a pu se rendre compte de ce que le fond de la mer est en beaucoup d'endroits disposé en petites ondulations, provenant probablement elles mêmes de dépôts d'alluvions et on peut se figurer que l'eau, en passant sur ces ondulations de sable, les entraîne en partie, les soulève,

pour les laisser se déposer à nouveau un peu plus loin où elles sont reprises à quelque remous ou à quelque vague suivante et ainsi de suite.

Lorsque la vitesse des eaux augmente, la quantité d'alluvions augmente aussi. Et si, pour des vitesses d'un mètre, nous refaisons un diagramme semblable au précédent, nous trouvons que, dans les régions supérieures, la quantité d'alluvion est environ doublée, qu'elle est presque triplée dans les régions moyennes et que près du sol elle augmente de 70% environ formant un mélange de 3.6 k. d'alluvion par mètre cube d'eau.

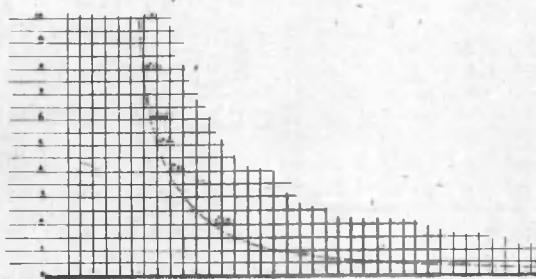


Fig. 3

Il n'a pas été difficile de trouver que si c'est vers les régions moyennes que la quantité d'alluvion augmente le plus, c'est qu'aux vitesses de 1 m.

le sable monte un peu plus haut dans la masse des eaux et forme donc un mélange sablo-vaseux sur une hauteur plus grande qu'aux petites vitesses.

Dans les mers aussi peu profondes que les nôtres, les eaux sont brassées par le courant sur toute leur hauteur et c'est là ce qui donne l'augmentation de la teneur en alluvions dans les parties hautes du diagramme.

En réalité, c'est une erreur de vouloir étudier ce phénomène avec deux variables seulement (poids d'alluvions et hauteur d'eau) et il faut, dès le principe, en faire intervenir une troisième qui est la vitesse du courant.

Nous avons donc entrepris une série d'expériences à des vitesses de courant variables depuis 0<sup>m</sup>60 jusqu'à 1 mètre et nous avons obtenu ainsi une surface qui représente la loi générale des alluvions au point considéré en eaux calmes et

par beau temps. Pour bien faire, il aurait fallu à chaque décimètre de vitesse, et à chaque mètre de profondeur, des expériences pour déterminer la teneur en alluvion. Mais tous ceux qui ont quelque habitude de nos mers et des variations de vitesse qui s'y produisent, jugeront quel travail énorme — et inutile — c'eût été que de s'astreindre à faire tant de mesurages. Les boules noires de la fig. 4 indiquent les expériences réellement faites et leur concordance montre qu'elles sont bien suffisantes.

Il doit être entendu, finalement, que lorsque nous parlons de vitesses de  $0^m60$  ou de 1 m. il s'agit de vitesses superficielles. Le lecteur sait certainement que les vitesses à l'intérieur de la masse liquide sont différentes ; mais nous considérons ici — pour le dire exactement — les quantités d'alluvions qui sont entraînées par les

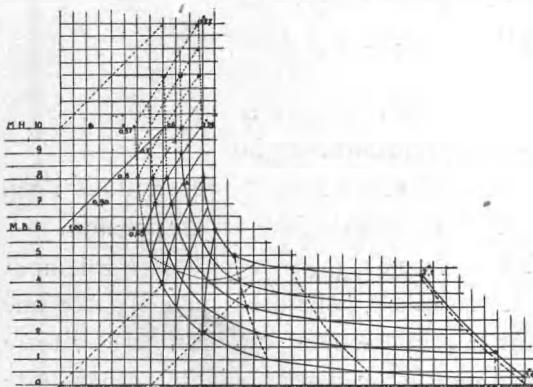


Fig. 4

eaux quand la vitesse superficielle est de  $0^m60$  à 1 mètre.

A l'aide de ce diagramme nous pouvons calculer quelle est la quantité d'alluvions contenue dans un prisme d'eau d'un mètre carré de superficie et nous trouvons

à marée basse pour	$V = 0^m60$	$3^k02$
» » haute »	$V = 0^m60$	$4^k14$
» » basse »	$V = 1^m$	$7^k21$
» » haute »	$V = 1^m$	$9^k61$

et si ces quantités se répartissaient uniformément sur toute l'étendue du mètre carré elles y formeraient des couches de  $0^m002$  à  $0^m006$  d'épaisseur.

Rien qu'en considérant le diagramme et en coupant la surface par un plan parallèle aux  $y$   $z$  on se rend compte de la façon active dont une augmentation de vitesse soulève les alluvions.

Si nous faisons la section à l'abscisse  $x=0$  7 par mètre cube nous voyons que pour une vitesse de  $0^m60$  à la seconde cette teneur ne se trouve qu'à  $0^m70$  au dessus du fond tandis que pour la vitesse de 1 m. elle se rencontre à 5 m. au dessus du fond. Et, dès à présent, nous pouvons entrevoir un régime des alluvions assez différent en temps de vives eaux et en temps de mortes eaux à cause des vitesses différentes que l'on constate et qui sont dans la petite rade d'Ostende

Vives eaux	flot	$1^m10$
"	jusant	$0^m85$
Mortes eaux	flot	$0^m60$
"	jusant	$0^m50$

Il devait venir à l'idée de voir ce qui resterait dans l'eau au moment des étales en tant qu'alluvions en suspension.

Bien que les étales dans nos mers soient passablement courtes, nous tenons les résultats pour assez précis parce que plus d'une heure avant le renversement du courant la vitesse des courants diminue d'une façon assez sensible et par suite les sables commencent peu à peu à se déposer. Il est clair

que lorsque les vitesses sont de l'ordre de 20 à 30 centimètres en superficie il n'y a plus beaucoup d'entraînement de matières solides possible et qu'il ne reste plus que les particules en suspension dans la masse des eaux.

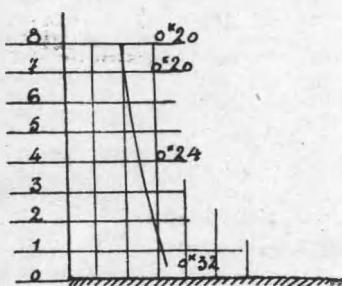


Fig. 5

Au moment de l'étale proprement dite, la clarification est en grande partie opérée et le diagramme obtenu devant Wellington est celui qui est représenté ci contre.

Les étales se produisant à mi-marée, le point considéré ayant 6 m. d'eau à mer basse, le diagramme ne peut indiquer plus de 8 m. d'eau et la quantité totale d'alluvion contenue dans un prisme d'eau d'un mètre carré de base est d'environ 2 kilos. C'est à dire qu'il y a environ la moitié du poids d'alluvions charriées à la vitesse des eaux de mortes eaux qui se dépose, cette moitié étant composée pour la plus grande partie des matières charriées vers le fond ou dans les régions plus ou moins voisines du fond.

Nous choisissons un second exemple. Sur le côté du banc de Lisseweghe (long.  $0^{\circ}58'$  Est de Paris — lat.  $51^{\circ}26'$  N.) près de l'extrême Ouest du Walvischstaart, aussi, comme dans le premier exemple, par un fond de 6 mètres à marée basse. Ce point est sur la limite de l'influence des courants de l'Escaut, il fait partie du plateau du Raan et est entouré de bancs relativement élevés (Banc de Knocke, banc de Heyst, banc de Lisseweghe, etc.).

Comme on peut bien s'y attendre dans pareille région, la quantité d'alluvions y est plus considérable que vers l'Ouest d'abord parce que les alluvions y sont plus fines et se tiennent

donc plus facilement en suspension, et ensuite, parce qu'on se trouve précisément dans cette région où la mer repousse ses eaux (et ses alluvions) vers

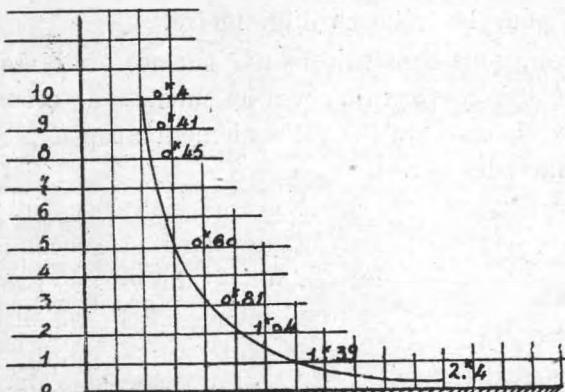


Fig. 6

l'Est tandis que l'Escaut repousse les siennes vers l'Ouest.

Nous pouvons reformer les mêmes diagrammes que précédemment pour les vitesses de courant superficielles de  $0^{\text{m}}60$  et de 1 m.

Les fig. 6 et 7 montrent que les quantités de sables en trainage sur le fond ne varient que peu (comparées aux chiffres d'Ostende) aux petites vitesses et ne varient pas du tout aux vitesses de 1 m. :

pour 0<sup>m</sup>60 nous avons 2<sup>k</sup>1 à Ostende, 2<sup>k</sup>4 ici;

pour 1 m. nous avons uniformément 3<sup>k</sup>6.

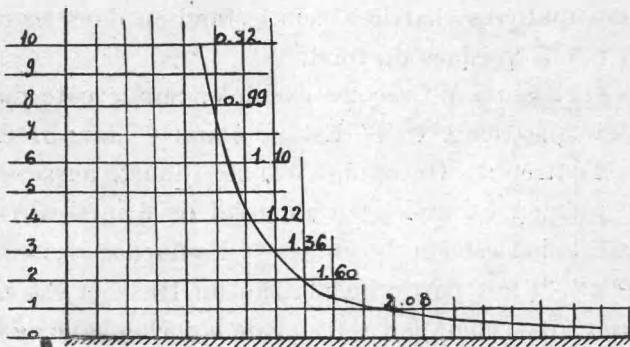


Fig. 7

Les alluvions en suspension dans l'eau sont à peu près doublées pour les vitesses de 0<sup>m</sup>60 (sauf dans le voisinage de la surface à mer haute) et augmentées dans une proportion un peu moindre pour les vitesses d'un mètre.

Si, de nouveau, nous construisons une surface semblable à celle de la fig. 4 nous voyons qu'elle a les mêmes caractères que celle de la fig. 4, mais qu'elle est seulement un peu plus écartée de la surface des  $y z$ .

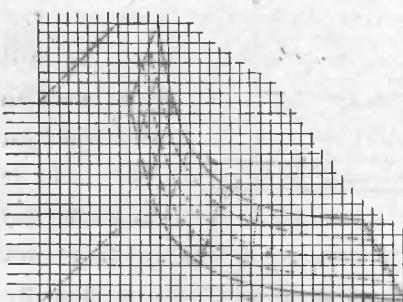


Fig. 8  
dans un prisme d'eau d'un mètre carré de superficie.

La conclusion à en tirer, c'est que dans cette seconde région les alluvions — probablement parce qu'elles sont plus fines — montent davantage dans la masse des eaux. Et cela suffit pour majorer dans une proportion très sensible les poids d'alluvion contenus

Nous trouvons :

à marée basse pour	$V=0^m 60$	$6^k 0$
» » haute »	$V=0^m 60$	$7^k 94$
» » basse »	$V=1^m$	$9^k 67$
» » haute »	$V=1^m$	$13^k 67$

Si, comme antérieurement, on recherche la quantité d'alluvions

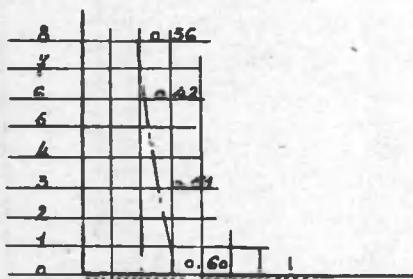


Fig. 9

qui reste en suspension dans l'eau aux étales, on trouve le diagramme fig. 9 qui conduit par le calcul habituel à un poids de  $3^k 84$  par prisme d'un mètre carré de section, montrant donc, comme on pouvait

s'y attendre, qu'une plus grande quantité d'alluvions reste en suspension dans l'eau pendant les étales, vraisemblablement à cause de la finesse des particules qui les composent.

Nous prenons un troisième exemple situé à l'Est du Westhinder et au nord du Kwinte bank (long.  $0^{\circ} 18' 30''$  Est de Paris, lat.  $51^{\circ} 22' 30''$  N.) par profondeur de 30 mètres.

Sans être entièrement en dehors des bancs de Flandre, — les Hinder et le Fairy Bank sont plus au large — nous nous trouvons cependant déjà hors de l'accumulation littorale et à 13 milles marins (24 Kilomètres) du rivage.

Le fond de la mer est composé de gros sable blanc à grains de quartz, de nombreux débris de coquilles et de petites pierres. Nous refaisons les diagrammes, de la même manière que nous avons fait antérieurement les figures 2 et 6, 3 et 7, et nous obtenons ainsi les fig. 10 et 11 qui montrent que les eaux ne contiennent plus guère que le dixième environ des matières en suspension dans la zone littorale.

Il n'y a plus de matières en traînage, les variations de vitesse n'ont presque pas d'effet (dans les limites des expé-

riences) sur les teneurs de matières en suspension et, aux étales, c'est à peine si on constate une différence de teneur

avec les quantités relevées à la vitesse de 0<sup>m</sup>60.

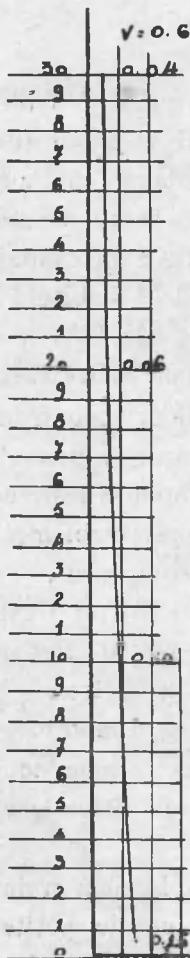


Fig. 10

En résumé, l'eau est propre ; les matières contenues en suspension sont assez légères ou assez divisées pour pouvoir y demeurer à l'état à peu près permanent ; la grande profondeur empêche le roulement des alluvions sur le fond soit que la vitesse au fond soit trop réduite, ou encore que les alluvions soient déjà d'un volume trop considérable pour pouvoir être mises en mouvement par des vitesses correspondant aux vitesses superficielles d'un mètre.

Quand on s'éloigne encore davantage de la côte, on trouve des eaux encore moins chargées.

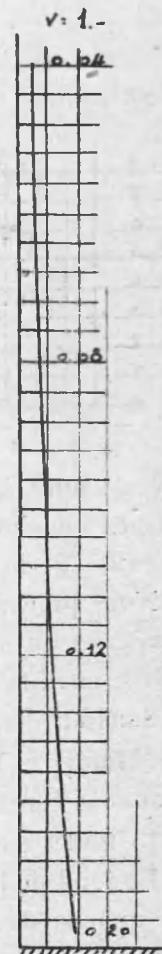


Fig. 11

Nous avons deux points : l'un sur le versant intérieur du Fairy bank (long. 0°01'10'' Est de Paris, lat. 51°24'45'' N.) profondeur 29 mètres, fond composé de très gros sable blanc avec particules calcareuses et coquilles brisées, l'autre au large du Fairy Bank (long. 0°14'15'' Ouest de Paris, lat. 51°34' N.) profondeur 43 mètres, fond composé de très gros

sable blanc, quartzeux, coquilles brisées et galets où nous trouvons des chiffres un peu inférieurs à ceux des fig. 10 et 11 mais du même ordre de grandeur.

Ces constatations montrent — ce que tout le monde sait — que l'alluvionnement est un phénomène exclusivement littoral et il est naturel que nous ayions marché du large vers la côte pour rechercher où la zone chargée commençait. Il est clair qu'il n'y a pas une limite franche au delà de laquelle l'eau est propre et en deçà de laquelle elle est chargée, cependant à partir d'un certain point la progression des alluvions en suspension et en traînage est assez rapide. Et nous la donnons ci après :

Dans le Nord-Nord-Ouest de Dunkerque, à 5 milles du pied des dunes.

Dans le Nord-Ouest d'Ostende, à 8 milles du pied des dunes.

Dans l'Ouest-Nord-Ouest de Heyst à 13 milles du pied des dunes,

et dans l'Ouest de Westcappelle, à 14 milles du pied des dunes.

On savait depuis longtemps, que la vase est une alluvion qu'on ne rencontre que dans les régions les plus littorales. On voit que la même chose se produit pour toutes les alluvions qu'il s'agisse de sables vasards ou de sables fins. Ils restent confinés dans une zone relativement étroite entre le pied des dunes et les grandes fonds, constamment remués, frottés, usés par les courants jusqu'à devenir de dimensions impalpables, car on peut dire d'une manière générale qu'à mesure qu'on va du large vers la côte le grain de l'alluvion que l'on recueille devient de plus en plus petit.

La disposition des bancs, des courants, des influences locales en un mot, peuvent, ça et là, introduire des exceptions dans cette règle générale ; les alluvions charriées d'une manière accélérée par les tempêtes y échappent naturellement aussi ; mais, finalement, elle prévaut dans toute la zone littorale où l'eau est trouble sous l'influence des alluvions.

## CHAPITRE QUATRIÈME.

---

### Vents et vagues.

---

Comme on peut bien s'y attendre et comme tous les marins l'ont, depuis longtemps, remarqué, les fortes brises et les tempêtes remuent les alluvions déjà déposées sur le fond de la mer et qui, en temps calme, ne seraient pas soulevées.

Il est naturel que l'influence des tempêtes soit d'autant plus forte, pour une vitesse du vent donnée,

- a) que la profondeur de la mer est moindre,
- b) que les alluvions sont plus fines,
- et c) que la tempête est plus persistante.

Il se fait, maintenant, que sur notre littoral les trois causes peuvent s'ajouter. Les tempêtes, dans nos régions, commencent le plus fréquemment par un coup de vent du S. O. c'est à dire à peu près parallèlement à la côte. Peu à peu, le vent tourne venant de l'O, puis du N. O. et en augmentant d'intensité ; finalement il vire vers le N. en mollissant.

La tempête du N. O. est donc la plus violente, la dernière et elle bat la côte c'est à dire que les vagues qui ont pu dans toute l'étendue de la mer du Nord acquérir de la hauteur arrivent sur les bancs de Flandre avec une amplitude de deux à trois mètres dans des eaux qui n'ont que trois ou quatre fois cette profondeur ; et plus elles marchent vers la côte, plus les alluvions qu'elles soulèvent sont fines donc plus facilement elles peuvent les mettre en mouvement.

Il y a près d'un demi siècle (dans la commission de 1878 du port de Heyst), M. Michel disait :

« Il m'est arrivé, en naviguant dans la passe des Wielingen » par une tempête du N. O., d'y trouver l'eau si chargée qu'elle » ressemblait à de la boue ; les lames, en déferlant sur le pont

» du navire, y avaient déposé tellement de vase qu'en arrivant dans l'Escaut il fallait procéder à un lavage général. »

Ceci concerne les matières en suspension, celles qui sont mélangées dans toute la masse des eaux car la vague qui saute sur le pont du navire n'est jamais que la crête d'une lame qui déferle, c'est donc l'extrême sommet de l'ondulation où il est logique d'attendre le moins de charge d'alluvion.

Nous pouvons, avant toute expérience, nous attendre à ce qu'il en soit de même pour les matières en traînage sur le fond.

On a eu l'occasion, effectivement, de constater, vers 1887 à Nieuport, que les tempêtes du large amenaient d'assez grandes quantités de sables devant le port et on a pu établir, après une seule série de tempêtes ayant duré 3 ou 4 jours, un relèvement du fond de 0<sup>m</sup>75 en dehors des estacades et de 1 m. dans le chenal, toutes ces alluvions étant du sable. Et encore ne s'agissait-il alors que d'alluvions rassemblées dans des régions où il n'y a guère plus de 2 ou 3 mètres d'eau à mer basse.

De sorte que nous devons entrevoir une action extrêmement énergique pour l'alluvionnement.

Pour nous en faire une idée exacte, nous allons de nouveau avoir recours à une représentation graphique et nous devons faire intervenir 3 éléments :

1<sup>o</sup>) la vitesse du courant en temps calme,

2<sup>o</sup>) l'intensité du vent,

3<sup>o</sup>) le multiplicateur que nous recherchons et qui est la quantité par laquelle il faut multiplier les alluvions en temps calme pour avoir les alluvions en tempête.

Nous aurons donc de nouveau une surface représentative et encore, ici, sommes nous obligés d'englober dans le même coefficient deux effets :

a) l'action produite par les vagues en tant qu'agitation des eaux, agitation qui se transmet jusqu'au fond; et

b) l'action produite par l'accélération due au vent des courants de marée. Tous les marins savent — et nos expériences ont confirmé — que, par un bon coup de vent d'Ouest, le courant de flot est plus intense qu'en temps normal et le jusant plus faible. Sous le coup de fouet du vent, les vagues remuent les alluvions ; le flot, qui va dans le même sens que les tempêtes les plus fréquentes, entraîne vers l'Est les sables soulevés et au jusant, le courant contrarié par le vent ne peut pas ramener vers l'Ouest les alluvions que le flot a entraînées vers l'Est à cause de la vitesse et du volume moindres pendant le temps du jusant.

La tempête passée, les eaux reviennent rapidement à leur

état primitif mais il n'y a guère de raisons pour que les alluvions reviennent vers l'Ouest et elles resteront là où le flot les a déposées — du moins en partie.

Cela étant, nous représentons (fig. 12) suivant l'axe des  $x$  les vitesses décroissantes de 10 en 10 centimètres par seconde. Sur l'axe

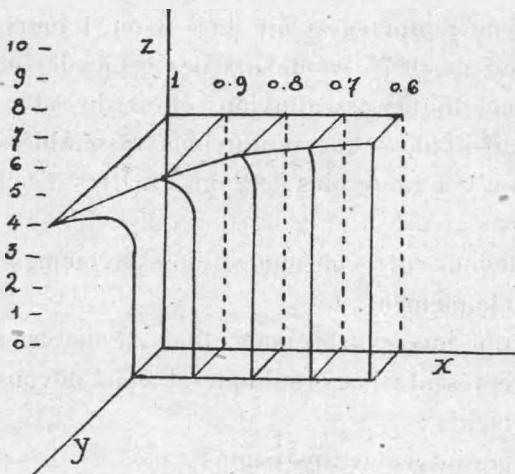


Fig. 12

des  $z$  nous portons les 10 grades du vent en usage chez les marins (calme, air léger, faible brise, etc. etc...) et suivant l'axe des  $y$  les multiplicateurs recherchés, l'unité servant à désigner les quantités d'alluvions en temps calme.

Nous n'avons aucune donnée pour les deux derniers grades du vent : nous n'avons jamais, dans nos contrées, les ouragans classés 10 que l'on rencontre dans certaines mers et, au sur-

plus, des observations méritant quelque créance seraient impossibles dans de pareilles circonstances. Nous n'avons non plus aucune observation pour des tempêtes chiffrées 9 n'ayant jamais eu l'occasion d'en voir de semblables au moment où nous étions en mesure de faire des observations. Elles sont, du reste, extrêmement rares dans nos pays.

Pour les chiffres moindres, nous avons des données qui ne sont pas nombreuses mais qui sont suffisamment précises pour se former une opinion.

On voit sur la fig. 12 que tant que la brise reste modérée (jusque vers le grade 5) le multiplicateur reste pratiquement égal à l'unité. Tant qu'on reste — même pour les grades supérieurs — dans les petites vitesses de courants jusqu'à vers  $0^{\text{m}}6$  ou  $0^{\text{m}}7$  à la seconde, on a aussi l'unité.

Mais quand on arrive dans les vitesses de  $0^{\text{m}}8$ ,  $0^{\text{m}}9$  et 1 m. et qu'en même temps le vent monte vers 6, 7, et 8 on voit la surface représentative se relever en une pointe assez aiguë et le multiplicateur peut atteindre 4, ce qui veut dire, si nous prenons l'exemple du Raan (fig. 7) que nous avons examiné au chapitre III, que nous aurons par mètre cube d'eau :

en suspension près de la surface  $3^{\text{k}}68$ ,  
et vers le fond  $14^{\text{k}}4$ ,  
au total, dans un prisme d'un  $\text{m}^2$  de superficie  $53^{\text{k}}48$  de sables et de vases.

Pour toutes les vitesses inférieures à  $0^{\text{m}}60$  par seconde, nous n'avons jamais pu trouver que les eaux fussent plus chargées même par grand vent que par brise modérée ; ceci ne doit pas paraître mystérieux ou inexplicable car, en réalité par grand vent, il n'y a jamais le long de nos côtes, quand le courant et le vent vont dans la même direction, de vitesses aussi réduites. On ne trouve d'aussi petites vitesses que dans des régions plus éloignées de la mer où les profondeurs sont plus grandes et où, par suite, la tempête ne peut plus aussi facilement soulever les alluvions du fond ou encore ne le peut pas du tout.

Dans la région littorale, les grandes vitesses sont couramment réalisées par le flot en cas de tempête ou de fort vent et nous allons les détailler dans un instant ; par contre, en jusant, on ne peut pas bien discerner la force du courant. Il arrive quand le vent est d'Ouest avec le grade 7 ou 8 qu'on ne voit pas du tout qu'il y ait du courant de jusant à la surface. Sous l'action du vent, l'eau superficielle se meut, même au jusant, vers l'Est ; mais il est clair qu'à quelque distance sous la surface, le courant régulier du jusant vers l'Ouest est rétabli : c'est de cette opposition du vent et du courant que naissent les mers clapoteuses.

Pour en revenir au temps de flot, quand vent et courant vont dans le même sens, on peut se faire une idée exacte du multiplicateur en coupant la surface représentative de la

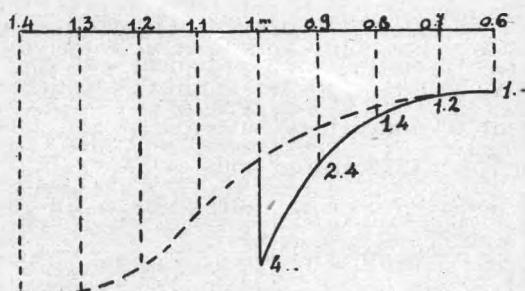


Fig. 13

fig. 12 par des plans parallèles aux  $x$   $y$  pour les grades 7 et 8. On obtient ainsi la fig. 13.

L'une des branches de cette figure pour le grade

8 est, malheureusement, arrêtée à la vitesse d'un mètre, les circonstances atmosphériques n'ayant pas permis de prolonger davantage les opérations — ce qui est assez naturel par un coup de vent méritant l'indice 8.

On voit, en tout cas, que la courbe monte encore d'une manière très décidée quand on passe de la vitesse 0.9 à la vitesse de 1 m. et il est regrettable que nous ne connaissons pas l'allure de la courbe au delà de ce point.

Pour le grade 7, nous avons des observations jusqu'à la vitesse de 1<sup>m</sup>40 et le multiplicateur monte jusque 4 $\frac{1}{2}$  environ. Ici nous voyons clairement que l'eau arrive à sa saturation

de matières en suspension ; et, à l'allure de la courbe, on ne peut pas se figurer que le multiplicateur puisse croître encore beaucoup quand la vitesse augmente encore. Au surplus, des vitesses de 1<sup>m</sup>40 par seconde sont relativement rares, même par tempête, dans la majeure partie de la mer du Nord, et on comprend la difficulté qu'il y a de se trouver justement à point nommé, à l'endroit voulu, pour faire les observations et de réussir dans une mer tumultueuse à recueillir des échantillons assez nombreux avec une rapidité suffisante pour pouvoir les considérer comme étant pris simultanément lorsqu'on recherche les vitesses maxima.

Un autre élément qui ne peut être négligé, lorsque quittant la pleine mer, on considère les endroits plus ou moins abrités, c'est la différence de hauteur que la marée atteint sous l'influence des tempêtes.

Alors que les marées ordinaires sur notre littoral atteignent 4<sup>m</sup>25 environ, les marées de tempête montent jusqu'à la côte 5, 5,50, ou même plus. Dans ces conditions il pénètre dans

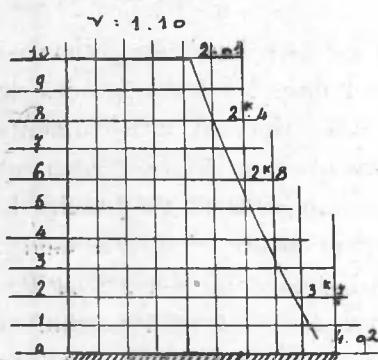


Fig. 14.

par gros temps l'une (fig. 14) sur le versant extérieur du Stroombank, l'autre sur le Raan (fig. 15) au large de Knocke, effectué par tempête (grade du vent 7 à 8) du O. N. O.

Dans ce premier cas, la charge pour un prisme d'eau d'un mètre carré de base est de 31<sup>k</sup>55 ; dans le second de 48<sup>k</sup>30.

tous les endroits abrités (rades, chenaux, ports, criques,) une tranche d'eau supplémentaire au moment où la charge d'alluvion est la plus forte et, comme nous le verrons ultérieurement, la majeure partie de ces alluvions reste dans ces endroits abrités.

Nous avons ici les diagrammes de deux expériences

Les diagrammes montrent que, de la surface au fond, la charge croît à peu près uniformément ; il n'y a donc plus ici de distinction entre matières en suspension et matières en traînage. Tout au plus y a-t-il une tendance naturelle des particules lourdes à descendre vers le fond de la mer d'où

les vagues et les coups de mer les relancent continument dans la masse générale des eaux.

Ces diagrammes confirment et expliquent que lorsqu'on vient par gros temps du

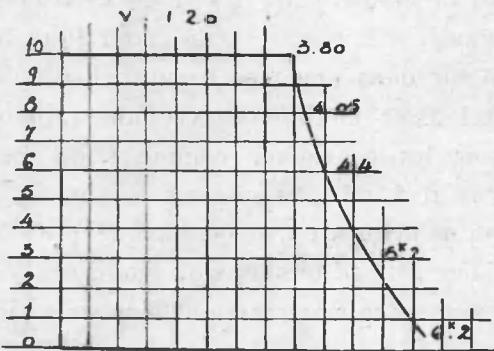


Fig. 15.

milieu de la mer du Nord vers l'embouchure de l'Escaut, la mer présente vers les atterrages l'aspect d'une immense vasière jaunâtre.

La chose la plus malaisée à estimer ou à apprécier est l'intensité du vent pour le classer dans les divers grades de puissance. Les météorologues qui disposent d'instruments placés sur des observatoires peuvent, sans doute, facilement totaliser le nombre de tours des appareils et en déduire la vitesse moyenne du vent de demie heure en demie heure. Il en est autrement à bord d'un bateau soumis à des oscillations violentes, continues et irrégulières et où l'instrument qu'on essaierait de placer serait couvert de paquets d'eau salée ou d'embruns.

Bon gré, mal gré, on est donc conduit à s'en rapporter à l'appréciation pour la force et la vitesse du vent, mais l'habitude permet cependant de faire des appréciations qui sont suffisamment exactes pour le but que nous poursuivons.

Lorsque la tempête se calme, tout de suite le diagramme

ou la surface représentative tendent vers leurs premières formes. Nous avons (fig. 16) un point d'observation sur le Paardemarkt (long. Est de Paris  $0^{\circ}50'40''$ , latitude Nord  $51^{\circ}21'00''$  profondeur à mer basse 5 mètres) après une tempête de l'Est et par courant de flot vers marée haute.

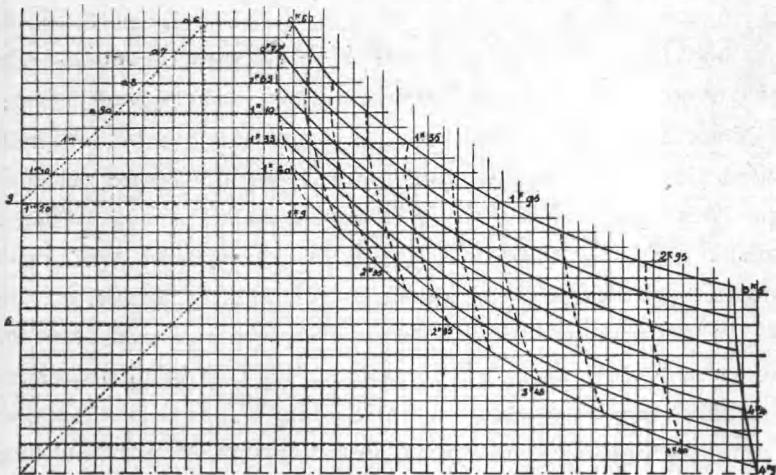


Fig. 16.

Le vent était à peu près calmé ; mais il restait encore une forte agitation des eaux, et les observations ont été poursuivies au même point jusque mi marée descendante.

Le chargement du prisme d'un mètre carré de superficie est à la vitesse de 1<sup>m</sup>20 et par 9 m. de hauteur d'eau de 28<sup>k</sup>40 ; à mesure que la marée descend, la vitesse se ralentit et lorsqu'elle est tombée à 0<sup>m</sup>60 à la seconde, peu avant l'étalement, le changement du prisme n'est plus que de 13<sup>k</sup>75, la côte de l'eau étant descendue de 2 mètres environ, et lorsque la marée fut étale complètement — même vers la fin de l'étalement qui n'est pas fort longue en cette région — le chargement du prisme n'était plus que de 6<sup>k</sup>30 environ.

Apprécier in *globo* dès la première marée qui suit une tempête, les chiffres d'alluvions en suspension ou en traînage sont

réduits de moitié et sont alors environ le double des chiffres de beau temps persistant.

Si l'on songe maintenant que la plupart des tempêtes battent la côte, et en pensant aux volumes énormes de sable et de vases qu'elles mettent en mouvement, on doit avoir l'impression qu'il va se produire des remblais énormes dans la zone attenante immédiatement au littoral, — remblais qui n'arrivent pas dans la réalité — ou que du moins nous ne voyons pas se produire sur la plupart de nos plages.

Nous avons déjà expliqué que les mouvements de va et vient des alluvions dûs aux courants de marée ne donnent que des résultantes fort petites quoique les composantes soient grandes ; nous sommes habitués aussi à voir l'eau amenée par la marée montante se retirer à la marée descendante et on peut bien deviner qu'il doit y avoir, en présence de l'améné des sables et des vases contre le littoral, par les tempêtes, un autre élément qui rétablit — ou à peu près — l'équilibre et qui refoule en mer la majeure partie des alluvions que la tempête pousse vers la plage.

Cet élément c'est la vague.

Chacun a pu voir les vagues de tempête (et même les autres) accourant du large et déferlant sur la plage, après quoi un rapide mouvement de retour entraîne les alluvions et aplatis les inégalités qui existaient sur le sable avant l'arrivée de la vague.

Des accumulations, même importantes, de sables sont ainsi entraînées et disparaissent en quelques instants, pourvu qu'elles soient atteintes par les lames en retour. Si l'on observe le mouvement des sables sur la plage, alors même que la couche d'eau qui les recouvre est assez mince pour permettre de voir le fond, on remarquera leur mouvement rapide de descente vers le large. Et, naturellement, cet effet cesse pour le sable qui ne peut pas être atteint par les eaux de marée haute.

Dès qu'une marée exceptionnellement haute atteint des sables qui restaient à sec en temps habituel, ils sont aussi entraînés et lavés jusque dans les parties profondes qui longent la plage.

Cet effet est connu depuis longtemps : périodiquement on trouve des personnes qui constatent que telle ou telle partie de la plage se corrode ou s'amaigrit et qui croient que la dune ou la côte est menacée. Mais, finalement, l'expérience apprend que les alluvions finissent par revenir.

Je reproduis ici l'extrait d'un mémoire de la Direction des « Wateringues de Bruges », datant du 15 janvier 1788, donc il y a près d'un siècle et demi.

« On ne déguise pas que la mer extraordinairement élevée » et gonflée en date du 25 janvier dernier ait emporté la moitié » de quelques unes de ces dunes et les ait affaissées à une hauteur » de 5 à 10 pieds : ce spectacle ne présente cependant rien de » nouveau : c'est ce qui arrive de temps à autre. En 1767, le » 2 janvier, la tempête emporta ces dunes en plusieurs endroits » jusqu'à laisser entrevoir la digue de précaution ; une des » dunes fut même creusée au dessous du niveau de la grève » par une chaloupe qui fut jetée de son ancre sur le sec entre » les dunes et la digue de précaution.

» Les ouragans de 1772 et de 1779 causèrent des dégâts » à ces mêmes dunes presque pareils à ceux de 1767 ; la digue » de précaution a toujours rassuré contre le danger ; puis la » nature et quelques faibles moyens de l'art les ont réparées » plus ou moins lentement suivant que les vents ont été plus » ou moins propices. »

La démonstration faite, il y a un siècle et demi, par la Direction des « Wateringues de Bruges », continue à se vérifier tous les ans.

Les sables sont donc raclés perpendiculairement à la direction générale de la côte, entraînés à une certaine distance en mer et, là, ils se mélangent à la masse générale des alluvions

en mouvement y formant un surplus que les eaux, ayant déjà leur chargement, ne peuvent que difficilement entraîner.

Et l'action de ces vagues en retour est donc assez différente de celle que nous avons examinée au commencement de ce chapitre, pour expliquer la mise en suspension d'une plus grande quantité d'alluvions dans l'eau.

Pour les vagues en retour, le mouvement des alluvions se fait pour ainsi dire uniquement à ras du fond et non par mélange dans les eaux.

Il y a toutefois un élément qui a pu faire varier l'importance des déblais dûs aux vagues en retour et nous allons l'expliquer ici.

On a remarqué depuis un certain nombre d'années que les plages de certaines localités (Ostende, Heyst, etc...) étaient démaigrées, leur niveau actuel étant assez sensiblement inférieur à celui qui existait antérieurement.

Ce démaigrissement est dû à l'importance croissante des vagues déferlant sur les plages ; et cette importance croissante elle-même est due à l'atténuation des banes se trouvant au large.

Tout le monde sait que le Stroombank recule continuellement vers l'Est ; tout le monde sait aussi que l'on a creusé des passes profondes près d'Ostende. Les vagues de tempête ont donc le chemin vers la plage facilité. Elles ne doivent plus passer — comme autrefois — la crête un peu sèche du Stroombank — où souvent elles déferlaient. Elles n'arrivent plus, après avoir déferlé, dans des eaux notamment plus profondes où les ondulations du déferlement pouvaient s'effacer avant de reprendre leur route vers la plage.

Le Stroombank s'atténuant et la petite rade d'Ostende se remblayant, les profondeurs sont moins diverses, les vagues passent du large jusque sur la plage sans déferler et elles arrivent donc près de la côte avec une plus grande force.

D'où entraînement d'une plus grande quantité de sables qui contribuent encore à uniformiser les profondeurs.

Il en est de même pour Heyst. Le haut fond du Zand tend plutôt à s'atténuer comparativement à ce qui se voyait il y a un quart de siècle.

L'Appelzak continue à se combler lentement comme il le fait depuis 40 ans ; de plus, on a creusé la passe du Zand, et les trois circonstances admettent, comme à Ostende, le passage plus aisé des lames de tempête qui viennent avec grande force déferler sur la plage et entraîner le sable.

C'est parce que cette action est perpendiculaire à la direction générale de la plage que les nombreux brise lames construits, dans le temps, pour protéger les plages contre les érosions par courants ne sont, pour cette nouvelle action, daucune efficacité.

On a attribué, nous le savons, l'abaissement de la plage de Heyst — ce qui désole cette localité — à quelque courant parasite provenant de la construction du môle de Zeebrugge, mais il n'en est rien ; les jetées de la côte suffiraient — comme elles ont toujours suffi — pour maintenir les sables contre les déplacements parallèles à la côte.

Les piers ou estacades que l'on voudrait construire ne peuvent donc donner aucune amélioration et, pour pouvoir remédier à ceci, il faudrait protéger l'estran par une construction parallèle à la côte située à quelque distance de la plage où les lames de tempête viendraient se briser et qui les priveraient donc de leur force raclante pour le moment où elles seraient sur la plage même.

Le môle de Zeebrugge a, bien entendu, tout de même une influence par le comblement de l'Appelzak qu'il a accéléré et qui a donc contribué à uniformiser les profondeurs depuis les Wielingen jusque contre la digue et il convient de faire remarquer que l'inconvénient qui se manifeste à Heyst en ce moment est destiné à se propager peu à peu vers l'Est.

Duinbergen, Knocke et le Zoute seront peu à peu atteints par le même inconvénient à mesure que la crête du Paarde-

markt s'abaissera et que le fond de l'Appelzak se relèvera.

Il y a donc tendance, sous l'influence des vagues de tempête, à la formation d'une terrasse sous marine à profondeurs peu variées depuis les digues d'Ostende et de Heyst jusqu'aux fonds de la grande rade d'Ostende et des Wielingen respectivement.

Plus cette terrasse se relèvera et plus les vagues de tempête auront de force pour déferler et plus elles déferleront, plus la terrasse montera.

La formation de cette terrasse (actuellement en cours) montre — malgré les apparences contraires à Ostende et à Heyst — une prédominance de l'alluvion sur l'érosion. Le mouvement commencé il y a trente ans continuera et il viendra un moment où les habitants de Heyst, désolés aujourd'hui de voir leur plage vaseuse et impraticable pendant la saison estivale, auront autant de sable en trop devant leur digue qu'ils en ont maintenant en trop peu.

Ils devront seulement avoir une patience un peu longue pour que, grain à grain, les milliers de mètres cubes nécessaires à l'émersion de la terrasse sous marine aient eu le loisir de venir s'accumuler sur leur estran.

## CHAPITRE CINQUIÈME.

---

### Le Mécanisme des alluvions.

---

Dans ce qui précède, nous avons détaché l'un de l'autre, le sable et la vase, le calme et la tempête, le courant et l'étalement, le vent et la vague ; et il le fallait bien pour pouvoir apprécier plus ou moins complètement l'effet de chacun des éléments.

Il est à peine utile de faire remarquer qu'en réalité, dans chaque ordre d'idées, il y a tous les degrés intermédiaires et que ces quatre données principales peuvent se combiner et s'entremêler de toutes les façons possibles.

Si l'on ajoute que les courants ont, en mortes eaux et en vives eaux, des vitesses assez sensiblement différentes, que les alluvions transportées sont fonction de ces vitesses, que des influences passagères — comme les tempêtes — ou locales — comme les bancs — peuvent modifier dans une très forte proportion les quantités ou les coefficients que l'on trouve dans les circonstances normales, on entrevoit que l'exposé complet de la marche des alluvions dans la partie méridionale de la mer du Nord lasserait la patience du lecteur le plus persévérant.

Au surplus, l'allure et les variations de bancs situés à 6 ou 7 milles marins de la côte sont indifférentes à tout le monde ou du moins à tous les ingénieurs car leur activité ne peut jamais s'étendre jusque là.

Mais nous croyons, cependant, qu'il sera possible de donner une vue d'ensemble du mécanisme des alluvions dans la partie de la mer qui avoisine le plus directement la plage et où les ingénieurs ont eu à étudier des ports, des chenaux, des passes.

Et nous considérerons deux zones : la petite rade d'Ostende et le banc qui la couvre (Stroombank) d'une part et, d'autre part, les atterrages de Zeebrugge couverts par le banc du Paardemarkt.

Si on regarde sur une carte marine la disposition de tous les bancs voisins de la plage (Traqpegeer, Bancs de Nieuport et de Wenduyne, Stroom et Paardemarkt) on remarque qu'uniformément le revers extérieur de ces bancs est en pente beaucoup plus douce que le revers intérieur.

La pente douce d'un banc indique toujours le côté par où il est alimenté, et il s'en suit que, pour examiner logiquement le mécanisme des alluvions, nous devons partir du moment où les alluvions commencent à se porter vers le banc.

Sur nos côtes c'est vers la mi-marée montante. On sait que lorsque le niveau de l'eau est au dessus du niveau moyen de la mer, le courant porte dans une direction orientale tandis

que lorsque le niveau de l'eau est au dessous du niveau moyen de la mer le courant a une direction opposée. Il y a étalement de courant au moment où l'eau est à peu près à son niveau moyen. (fig. 17)

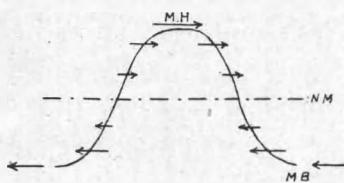


Fig. 17.

Nous partons donc de l'étalement de courant qui se produit à mi-marée montante quand le courant de flot commence à s'établir, et nous considérons un prisme d'eau au pied extérieur du Stroombank. Le premier flot porte à terre c'est à dire que les courants se dirigent obliquement vers la plage et si — pour la rade d'Ostende — nous nous plaçons à l'extérieur du Stroombank, nous remonterons le talus avec un diagramme comparable à celui de la fig. 5 que nous pouvons imaginer tracé pour un point situé à une profondeur de 8 mètres. Tandis que nous remontons la pente avec le

courant, la vitesse de l'eau s'accélère, car le Stroom n'a que 4 m. (n'avait, du moins, que 4 m. au moment où nous opérions) à son sommet et la hauteur d'eau est donc respectivement 10 m. et 6 m. à mi-marée ce qui est l'instant que nous avons considéré.

La figure 5 est donc peu à peu remplacée par une autre figure se rapprochant de la fig. 2.

L'eau se charge de plus en plus d'alluvions à mesure qu'on se rapproche du sommet du banc bien que la diminution de la hauteur du prisme d'eau tende à réduire la charge totale par mètre carré de superficie. L'augmentation de charge due à la vitesse est supérieure à la diminution de charge résultant de la réduction de hauteur du prisme.

Ces dernières différences ne sont pas fort grandes et, sauf en cas de beau temps, elles sont malaisées à contrôler.

Mais aussitôt la crête passée — et cette fois la chose a pu être constatée régulièrement — il y a chute brusque de la vitesse, diminution de la quantité d'alluvions que les eaux peuvent tenir en suspension et précipitation abondante d'une partie des alluvions.

Dès que le courant de flot est bien établi, la direction en est parallèle à la plage près de terre, à peu près exactement parallèle à la crête du Stroom au large et, bien entendu, les alluvions suivent exactement le mouvement des courants.

La crête du Stroom n'est plus franchie mais bien suivie par l'eau, et l'eau qui, après le passage de la crête, s'était dépouillée d'une partie de son chargement d'alluvion suit le rebord intérieur du banc pendant toute la marée montante suivant l'étalement, la marée haute et la première partie de la marée descendante.

Si la direction, pendant toute cette période est constante, la vitesse ne l'est pas car au moment où le flot cesse de franchir les bancs pour les longer, la vitesse — sauf sur la crête du banc — n'est que de 30 mètres à la minute tandis qu'au

moment de la marée haute elle est de 60 m. par minute, pour retomber à 30 mètres 3 heures plus tard.

Les alluvions qui viennent donc de se déposer sur le revers intérieur du Stroombank sont reprises par les courants accélérés de la période voisine de la haute mer pour être peu à peu précipitées quand la marée descend mais quand le courant est encore de flot.

Après l'étalement précédent le jusant, nous revenons au diagramme de la fig. 2 qui vaut jusqu'au moment où le jusant établi est de nouveau parallèle à la côte

Si l'on suit le chemin d'un flotteur, on voit que jamais, en beau temps et jamais, en mauvais temps surtout, il ne repasse le Stroom.

Si nous représentons donc schématiquement le tracé suivi

depuis le point de départ de notre prisme pendant tout un courant de flot et tout un courant de jusant nous aurons le tracé de la fig. 18 (cycle n° 1).

Au moment de commencer le cycle n° 2 nous n'aurons plus la remontée sur le Stroom (car nous nous trouvons

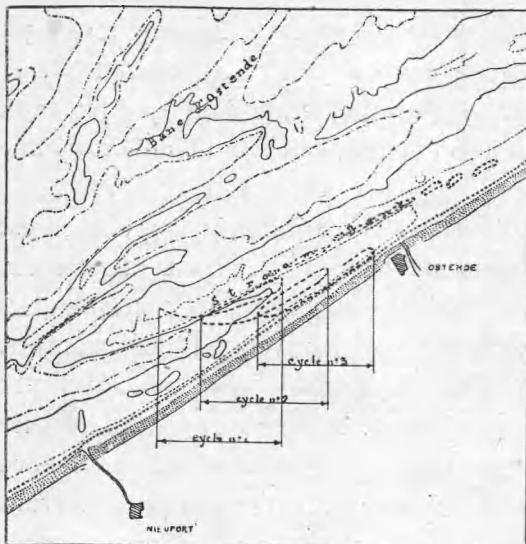


Fig. 18.

déjà dans l'intérieur de la petite rade), donc plus de chargement supplémentaire de sable, sauf celui dû aux variations de la vitesse du courant et ce cycle n° 2 accompli nous nous retrouverons encore un peu plus près de la terre; un troisième

nous en rapprochera encore davantage jusqu'à ce que nous arrivions tout près de la plage.

Comme on peut bien penser, il n'est pas possible que le mouvement continue indéfiniment dans ce sens et il doit y avoir quelque part, un retour des eaux vers le large. Ceci se produit un peu à l'est d'Ostende jusque Wenduyne où l'on voit les cycles successifs s'écartier peu à peu de la plage vers le large, tout en continuant leur mouvement giratoire, inverse par cycle.

J'anticipe ici un instant pour rappeler qu'il y a 30 ans (1) j'avais exposé que les alluvions qui encombreraient le port de Zeebrugge viendraient de l'Est et comme l'ouverture du port est orientée vers l'Est, que rien ne les empêcherait de s'établir dans le port. Dans le même ordre d'idées, j'avais combattu, à cette époque, la théorie qui consistait à se représenter la marche vers l'Est du Stroombank comme une chose destinée à continuer. J'ai rappelé dans le préambule de cette note que l'ingénieur De Mey pensait en 1893-1894 au creusement d'une passe à l'Est du port d'Ostende.

En 1894, les travaux de creusement de cette passe n'étaient pas encore décrétés, malgré l'avis du comité spécial des Ponts et Chaussées qui avait approuvé les idées de De Mey. Celui-ci faisait remarquer qu'à mesure que la situation de la petite rade s'aggravait l'exécution du travail qui pouvait remédier à cette situation devenait à la fois plus difficile et plus incertaine.

Ce ne fut toutefois qu'au cours de l'été 1897 que je pus exposer à De Mey que l'écartement des cycles successifs à l'Est du port devait avoir pour conséquence de ne pas faire croire à la possibilité de la soudure du Stroombank à la côte.

Il existait, à ce moment, sur la crête du Stroom toute une zone s'étendant de Raversyde à Clemsskerke où l'on sondait

---

(1) *Annales des Ingénieurs de Gand*, Tome XX 1<sup>re</sup> livraison 1897.

moins de 3 mètres à mer basse, et on craignait — pour l'accès du port d'Ostende — de la voir se développer jusqu'à se souder à la plage. C'est pour éviter ceci qu'on voulait faire la passe Est du port.

L'examen attentif du mécanisme des alluvions montra, à ce moment là, que les dépôts qui se formaient avaient plutôt une tendance à s'écartier de la côte dans cette partie qu'à s'en rapprocher et que l'ouverture artificielle d'une passe ne pouvait être compromise par la marche vers l'Est du sommet du Stroom.

Les craintes que De Mey avait sur les mauvais effets d'un retard dans le creusement de cette passe ne me paraissaient pas justifiées et — à mon sens — la passe une fois faite devait aisément se maintenir.

L'expérience ultérieure montra surabondamment qu'il en était bien ainsi. La carte hydrographique de 1908 montre une ouverture de passe (entre les courbes de 5 m.) de 250 m. de largeur et montre, en outre, que tout le banc du Stroom s'est sensiblement abaissé dans sa partie la plus sèche ; car sur cette carte il ne présente plus que deux insignifiants petits lambeaux ayant une cote inférieure à 3 m., l'un en face de Mariakerke, l'autre dans le Nord d'Ostende,

Mais la passe Ouest, qui avait 5 m. dans l'alignement des feux sur 300 mètres de large en 1894, a entièrement disparu sur la carte de 1908.

Depuis la guerre, la passe directe se maintient sans grands dragages montrant donc clairement avec les deux constatations précédentes que vers l'Est d'Ostende — cycles s'écartant de la plage — la situation actuelle se maintient mieux que du côté Ouest — cycles se rapprochant de la plage.

L'effacement continu et progressif du Stroom ne modifie que peu le mécanisme des alluvions en temps normal.

Tout au plus peut-il y avoir une moindre différence entre les quantités d'alluvions chargées par l'eau au pied extérieur,

et sur la crête d'une part, sur la crête et sur le revers intérieur d'autre part; et, par suite, un mouvement un peu plus prolongé des alluvions dans la première partie du flot. Mais les courants dans la petite rade d'Ostende, facilités par l'ouverture de la passe de l'Est sont capables aussi de tenir plus d'alluvions en suspension et en traînage sur le fond, de sorte que l'équilibre entre les quantités charriées par flot et par jusant peut se maintenir.

Au 17<sup>e</sup> siècle, il existait le long de la côte un sillon profond de plus de 8 mètres s'étendant depuis le Zwyn jusqu'à Middelkerke et qu'on appelait « binnen 't Sandt ». Il était terminé vers le large par un banc dont l'extrémité orientale s'appelait Paardemarkt (le nom et le banc existent encore) prolongé par un autre banc appelé « 't Zand » (le nom existe encore pour désigner la terrasse sous marine, devant Blankenberghe et Heyst, mais le banc n'existe plus) et prolongé enfin par le Stroombank.

Au delà du Zand il y avait un second sillon profond qui unissait l'embouchure de l'Escaut à ce qui est maintenant la grande rade d'Ostende.

En deux siècles et demi, le sillon « binnen 't Sandt » a été comblé sur une longueur de 25 Kilomètres (de Middelkerke à Heyst). C'est en ces deux localités qu'on retrouve les courbes de 8 m. l'une limitant à l'Ouest l'Appelzak, l'autre limitant à l'Est les profondeurs de la petite rade d'Ostende. La hauteur des atterrissments atteint 2<sup>m</sup>50 vers le milieu de cette distance pour diminuer de part et d'autre jusqu'à zéro à Middelkerke et à Knocke. La largeur de la zone comblée est, mesurée perpendiculairement à la côte, de 900 mètres environ.

En évaluant aussi exactement qu'il est possible — et utile — la quantité d'alluvions qui est venue se déposer là depuis deux siècles et demi on trouve un cube de 28.125.000 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à 155 m<sup>3</sup> par marée.

Pour apprécier combien ce chiffre est insignifiant, il faut

se rendre compte de ce qu'au moment de la marée haute en temps calme, la masse d'eau envisagée (de Middelkerke à Knocke sur 900 m. de large) tient en suspension et en traînage une quantité de 180.000.000 de kilos d'alluvions correspondant à 106.000 mètres cubes dont les trois quarts — près de 80.000 m<sup>3</sup> — se déposent à chaque étale et sont repris ultérieurement par le courant inverse.

Mais ce qui n'est pas insignifiant, c'est qu'à travers les siècles une même cause puisse avec continuité et persévérandce malgré les variations de vent, de courant, produire indéfiniment et lentement un alluvionnement sur une même région de notre littoral.

C'est évidemment le « gain de flot » bien connu sur notre côte et que nous retrouvons dans la succession des cycles de la fig. 18 qui produit cette lente progression vers l'Est, et si elle continue à se manifester de la façon que nous voyons sur la partie orientale de la côte de Flandre, c'est qu'il doit exister au delà de notre frontière une action opposée qui refoule les alluvions vers l'Ouest.

Elle existe et est due au courant de l'Escaut. Nous avons montré antérieurement (<sup>1</sup>) que, dans la passe des Wielingen le résultat définitif du mouvement des alluvions était un « gain de jusant » et un transport vers la côte; et j'avais indiqué la limite où le gain de jusant de l'Escaut équilibre exactement le gain de flot de la mer (vers Blankenbergh).

La disposition des rives et des bancs fait que si on considère un flotteur partant de l'axe de la passe des Wielingen, devant Knocke, au moment où le courant commence à se diriger vers le S. O. et si, en ce point, on observe toutes les vitesses qui se produisent pendant une marée complète (descendante et montante), on trouve une courbe fort aplatie qui se termine

---

(1) Etude sur le régime de la côte devant le nouveau port de Heyst. *Annales des Ingénieurs de Gand*. Tome XX, 1<sup>er</sup> livraison.

un peu en aval du point de départ (fig. 19 — courbe en traits pleins). Mais si, au lieu de considérer les vitesses toujours au même point, on suit le flotteur durant sa course, on le voit s'écarte de cette courbe théorique pour obéir vers l'extrémité occidentale de sa course aux courants tournants du Wandelhaar (fig. 19 — courbe en traits mixtes) : il se rapproche peu à peu de terre, passe sur le plateau du Zand et se dirige en suite, rapproché du rivage, vers l'Appelzak (fig. 19 — courbe en traits pointillés). Le

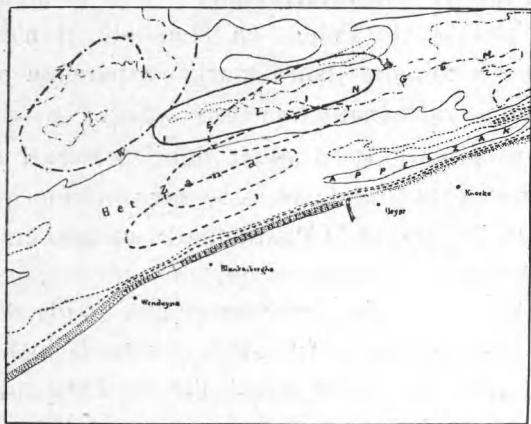


Fig. 19

cycle suivant le rapproche encore de la côte et ainsi de suite. Le mouvement se fait donc toujours en giration inverse mais dans un sens opposé à celui que nous avions vu antérieurement pour la petite rade d'Ostende.

Comme dans celle-ci, il faut bien, après s'être rapprochés tout un temps de la côte, que les cycles successifs s'en éloignent et ceci se produit au delà de la pointe de Wenduyne où les eaux, reprises d'ailleurs par le régime du « gain de flot », s'écartent rapidement de la côte.

Il y a donc afflux des eaux — et des alluvions — depuis les grands fonds du Wielingen obliquement par dessus le plateau du Zand dans la fosse littorale — ou dans ce qui en reste en ce moment : l'Appelzak — tant de flot que de jusant.

L'allure des courbes de niveau, espacées sur le talus extérieur du Paardemarkt, serrées sur le talus intérieur le montre aussi clairement qu'on peut le désirer et on peut maintenant

se rendre compte de ce que l'Appelzak est voué à la disparition.

Il y a un demi siècle, en 1879, le lieutenant de vaisseau Petit qui fut chef du service hydrographique de Belgique écrivait que « lorsque les alluvions du Zwyn, aujourd'hui barré, seront entièrement endiguées et que la côte formera une ligne presque droite non interrompue depuis le phare de Knocke jusqu'au Zwarde Polder en Hollande, il n'est pas impossible que le Binnen Paardemarkt disparaîsse ou change de forme en se rattachant à la terre ferme. »

Le lieutenant de vaisseau Petit avait donc pressenti et entrevu la formation de la grande terrasse sous marine qui aplatisrait le Stroom, le Zand et le Paardemarkt et donnerait des profondeurs lentement croissantes ou, en tout cas, peu variées, depuis la laisse de basse mer jusqu'aux fonds des Wielingen et de la grande rade d'Ostende, car c'est le même processus qui règne depuis Cadzand jusqu'à l'Ouest d'Ostende, avec, tout au plus, des variations secondaires dues au gisement de la côte, à l'influence du genre de courant dominant et à l'action plus ou moins directe des vagues et vents de tempête.

L'accumulation lente et continue des sables sur toute la moitié orientale de notre côte est donc parfaitement caractérisée. Elle est, dans l'état d'équilibre où se trouvent maintenant les diverses forces qui peuvent influer sur la marche des alluvions, extrêmement lente et ne paraît pas pouvoir compromettre sérieusement d'ici à un grand nombre d'années l'accès — aux profondeurs actuelles — aux ports de notre littoral. Mais elle ne permet pas, à aucun prix ni dans aucune des circonstances que l'on peut actuellement prévoir, d'espérer une augmentation naturelle de cette profondeur et, encore moins, la possibilité d'augmenter artificiellement cette profondeur. On doit, au contraire, s'attendre à une lente régression de la profondeur générale de la mer jusqu'à une distance de la plage de 3 Km. vers Knocke et vers Ostende et à une distance de 5 à 6 Km. devant Wenduyne.

Il y a des personnes qui croient à la possibilité de réunir Anvers à la mer par un canal qui serait entièrement en territoire belge. Laissant de côté les questions de franchir les nombreuses voies hydrauliques et les nombreux chemins de fer que le tracé de ce canal couperait, on peut affirmer — et il est bon que cette chose soit dite — que jamais, pas même à coups de millions, on n'arriverait, avec l'outillage actuel, à ouvrir une voie de navigation maritime sûre depuis les fonds de 10 m., par exemple, à mer basse — ces fonds se trouvent à environ 8 Km. de la plage — jusqu'au littoral, voie de navigation qui serait facilement parcourue à tout état de marée et par tous les temps, par les navires qui, actuellement, fréquentent le port d'Anvers.

Et il serait encore beaucoup plus chimérique de penser pouvoir entretenir régulièrement la profondeur nécessaire par des dragages, même à l'aide des engins les plus puissants que l'on a maintenant. La puissance des alluvions serait plus forte — beaucoup plus — sur toute cette terrasse littorale que tout ce que l'on pourrait faire comme dragages, avec les dragues actuelles et celles qu'on peut entrevoir comme pouvant être construites dans un avenir raisonnable.

---

## CHAPITRE SIXIÈME.

### Applications pratiques.

Lorsqu'on s'est fait ainsi une idée concrète de ce qu'est le mécanisme des alluvions sur notre littoral, des études qui, pour d'autres, donnent lieu à des discussions interminables et se terminant, (quand elles se terminent) par des erreurs deviennent faciles et claires parce qu'on sait ce qu'on risque, où l'on va, et ce que l'on peut espérer, en s'engageant dans certaines voies.

En 1920, M. le Bourgmestre d'Ostende convoqua une commission pour étudier la possibilité et l'opportunité de créer à Ostende un port extérieur.

L'idée était née de certaines difficultés rencontrées par des navires de grandes dimensions pour entrer dans le chenal actuel du port. Il arrive fréquemment que les bâtiments entrant par marée haute — courant de flot — lorsqu'ils ont l'avant engagé entre les estacades et l'arrière encore en mer, embardent sous l'action du courant, pivotent en mettant le cap au S. O. et viennent ainsi en contact avec l'estacade Ouest.

L'entrée du port peut se trouver bloquée si le navire tombe en travers du chenal soit à cause du courant, soit à cause du vent, et il est naturel que les autorités gérant le port se soient préoccupées de remédier à cette situation. Et parmi les idées qui se firent jour l'une des premières fut « la création d'un » port extérieur où pourraient, à l'occasion, faire escale les » grands bâtiments de mer que notre port est incapable de » recevoir. » (1)

---

(1) Discours de M. le Bourgmestre Moreaux à la séance d'installation de la Commission le 30 octobre 1920.

Personne n'ignorait, bien entendu, parmi les membres de la commission les résultats plutôt décourageants obtenus à Ymuiden et à Zeebrugge ; mais on espérait qu'à l'aide de l'expérience acquise — à coups de millions — dans ces deux ports on pourrait arriver à une solution plus pratique.

La commission a fait l'étude de la manière la plus complète, n'étant liée par aucun projet, par aucune considération d'aucune espèce et ayant toute liberté pour discuter le problème dans toute son ampleur et — au besoin — dans tous ses détails.

Elle fit tout d'abord remarquer que tous les projets et toutes les études qui ont été faites — partout — pour des ports semblables à ceux envisagés par l'Administration communale d'Ostende peuvent se ramener à trois types bien distincts.

- a) l'enceinte à deux môle — genre Ymuiden,
- b) l'enceinte à un môle — genre Zeebrugge,
- c) le breakwater parallèle à la côte et relié ou non à celle-ci.

Le premier système a été essayé à diverses reprises en plage de sable avec les résultats que nous connaissons tous.

Tous les ingénieurs savent combien de déboires les Hollandais ont rencontrés tant au point de vue de la défense des môle contre les assauts des tempêtes que pour combattre les envasements.

On connaît les énormes blocs de béton qu'il a fallu entasser à l'extérieur du môle pour briser les vagues ; on sait combien les tempêtes ont déplacé ces blocs pour les précipiter vers le môle ; on sait comment il a fallu les enchaîner et les consolider. Nous avons rappelé antérieurement la lutte contre les alluvions dans le port et comme, à Ostende, il s'agissait d'avoir un accostage au môle et non un chenal péniblement dragué loin des môles, il n'y avait guère à se faire d'illusions sur la possibilité de réaliser pareil dispositif sur le littoral belge.

Aussi lorsqu'il s'est agi il y a une trentaine d'années, de

créer un port à Zeebrugge, le système Ymuiden n'a pas trouvé, M. de Maere Limnander excepté, un seul partisan ni parmi les constructeurs ni parmi les marins. Vainement M. de Maere a-t-il changé la disposition de ses môle, leur longueur, l'orientation de leurs extrémités ; vainement a-t-il modifié l'ouverture entre les musoirs des deux môles ; instruites par l'expérience, toutes les personnes compétentes ont unanimement, pour raisons techniques et pour raisons nautiques, repoussé le dispositif Ymuiden pour la création d'un port à Heyst.

Vu les quantités d'alluvions en suspension devant Ymuiden et devant Ostende et en comparant les autres éléments (vitesses de courants, hauteurs des marées, régime des fonds sous marins, orientation de la côte par rapport aux vents dominants et aux vents de tempête) on doit s'attendre à ce qu'un port genre Ymuiden soit encore bien plus mauvais sur notre littoral que sur la côte hollandaise et — en se plaçant cette fois au point de vue purement Ostendais, ce qui était, après tout, la raison d'être de la commission — on ne peut pas entrevoir que le port genre Ymuiden donnerait quelque chose de plus que le port à estacades pour l'accostage des navires mais qu'il occasionnerait des dépenses, des embarras et des mécomptes à perte de vue.

Le dispositif genre Ymuiden fut donc unanimement condamné par la commission.

En ce qui concerne le deuxième dispositif, à môle unique, genre Zeebrugge, la commission examina d'abord la question de savoir si l'ouverture du port devait être tournée vers l'Est ou vers l'Ouest.

Si le môle avait eu l'ouverture tournée vers l'Est, il aurait dû avoir son enracinement à peu près au Châlet Royal ; s'il était tourné vers l'Ouest, le pied du môle aurait été à la même distance à l'Est du chenal actuel.

Nous passons sur les difficultés d'accès par chemin de fer, sur les questions balnéaires, d'esthétique, d'urbanisme, et

autres qu'on entrevoit redoutables dans l'un cas comme dans l'autre pour nous en tenir uniquement à la question des alluvions.

Orienté comme le môle de Zeebrugge, le môle d'Ostende aurait présenté à peu près les mêmes défauts que celui qui existe maintenant à Heyst.

Le vaste atterrissement en formation lente dans l'ancienne profondeur « binnen 't Sandt » aurait vu sa formation activée par la présence du môle, jouant le même rôle que le banc remplaçant l'Appelzak joue vis à vis du port de Zeebrugge. L'accès du port aurait été difficile depuis la grande rade d'Ostende, dans toute la région peu profonde comprise entre cette rade et la côte, région que tous les navires devaient nécessairement franchir pour arriver au port; et, en ce qui concerne les alluvions dans la rade même, l'exemple de Zeebrugge est suffisant pour ne pas donner envie de recommencer pareille expérience à Ostende.

A Heyst, il n'y avait rien à perdre --- hormis des millions --- tandis qu'à Ostende il y a un port existant, le service des paquebots, des pêcheries, un peu de commerce et il n'y avait pas lieu d'aller compromettre tout cela en renouvelant la malheureuse expérience de Zeebrugge.

Orienté avec l'ouverture vers l'Ouest, on eut probablement eu — au moment de la construction du môle, — un meilleur et plus facile accès pour la navigation : routes plus directes, chenaux plus profonds, accès plus facile — mais on eût ramassé dans le port tout ce que les courants de vives eaux et les tempêtes d'Ouest auraient bien voulu soulever comme alluvions sur le fond depuis Nieuport.

Quand on pense qu'une tempête de trois jours suffit pour amener sur la digue d'Ostende, devant le châlet Royal, sous l'action du vent, seul, un tas de sable qui peut atteindre 80 centimètres de haut et que le bout du môle se serait trouvé à peu près en face prêt à capter les alluvions vingt fois plus

nombreuses charriées par les eaux, on peut se rendre compte de ce que serait un môle unique dont l'ouverture regarderait du côté du courant dominant et du côté d'où viennent toutes les tempêtes donc toutes les eaux chargées d'alluvions.

C'eût été Zeebrugge... au carré !

Aussi la commission fut-elle unanime après examen du problème dans tous ses détails à repousser comme irréalisable le môle unique qu'il fût orienté dans un sens ou dans l'autre.

Reste le dispositif du breakwater.

L'idée a été émise il y a déjà un assez grand nombre d'années (projet de M. le lieutenant de vaisseau Hélin) de construire un breakwater sur le Stroombank.

M. Hélin se proposait simplement à l'origine de créer une zone un peu plus calme devant l'entrée des estacades. Il comptait aussi, plus ou moins, sur la présence du breakwater pour canaliser les courants et entretenir ainsi les profondeurs de la petite rade qui, déjà de son temps, montraient une tendance à diminuer (dans ce but les parties extrêmes du breakwater devaient être légèrement infléchies).

Il ne devait y avoir, à l'origine, aucune communication entre la terre ferme et ce breakwater. Ultérieurement cependant, ce projet fut complété par un pier de débarquement pour les steamers, pier établi sur le breakwater ou à côté du breakwater et raccordé à la terre ferme par une estacade métallique supportant une voie ferrée. Celle ci aurait été tracée à 1.400 mètres à l'Est du chenal actuel et se serait avancée sur une distance de 1.350 mètres en mer.

Soumise à l'examen au point de vue du mécanisme des alluvions, l'idée du breakwater n'a guère résisté à une étude un peu serrée.

Le régime des cycles successifs exposé antérieurement se fut trouvé interrompu brutalement par la présence du breakwater : sur toute sa longueur le premier flot n'eut pas pu franchir le Stroom et nécessairement, derrière le breakwater,

c'est-à-dire précisément là où devaient venir les bâteaux, il y aurait eu, pendant toute la première partie du flot, une zone morte — ce qui veut dire : atterrissements.

De plus, le breakwater aurait fait un angle assez sensible avec la côte puisqu'il était question de l'établir sur la crête du stroom.

La distance de la terre à l'extrémité Est du breakwater aurait donc été plus petite que la distance à l'extrémité Ouest et, évidemment, c'est la dimension la plus petite qui aurait commandé la vitesse des courants dans toute la rade abritée.

On peut donc prévoir que des eaux, chargées d'alluvion pendant le flot, auraient dû ralentir peu à peu au passage de la rade, faute de pouvoir s'épancher — comme expliqué au chapitre cinquième — par dessus le Stroom couronné du breakwater à l'est du port et ceci aussi veut dire atterrissements.

Au jusant, c'est de nouveau l'extrémité orientale qui aurait commandé la quantité d'eau à admettre entre le breakwater et la côte. Une fois cette quantité admise elle se serait trouvée devant des sections de plus en plus grandes et ceci — de nouveau — veut dire atterrissements. Ce ralentissement signifie qu'il manquerait de l'eau dans la rade et les eaux extérieures qui auraient longé le breakwater auraient créé à l'extrémité occidentale de celui-ci un remous qui aurait encore une fois amené des dépôts dans la rade.

On peut donc se faire une idée de l'importance relativement grande des alluvions qui seraient venues se mettre dans la partie de mer abritée.

Il pourrait venir alors à l'idée de ne pas mettre le breakwater sur la crête du Stroom.

Mais il ne serait guère à conseiller de le mettre plus loin de manière à comprendre le Stroombank dans la rade abritée car ce serait, de gaité de cœur, se créer une source de sables en plus de celles qui, déjà maintenant, amènent des alluvions

dans la petite rade d'Ostende. Si l'on pouvait subitement enlever le Stroom jusqu'à la côte — 6.00 par exemple, il est clair qu'il se reformerait, et ces alluvions seraient continuellement à extraire de la rade abritée.

Il ne serait guère à conseiller non plus de mettre le breakwater plus près de la côte parce que, déjà à la distance actuelle du Stroom, il n'y a pas trop de place pour manœuvrer surtout par les coups de vent venant du côté de l'Ouest. De sorte que — comme le lieutenant de vaisseau Hélin l'avait vu — c'est sur le Stroom même qu'il *faut* le mettre, ce qui constituerait une solution passablement malheureuse au point de vue de l'accostage des grands navires surtout.

On aurait donc été finalement amené à construire à l'intérieur du breakwater et du Stroom un pier pour l'accostage des bâtiments, pier qui serait prolongé par une estacade d'accès reliée à l'est du port à la terre.

Quelle que soit la façon dont on comprenne et dont on dispose ce pier et cette estacade, tous deux constitueront une fermeture partielle de la passe entre le breakwater et la côte. Or, fermeture partielle de cette région veut dire atterrissages dans la rade et même en dehors de la rade. Il serait cependant vraiment opportun, quand on connaît le cube des alluvions en mouvement dans les eaux comme nous le connaissons maintenant, de ne pas apporter d'entrave à la circulation des sables et des vases.

Je passe sur les inconvénients nautiques que présenterait pareil port et j'arrive finalement — et c'est là la chose capitale — à la supposition que breakwater, pier, et estacade d'accès soient réalisés.

Nous aurions alors un port où nous aurions à peu près partout 6 mètres d'eau — situation naturelle — c'est-à-dire certainement trop peu pour — suivant le désir de l'Administration communale d'Ostende — « tenir à flot en tout temps » des navires de fort tonnage » ce qui suppose environ 8 mètres d'eau.

Il faudrait donc commencer à approfondir artificiellement une zone immense de 200 à 300 hectares — soit pour la mettre à profondeur un déblai, en profil, de 5.000.000 de mètres cubes — dans une région où les alluvions ne demandent qu'à se déposer.

La surprofondeur de 2 mètres donnée artificiellement à la rade ralentirait les courants de ce seul chef dans le rapport de 6 à 5 à marée haute et dans le rapport de 4 à 3 à mer basse; et il suffit de se rapporter au chapitre troisième pour voir ce que cette source d'alluvions, qui vient s'ajouter aux autres que nous avons détaillées antérieurement, donnerait comme cube : en réalité, pour créer et pour entretenir cette rade, on épuiserait, sans espoir et sans limites, des dépôts qui reviendraient toujours.

Aussi la commission (<sup>1</sup>) a-t-elle dit unanimement dans son rapport, qu' « après avoir examiné les diagrammes montrant » les quantités d'alluvions entraînées dans les eaux et avoir « discuté les différents éléments du problème, elle a été d'avis » que dans les circonstances actuelles le port avec breakwater « ne pouvait être conseillé devant la ville d'Ostende. »

Fort sagelement, la commission a considéré que, d'une part, les bancs de sable s'étaient modifiés dans le passé et pouvaient encore se modifier dans le futur ; d'autre part, que les moyens mécaniques de dragages inconnus, il y a un siècle, avaient fait de grands progrès et qu'il n'est pas impossible que quelque nouveau principe, inconnu aujourd'hui, permette d'envisager ultérieurement un genre de travaux auquel on ne songe pas maintenant.

Elle a donc conseillé que, dans les projets d'amélioration que l'on examinera, on ne barre pas la route à toute idée de

---

(1) Elle était présidée par M. le Sénateur Coppelters et comprenait deux marins (MM. De Graeve et Van Glabbeke), deux ingénieurs honoraires des Ponts et Ghaussées (MM. Verraert et Thoné), un ingénieur de constructions navales (M. Vervack) et l'auteur de ces pages.

port extérieur « si, dans un avenir indéterminé, les circonstances techniques ou hydrographiques subissaient des modifications considérables. »

Et la commission se sépara le 19 mars 1921 en rejetant, formellement et unanimement, l'idée de faire sur notre littoral un second port extérieur.

Il y a déjà assez, comme nous allons le voir, avec celui de Zeebrugge.

Les discussions, pour Ostende, ont eu lieu « sur le papier », mais à Zeebrugge il en va autrement. Tous les ans, des crédits considérables sont employés à draguer des alluvions qui reviennent avec persévérance et des crédits plus grands sont demandés pour draguer des volumes encore plus grands avec l'espoir de voir le port mis à profondeur de manière à pouvoir le faire servir au trafic d'escale ou de vitesse.

L'activité la plus diligente est déployée pour obtenir ces crédits et les influences les plus puissantes sont mises en jeu pour que le Parlement se décide à les voter.

Mais ni ces efforts ni ces influences n'émanent de personnes ayant des connaissances en marine ou en hydrographie.

En ce moment les personnes qui se croient dévouées au port de Zeebrugge s'efforcent d'obtenir :

- 1) la fermeture de la claire voie.
- 2) le dragage intense des alluvions se trouvant dans la rade.
- 3) une sorte d'engagement, de la part des pouvoirs publics, de maintenir la rade à la profondeur que le dragage intense du n° 2 aurait permis de réaliser.

Lorsqu'il arrive — et cela se produit — que des personnes ayant les connaissances voulues ont à s'occuper sérieusement de Zeebrugge, la condamnation de ces trois points se fait sans beaucoup d'hésitation.

Nous en prouvons une preuve, nouvelle, et toute récente, dans le volume que le capitaine de vaisseau A. F. B. Carpenter

de la Marine Royale Britannique a consacré à l'embouteillage de Zeebrugge opéré pendant la nuit du 22 au 23 avril 1918. (1)

On conçoit que l'amirauté anglaise, qui allait engager 162 navires dans l'opération, et le capitaine de vaisseau Carpenter, qui allait commander le *Vindictive*, aient fait une étude sérieuse de ce qu'était que Zeebrugge, des questions de courants, d'ensablements, de claire voie, etc.

Et il est intéressant de montrer ce qu'est, aux yeux de marins, le problème qui nous occupe.

« Si le môle — écrit le capitaine Carpenter (page 30) — » avait été construit sans ouverture sur toute sa longueur, il » eût été impossible à cause de l'ensablement de maintenir » à une profondeur convenable le chenal d'accès à l'entrée » du canal ou la rade elle même. »

« Supposons un instant le môle, en son entier, ne formant » qu'une masse et voyons ce qu'il serait advenu du port de » Zeebrugge : le courant allant à l'Ouest aurait tendu à porter » le sable dans la rade entre le môle et l'entrée du canal, » tandis que le courant inverse aurait été impuissant à enlever » ce dépôt quelques heures plus tard. En peu de temps la » rade serait devenue impraticable et l'accès du canal im- » possible. » (page 31).

« Il était donc nécessaire de laisser une partie du môle » ouverte pour permettre aux courants de marée de jouer » librement dans les deux sens. Un banc important avait pu, » néanmoins, se former dans la rade réduisant ainsi la surface » utile disponible. » (page 31).

---

(1) L'embouteillage de Zeebrugge par le capitaine de vaisseau A. F. B. Carpenter de la Marine Royale Britannique. Traduit de l'anglais par René Levaque, capitaine de corvette et L. P. Alaux (chez Payot, 106 Boulevard S. Germain, Paris, 1925).

Et je rappellerai que dans une étude antérieure (1) j'avais dans des termes quasi identiques dit que « si on fermait la claire » voie il s'en suivrait des ensablements et des envasements » tels que non seulement l'accès au môle serait rendu impos- » sible malgré les dragages mais que même l'accès des bateaux » au canal de Bruges ne pourrait pas être maintenu — aussi » malgré tout ce que l'on pourrait faire comme dragage. »

Et que « la claire voie actuelle a un tiers ou un quart de » l'ouverture orientale du port ce qui n'est certes pas suffisant » mais ce qui, tout de même, n'est pas négligeable et certes » la fermeture de pareille section donnerait lieu à des consta- » tations du plus haut intérêt et à des phénomènes particu- » lièrement curieux que nous nous promettons bien de suivre » le cas échéant. »

Mais, finalement, l'idée de fermer la claire voie qui avait été émise, pour la première fois, croyons nous, par M. Pierrot, Directeur Général des Voies Hydrauliques dans son étude du 14 août 1919, en s'appuyant sur des chiffres erronés, fut reprise par d'autres techniciens et, peu à peu, un mouvement s'est fait en faveur de cette fermeture.

Avant qu'il soit trop tard, il convient d'examiner de près ce qui se passerait.

Les partisans de la fermeture ont constaté que le courant, au passage de la claire voie, est assez intense pour entraîner des sables et des vases ; ils disent que les dépôts qui viennent dans la rade sont amenés par les eaux de la claire voie et ils se sont demandé si, en la fermant, ils ne supprimeraient pas du coup, la majeure partie des alluvions qui se déposent maintenant dans la rade de Zeebrugge.

Ils savent bien que, la claire voie fermée, les alluvions viendront de l'Est mais comme là, il y a une très large ouver-

---

(1) Bruges et Zeebrugge (*Annales des Ingénieurs de Gand*. Tome X, année 1920, 1<sup>e</sup> fasc. page 28).

ture, ils croient que l'eau ne pénétrera dans la rade qu'à toute petite vitesse ; que, par suite, la quantité d'alluvions qu'elle pourra tenir en suspension sera réduite et que, finalement, comme cette quantité est la même quelle soit la profondeur donnée à la rade par un premier dragage, l'entretien annuel ne sera pas plus important — une fois la rade mise à profondeur — que l'on maintienne le fond du port à la cote — 3.00 ou — 6.00 ou — 10.00.

Il n'est pas bien nécessaire, en ce moment du moins, de montrer combien tout ceci est illusoire ; mais il convient de faire voir comment, en réalité, les choses se passeraient.

Pendant tout le courant de flot (dirigé vers l'Est) le môle étant supposé continu de la côte jusqu'au musoir, le courant le long de la partie extérieure du môle serait sensiblement plus rapide que dans la situation actuelle. Il serait plus rapide en vertu de tout le volume passant actuellement par la claire voie.

Nos diagrammes montrent combien le chargement du prisme d'eau d'un mètre carré de superficie augmente avec la vitesse. Rien ni personne ne pourrait empêcher qu'arrivée au musoir, la vitesse ne soit subitement ralentie par la surlarageur qui est présentée au courant.

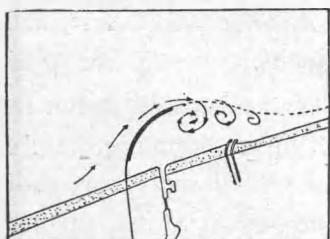


Fig. 20.

On ne peut pas espérer que le courant s'infléchira doucement pour rattraper peu à peu la rive (suivant le tracé ponctué) mais tous ceux qui ont vu des courants auprès de promontoires et de caps savent bien qu'il se formera un ample remous — comme représenté fig. 20.

Dans la situation actuelle, l'eau passant par la claire voie atténue ces remous ou, en tout cas, s'ils se forment, les repousse

lentement et continûment vers l'Est ; une partie est reprise par le courant principal et entraînée plus loin.

Avec la claire voie fermée, le mouvement circulaire se produirait dans toute son ampleur pendant tout le courant de flot et l'on peut penser que la quasi totalité des matières en suspension et en traînage ayant suivi le môle sur son rebord convexe viendrait se déposer dans la partie affectée par ce premier tourbillon.

Après ce premier, il y en aura un second, un troisième, etc., de moins en moins importants comme diamètre mais contribuant tous à augmenter les dépôts.

Les quantités d'alluvions abandonnées par les eaux dans ces mouvements de lente giration seront la presque totalité de ce qu'elles tiennent en suspension. On entrevoit que le volume des eaux de la rade abritée sera plusieurs fois renouvelé à chaque marée et chaque fois les alluvions iront se tasser au fond.

C'est là ce que les ingénieurs partisans de la fermeture de la claire voie n'ont pas vu car M. Pierrot (pages 61-62 de sa note du 14 août 1919) dit :

« Supposons maintenant la claire voie fermée c'est à dire » la rade transformée en véritable crique.

» Dans ce cas les courants qui traverseraient la rade tant » au flot qu'au jusant seraient supprimés et, par le fait même, » les dépôts copieux qu'ils provoquent.

» Seule pénétrerait dans la rade l'eau nécessaire à son rem- » plissage ; entre l'étale de jusant et la marée haute cette eau » serait fournie par le courant de flot et elle serait fort claire ; » entre la marée basse et l'étale de jusant cette eau serait » fournie par les courants de l'Escaut, lesquels sont assez » chargés mais qui, selon ce que nous avons dit plus avant » le seraient moins qu'aujourd'hui. Vu les circonstances, on » doit admettre que, malgré la décantation presque complète

» de l'eau de remplissage, les dépôts qu'elle laisserait seraient  
» réduits à un minimum. »

Nous relevons dans ce texte les erreurs suivantes :

1) l'eau du flot n'est pas claire comme le montrent nos diagrammes.

2) Ce n'est pas seulement l'eau nécessaire au remplissage qui pénètre dans la rade — c'est-à-dire la surface de la rade multipliée par la hauteur entre marée basse et marée haute, mais toute la masse d'eau — jusqu'au fond — est renouvelée, et plusieurs fois par marée, par les mouvements tourbillonnaires de l'eau.

En ce qui concerne le jusant maintenant, c'est-à-dire le courant dirigé vers l'Ouest et spécialement le vidage qui doit se produire au moment où la marée descend, les partisans de la fermeture de la claire voie admettent que l'eau se trouvant dans la rade abandonnera celle-ci, pratiquement sans vitesse donc complètement décantée.

Mais en réalité il en sera tout autrement. Le courant descendant le long de la côte de Knoke doit s'infléchir pour passer

le môle mais il est bien clair que le filet voisin du dernier filet liquide qui contourne le musoir du môle ne sera pas au repos : il butera contre ce musoir et continuera à l'intérieur de la rade en faisant un ample circuit (fig. 21).

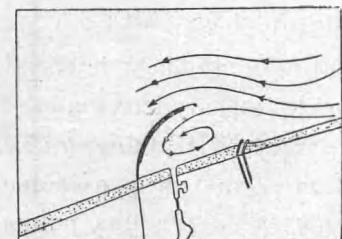


Fig. 21.

Nous pouvons le voir, aujourd'hui déjà, vers marée basse quand l'ouverture de la claire voie réduite au minimum, contrariée par la presqu'île qui s'est formée dans la partie occidentale de la rade, n'a presque plus d'effet.

De nouveau, les eaux dans la rade se renouvelleront plusieurs fois et comme elles viennent de passer avec une vitesse relativement grande sur le banc qui s'est formé à

l'Est de la rade et qu'elles s'y sont chargées d'alluvions on voit que toute profondeur un peu grande que l'on tenterait de maintenir, dans la rade même, serait rapidement comblée.

Quant aux vases et aux matières légères en suspension dans l'eau, elles seraient intégralement récoltées dans la rade et y formeraient des volumes considérables car — comme nous l'avons vu au chapitre premier, — il y a à Heyst 1 volume de sable en suspension dans l'eau pour 7.54 volumes d'argile et à peu près toute cette argile est de la vase.

La fermeture de la claire voie aurait donc pour effet de diminuer l'arrivée des sables par cette ouverture; mais elle augmenterait l'arrivée des alluvions du côté Est dans une très forte proportion et elle capterait, en outre, toute la vase que les eaux, tant au flot qu'au jusant, amèneraient dans le port.

Le manque d'expérience dans le mécanisme des alluvions a, du reste, causé d'autres erreurs — assez amusantes — sous la plume des personnes qui croyaient devoir défendre le dispositif de Zeebrugge.

C'est ainsi que l'un des auteurs du projet écrivait :

« Les ensablements ne sont pas à craindre ; la plage de Heyst » est particulièrement favorisée car le sol argileux qui en « forme le substratum est à peine recouvert d'une mince « couche de sable, et cette composition permet de penser que » des modifications qui seraient apportés en certains points » de la plage s'y maintiendraient sans difficulté. »

On a discuté éperdument sur la question de savoir si la substratum était argileux ou non jusqu'au moment où sous l'influence des courants longeant le môle le sol s'est affouillé de 8 à 10 mètres.

Actuellement encore, cette question du substratum argileux constitue un des dogmes auxquels les défenseurs de Zeebrugge se croient obligés de tenir le plus.

Il est clair — mais je ne l'ai jamais fait observer — que la question du substratum est sans grande importance (en présence de la masse des alluvions en mouvement dans les eaux) pour ce qui concerne « les modifications apportées en certains points de la plage. »

La plage serait en marbre sur 10 Km. autour de Zeebrugge et on y aurait creusé artificiellement un chenal profond, cela n'empêcherait pas toute la masse des eaux de la mer du Nord de contenir en suspension et en traînage les alluvions qu'indiquent nos diagrammes et cela n'empêcherait pas ces alluvions au passage de ce chenal — même en marbre — de s'y déposer jusqu'à ce que ce chenal soit comblé et le niveau primitif du fond rétabli, car la cause des alluvions en un point donné n'est pas dans la nature du sol mais bien dans ce qui se passe au dessus du fond de la mer et dans la forme de la dépression qu'on y a creusée artificiellement.

De même, les protagonistes de Heyst ont dit que les passes qu'on creusait — en 1896-1897 — dans le Stroombank « ne peuvent que constituer pour le port de Zeebrugge une sécurité nouvelle : elles seront des fosses de garde contre les sables venant de l'Ouest. »

Ce qui est expliqué au chapitre cinquième (voir fig. 18) montre clairement que les passes du Stroom eussent-elles la propriété revendiquée, ne pouvaient influer en rien, les cycles étant plus courts que la distance de la plus orientale de ces passes jusqu'au port de Heyst.

Ensuite, toute décantation faite dans ces passes n'aurait pas empêché l'eau, à l'Est de ces passes, de se recharger de nouvelles alluvions ramassées entre Ostende — ou les environs — et Zeebrugge.

Et, enfin, ces passes ne pouvaient rien empêcher pour les alluvions venant du large ni les alluvions venant de l'Est qui sont les deux sources des atterrissements se produisant dans la rade abritée de Zeebrugge.

On peut conclure de ce qui précède que l'amenée des alluvions dans la rade de Zeebrugge, claire voie fermée, serait beaucoup plus importante que ce qui arrive maintenant, claire voie ouverte, et que, de plus, la nature des alluvions serait plus vaseuse que celle que nous voyons maintenant de sorte que son extraction, mesurée en profil, coûterait sensiblement plus cher que ce que coûte l'extraction du sable.

Le dragage intense des alluvions actuelles deviendrait donc de plus en plus difficile et de plus en plus onéreux à mesure que le temps se passerait et que les cubes de sable enlevés seraient remplacés, au jour le jour, par des cubes de vase, et aucune personne au courant du mécanisme des alluvions dans cette région ne peut entrevoir comment il serait possible de maintenir à profondeur une rade de 100 hectares de superficie — ou même une partie de cette rade — comprise, d'une part, entre un môle entièrement fermé et, d'autre part, entre le banc qui va de la terre jusqu'à 300 mètres du musoir du môle en ne laissant au dessus de lui qu'une tranche d'eau de 1 à 3 mètres d'épaisseur à marée basse.

Maintenir entre ce môle et ce banc une cuvette dont la profondeur serait de 7 ou 8 mètres ou même encore plus serait un problème qu'aucun appareil de dragage ne pourrait résoudre.

Les alluvions rencontrant dans leur mouvement giratoire, après le passage sur le banc une cuvette où la profondeur serait double — et par suite la vitesse moitié moindre, — se déposeraient en masse et aucun courant de retour ne pourrait les entraîner.

Si donc les pouvoirs publics prenaient une sorte d'engagement de maintenir à une profondeur déterminée la rade, supposée mise une première fois à profondeur, ils se chargeraient d'un travail auquel ils ne pourraient satisfaire.

A plusieurs reprises, M. le sénateur Coppieters a émis l'opinion que tout ce que l'on pourrait faire — et il faudrait

des millions — ce serait de maintenir des profondeurs de 7 à 8 mètres. Et, pour pouvoir arriver à ceci, il faudrait commencer par enlever jusqu'à cette profondeur tout l'immense banc qui s'est formé à l'est du môle de Zeebrugge de manière à supprimer le ralentissement des eaux dont nous venons de parler à leur entrée dans la cuvette.

Ce banc, jusqu'à la profondeur moyenne de 7<sup>m</sup>50, mesure un cube de 4.400.000 m<sup>3</sup> — situés en dehors de la rade — et il faudrait également l'empêcher de renaître.

Il faudrait en outre remettre à profondeur la rade.

Tout ceci supposé réalisé, on aurait rétabli la situation naturelle de la mer avant la construction du môle de Zeebrugge, mais on n'aurait pas encore le port pour transatlantique, le port d'escale rêvé.

Pour arriver à ceci, il faudrait approfondir de nouveau la rade — ou une partie de la rade — au dessous du niveau naturel du fond. C'est à dire qu'on rétablirait artificiellement, au moins en partie, la situation désastreuse dans laquelle se trouve le port de Zeebrugge quand il est, comme maintenant, pourvu du grand banc situé à l'Est. Et la cuvette profonde qu'on essaierait de creuser se comblerait rapidement et inéluctablement car on ne pourrait jamais descendre assez le niveau naturel de la mer dans le voisinage du port pour supprimer le ralentissement des courants — cause de l'alluvionnement intense des profondeurs — au moment où ils atteindraient la cuvette profonde.

Aussi, ce n'est pas sans un certain sentiment de commisération que l'on relit maintenant qu'en 1894, le Gouvernement belge ayant consulté, poussé par le Parlement et la presse, d'éminents spécialistes étrangers à savoir MM. Coode, Son et Matthews, ingénieurs conseils techniques du Gouvernement des colonies anglaises, Chapman, superintendant de la Royale Mail Cy à Southampton et C. Hutton, chef du service maritime des Chargeurs Réunis, ceux-ci ont

conclu avec une assurance impressionnante à ce moment — et moins impressionnante aujourd'hui — que :

« dans tous les cas, pour nous résumer, nous affirmons que » le port projeté sera certainement le meilleur port que nous » connaissons sur la côte française, belge et hollandaise » depuis Cherbourg. »

Malgré cette affirmation, malgré les efforts faits jusque maintenant, malgré les millions dépensés (depuis la guerre nous sommes tout près de 30.000.000 de francs) en dragages, jamais le port n'a été aussi ensablé qu'il l'est maintenant.

L'îlot qui apparaissait à marée basse au milieu de la rade avait, en 1909, 30 mètres de diamètre soit 700 m<sup>2</sup> de superficie et émergeait à peine.

En 1919, avant que l'on commençât les dragages de trente millions, il avait 120 mètres de diamètre, soit un hectare de superficie et il émergeait de 0<sup>m</sup>30 à 0<sup>m</sup>40 à basse mer.

En 1925 l'îlot est devenu une presqu'île dont la superficie dépasse 14 hectares (et on a dragué pour trente millions de francs tout autour) et qui émerge par endroits d'un mètre cinquante à basse mer.

Cette accélération de l'apport des alluvions dans les endroits, même peu profonds, où l'on ne drague pas donne une idée de ce que peut être l'importance des dépôts dans les fosses. Comme l'indique le mécanisme des alluvions, au fur et à mesure que le temps passe, les volumes déposés sont de plus en plus abondants parce que l'immense banc situé à l'Est du port augmente et celui-ci augmente de plus en plus vite à mesure que les alluvions créent de plus en plus d'obstacles dans la rade abritée de Zeebrugge.

On se trouve donc pris dans une sorte de cercle vicieux auquel il n'y a pas d'issue dans la direction où l'on a cherché jusqu'à maintenant pour en sortir.

Il y a eu, à l'origine de la conception de Zeebrugge, une erreur fondamentale causée par l'ignorance du mécanisme

des alluvions. Il n'est plus possible actuellement de corriger cette erreur de manière à faire de Zeebrugge un port en eau profonde ; il n'a jamais été, il n'est pas, il ne sera jamais un port en eau profonde ; c'est à dire un port capable de recevoir à tout état de marée les plus grands navires fréquentant nos mers.

Et si l'on n'y prend garde, — je veux dire si l'on ferme la claire voie et si l'on continue à vouloir entretenir deux passes, une le long du môle, l'autre de l'entrée du canal de Bruges au musoir de la jetée, — on se trouvera quelque jour avec le port aussi peu accessible aux navires de cabotage qui fréquentent maintenant le port intérieur de Bruges qu'on l'a maintenant inaccessible aux grands cargos et aux transatlantiques.

J'ai eu l'occasion, ailleurs (1), d'indiquer comment on pouvait échapper à cette éventualité.

---

(1) *Annales des Ingénieurs de Gand*, 1913. Tome VI, 2<sup>e</sup> fascicule.

## **DEUXIÈME PARTIE.**

---

### **ALLUVIONS FLUVIALES.**

---

#### **CHAPITRE SEPTIÈME.**

---

##### **Expérience du passé.**

---

La lutte contre les alluvions fluviales a été entreprise à peu près en même temps que la lutte contre les alluvions marines ; c'est à dire au moment où, à l'aide de dragues, on espérait combattre les obstacles qui gênaient la navigation.

Elle se présentait d'une manière plus tentante aussi, pour certains fleuves, surtout pour les plus puissants. Le Rhône, le Danube, le Volga ont, peu avant leur embouchure, des largeurs et des profondeurs très grandes ; à peine en mer, on trouve, de nouveau, de belles profondeurs ; entre ces deux zones, il y a le delta du fleuve où les alluvions viennent s'accumuler et qui ne laisse que des chenaux tout à fait insuffisants pour des bateaux même modestes.

Mais l'obstacle ne mesure que quelques kilomètres et l'on dispose d'un volume d'eau très grand que, parfois, des périodes de crues viennent encore ensler laissant espérer un curage, intermittent sans doute, mais énergique et — qui oserait en douter ? — efficace.

Comment, dès lors, ne pas essayer, par quelques travaux, d'ouvrir à travers les alluvions un chenal qui serait à la fois assez large et assez profond pour permettre la navigation ?

Et on y alla.

L'un des exemples les plus complets est fourni par le Rhône, mesurant à l'extrémité de son lit unique 150 mètres de large et plus de 12 mètres de profondeur. L'extrémité aval du fleuve se subdivisait en un delta dont les six bras se partageaient le débit, l'un de ceux-ci ayant presque la moitié de ce débit à lui tout seul.

Tous ces bras étaient fermés à l'aval par des barres où l'on ne sondait jamais plus de 3 mètres d'eau et souvent moins.

On savait, au moment de commencer les travaux, que le débit solide du fleuve était de 18 millions de mètres cubes par an, que l'avancement du delta était en moyenne de 42<sup>m</sup>50 par an et que le fleuve est sujet à des crues qui multiplient par 15 le débit d'étiage.

Les études, commencées en 1840, aboutirent à la construction de digues fermant 5 embouchures sur les 6 que présentait le fleuve et, finalement, toutes les eaux furent concentrées dans le bras principal. Naturellement, le delta se reforma devant l'embouchure unique, le débit solide du fleuve étant toujours resté le même ; et il n'y eut pas plus de profondeur après les travaux qu'avant.

On creusa donc, en 1863, le canal St Louis permettant aux bateaux du Rhône de gagner la mer ; mais cette solution, si elle résolvait le problème en ce qui concerne la navigation, ne remédiait pas à l'erreur qui avait été commise, pour l'embouchure du Rhône ; et les alluvions continûment amenées par le fleuve devinrent bientôt menaçantes pour l'accès en mer du canal St Louis.

En 1892-1893, il fallut se résoudre à rouvrir un des bras qui avaient été fermés 40 ans auparavant et les digues qui avaient été construites furent démolies sur une profondeur de 4 mètres sous le niveau des basses eaux.

L'insuccès a donc été complet, le principe même d'après lequel les travaux avaient été conçus ayant dû être aban-

donné — à savoir l'opportunité de concentrer tout le débit dans un seul bras.

Il en fut de même sur le Volga où l'on poursuivait cependant un but beaucoup plus modeste.

Le Volga, tant qu'il a un lit unique, a des largeurs et des profondeurs majestueuses; mais arrivé dans le voisinage de la mer Caspienne, il se partage en plus de deux cents bras dont deux seulement, la Bakhtémir et le Kamysiak, sont considérés comme navigables; encore qu'on n'y trouvait qu'à peine un demi mètre d'eau au droit de la barre.

Comme pour le Rhône, on a concentré une partie importante des eaux dans l'un des bras, le Kamysiak, et on utilisa des dragues pour activer la formation d'un chenal: on voulait obtenir une passe de 2<sup>m</sup>50 de profondeur sur 21 mètres de largeur.

Bien que l'on eût travaillé avec persévérance pendant onze ans, on ne put jamais maintenir un passage de plus de 1<sup>m</sup>40 de profondeur.

On renonça donc à continuer cette voie et le Kamysiak fut abandonné à son sort. On pensa alors que l'on aurait plus de succès avec le Bakhtémir. Cette fois, on arriva à creuser un chenal de 2<sup>m</sup>50 de profondeur sur une largeur de 188 m.

Le Volga, comme on sait, a aussi un débit solide considérable et aboutissant dans une mer sans marée, la majeure partie des alluvions se dépose immédiatement en aval des embouchures. Les travaux du Bakhtémir — à cause du tracé de ce bras — ne constituent qu'un succès relatif bien que les profondeurs espérées aient été atteintes. Mais il fit croire qu'en reprenant le Kamysiak avec des appareils de dragage plus perfectionnés, on pourrait arriver à une situation satisfaisante ce qui serait plus avantageux pour la navigation, le Kamysiak étant plus direct et plus facile que le Bakhtémir.

Il en fut encore de même — aux dimensions du chenal

près — pour les travaux de l'embouchure du Missisipi et en partie pour ceux du Danube.

On n'essaierait plus guère aujourd'hui — ou en tout cas ce ne serait que dans des cas tout à fait exceptionnels — de percer ainsi une barre de fleuve limoneux par des concentrations d'eaux même appuyées par des dragages quand il s'agit de fleuves débouchant dans des mers sans marée, car le problème ne comporte pas de solution satisfaisante.

Les alluvions, constamment fournies par le cours supérieur du fleuve, doivent venir encombrer la région où l'eau animée d'une certaine vitesse rencontre l'eau immobile de la mer. Et là, naturellement et inévitablement, la décantation doit être absolue et complète.

On reconnaît aisément les fleuves qui sont ainsi incorrigibles: en faisant un profil en long dans le cours d'eau, si on voit que peu à peu la profondeur diminue de l'amont à l'aval suivant une inclinaison très douce, pour, à l'arrivée à l'extrême aval, présenter vers la mer une pente en sens inverse sensiblement plus accusée, on peut avoir la certitude qu'on aura la plus grande difficulté à passer à travers ces alluvions.

Et si même on y parvenait, le courant d'eau que l'on y créerait rétablirait rapidement la barre qu'on se propose d'enlever, lorsque le fleuve aboutit dans une eau immobile.

Lorsque les fleuves aboutissent dans des mers à marée l'eau de la mer est généralement animée de courants plus ou moins rapides qui peuvent évacuer les alluvions amenées par les fleuves et les mélanger au système général des alluvions en mouvement dans les eaux marines.

En outre, l'influence de la marée est de faire remonter les eaux marines dans les embouchures des fleuves, de refouler deux fois par jour les eaux et les alluvions vers l'amont ; et, par suite, de créer un tout autre système que celui qu'on rencontre dans le Rhône ou le Volga.

En ce qui concerne le fleuve qui nous intéresse particulièrement, nous nous trouvons dans un cas exceptionnellement favorable : le débit solide de l'Escaut et de tous les affluents réunis peut être considéré comme pratiquement nul en ce qui concerne les alluvions provenant des cours supérieurs des rivières, vis à vis des volumes en mouvement dans la partie maritime. Tous les affluents de l'Escaut ayant quelque importance sont canalisés, coupés de barrages ou d'écluses ramenant le courant de l'eau à un chiffre insignifiant ; donc aucun charriage d'alluvion.

Ces cours d'eau n'ont que rarement des crues et le volume total de ces crues n'est pas en mesure d'influer sensiblement sur le mouvement des eaux — et des alluvions — dans la partie maritime du fleuve. Cependant on constate — on a constaté surtout dans le passé, — que les colmatages qui se produisent dans l'Escaut ou dans ses ramifications commencent toujours par l'amont.

Nous avons vu la crique la plus importante que présente encore l'Escaut hollandais — le Braackman, qui est une impasse depuis 1788 — se combler peu à peu depuis un siècle et demi ; on a endigué des schorres qui étaient mûrs pour en faire des polders et la superficie de la nappe d'eau s'est réduite lentement tandis que le goulet d'entrée s'est longtemps maintenu dans ses dimensions primitives et présente encore de nos jours des profondeurs sérieuses.

De même, pour la rivière de Hulst, l'envasement a commencé par l'amont, la partie aval ne changeant pour ainsi dire pas pendant des années. Ce n'est que lorsque l'extrémité amont est suffisamment envasée que les profondeurs et largeurs se réduisent vers l'embouchure dans l'Escaut.

De même encore, pour les bras de l'Escaut Oriental et du Sloe fermés par le chemin de fer de Flessingue et qui se combinent, pour commencer, dans la région voisine de la digue du chemin de fer.

De même, enfin, pour les terres submergées de Saeftingen où nous voyons, ces dernières années, l'île de Saeftingen se raccorder peu à peu à la terre ferme en aval de Doel.

Si, quittant l'Escaut hollandais, nous examinons l'Escaut Belge, nous voyons qu'en concordance avec ce que nous constatons dans l'estuaire, nous avons déjà franchi, pour le cours belge du fleuve, une partie de cette période de l'envasement de l'amont.

On sait, par les études du lieutenant de vaisseau Petit, que les bancs « Onbekende » devant Tamise et de « Drygoten » un peu plus en amont ont pris un développement sensible depuis quelques dizaines d'années. C'est depuis ce même temps que le haut fond de Brans (entre Drygoten et St Amand) s'est étendu.

Tout le monde peut voir les milliers de mètres cubes d'alluvion qui se trouvent dans le polder de Borgerweert, devant Anvers et qui ont été extraits de l'Escaut.

Au surplus nous sommes en possession de chiffres qui permettent de se faire une idée exacte de la quantité d'alluvions extraite du fleuve.

On a dragué	m <sup>3</sup>
en 1897—1898 au banc d'Austruweel . . . . .	395.100
» 1899—1900 à Melsele . . . . .	554.000
» 1904        » . . . . .	1.122.000
» 1898—1899 à la Perle . . . . .	700.000
» 1900—1901 au seuil de la Perle . . . . .	640.000
» 1896—1898 au Belgische Sluis . . . . .	963.000
» 1899—1900 à Lillo Liefkenshoek . . . . .	1.565.500
» 1904—1905 »        » . . . . .	1.129.000
» 1901—1902 à Doel-Frédéric . . . . .	1.299.000
» 1902—1903 à Frédéric-Santvliet . . . . .	2.364.000
» 1906—1907        »        » . . . . .	179.000
» 1905—1906 à Bath . . . . .	1.485.000
» 1907        à Valkenisse . . . . .	800.000
Ensemble . . . . .	13.195.600

L'ingénieur, non au courant du mécanisme des alluvions, doit s'attendre à ce qu'un pareil déblai ait laissé dans le lit du fleuve un vide sérieux ; mais en réalité il n'en est rien : comme le montrent, en deux ou trois endroits, les dates et les cubes de dragages, les alluvions revenaient à mesure qu'on les enlevait ; et, finalement, après cet effort considérable et persévérant, poursuivi pendant une dizaine d'années le fleuve se trouvait à peu près dans le même état qu'avant les dragages et les services de l'Escaut constatent avec mélancolie qu'en certaines régions (en fait, à peu près dans toutes les régions) « on ne peut nullement compter sur la stabilité des passes » créées et nous avons les surveiller d'une manière constante. »

Cette surveillance dut, toutefois, cesser pendant les 4 ½ ans de la guerre et, fin 1918, commencement 1919, on se demandait, non sans une certaine inquiétude, dans quel état on allait retrouver le fleuve qu'on n'avait plus dragué ni « surveillé » pendant 54 mois.

On constata, à la vérification, avec une grande satisfaction et aussi avec quelque surprise, que les passes et d'une manière générale tout le lit du fleuve se trouvaient dans un état très satisfaisant — ce qui n'était pas sans donner à penser sur l'utilité ou l'opportunité d'effectuer des dragages par millions de mètres cubes.

Si donc les passes « créées » sont instables — d'après leurs créateurs eux-mêmes — les passes naturelles, existantes réellement sous l'influence du courant, sont remarquablement stables soit qu'on essaie, à peu près en vain, de les approfondir par dragage, soit qu'on n'y fasse pas de travail, comme ce fut le cas pendant la guerre ; et finalement, il ne fut fait aucun dragage pendant toute l'année 1919.

Il semble donc que, dans les passes principales, il y ait à l'époque actuelle une sorte de situation d'équilibre entre les alluvions que les courants alternatifs apportent et emportent et la profondeur des passes ; mais cet équilibre n'existe pas

dans toutes les régions qui ne sont pas soumises, en grand, aux courants de marée ; et, dans ces dernières régions, il y a certainement et continûment amenée et tassement d'alluvions.

Cette amenée est relativement lente : il y a soixante ans que le chemin de fer de Flessingue a barré l'Escaut Oriental et le Sloe et, bien que le colmatage de ces bras transformés en impasses ait fait de notables progrès, on ne peut pas encore les considérer comme entièrement remblayés et prêts à être endigués.

Le fleuve, cependant, est capable de fournir rapidement des volumes considérables : c'est ainsi que l'Administration Marine, ayant demandé que le chenal de la Perle fût élargi, le Département des travaux publics a consenti à exécuter le travail pour donner satisfaction à la navigation tout en ne s'attendant pas à un résultat durable. On a dragué le long du banc, en 1898-1899, 700.000 mètres cubes sans rien gagner en largeur du chenal.

Cet échec — et d'autres du même genre plus ou moins nettement caractérisés — fut attribué à deux causes à savoir :

1<sup>o</sup> que le fleuve est trop large pour les masses d'eau qui s'y meuvent et

2<sup>o</sup> que les rives sont tracées d'une manière irrationnelle et l'on disait que

« tant que le lit du fleuve ne sera pas fixé suivant un tracé judicieux, on ne pourra espérer une réduction des dépenses de dragages. »<sup>(1)</sup> — ces remarques s'adressant aux dragages exécutés en Belgique.

Il est clair que la vraie cause, et la seule cause, qui produit en certains points et non en tous des apports considérables d'alluvions quand on effectue des dragages — et seulement alors — est la méconnaissance du mécanisme des alluvions.

---

(1) *Les dragages de l'Escaut.* Note par J. A. Pierrot, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées. A. Lesigne, 1908.

Si l'on avait su comment les alluvions se comportent on n'aurait jamais entrepris certains travaux qui « ne permettait pas d'attendre un résultat durable » ni d'autres qu'il a fallu démolir.

Parmi ces derniers nous pouvons citer l'amélioration de l'embouchure du Rupel exécutée et terminée vers 1893-1894. On avait eu l'idée que l'on pourrait améliorer l'embouchure du Rupel, représentée fig. 22 avant les travaux, en lançant dans l'Escaut un épi qui capterait en partie le flot allant jusque là dans l'Escaut pour l'envoyer dans le Rupel. (*Voir fin article*)

Un volume d'eau plus grand était espéré dans le Rupel et, à la marée descendante, le dit volume d'eau longeant la rive gauche du Rupel devait entretenir une profondeur plus grande et plus régulière dans toute la partie aval de la rivière et permettre de raccorder cette zone profonde avec les grands fonds de l'Escaut.

Lorsque l'épi prévu fut construit depuis une couple d'années il se forma, sur la rive droite du Rupel, à son embouchure, un banc qui ferma les deux tiers de la largeur de la rivière et la profondeur ne dépassa 4 mètres que sur une vingtaine de mètres de largeur serrés tout à fait contre l'épi.

La situation était telle fig. 23 que la navigation du Rupel s'en trouvait sérieusement compromise. La cause unique de cette mésaventure était la présence de l'épi qui réduisait de 75 mètres (environ) la largeur normale de l'Escaut à son extrémité. (*Voir fin article*)

Lorsque le courant de jusant, chargé d'alluvions comme le sont toujours les eaux de l'Escaut, avait dépassé la pointe de l'épi, il se trouvait brusquement devant une surlargeur et une surprofondeur très accentuées ; il se produisait un ralentissement des courants dans la partie située derrière l'épi (considéré de l'Escaut). Le faible courant de jusant du Rupel, serré par la construction même des ouvrages, faisait ce qu'il pouvait pour maintenir un passage aux eaux descendant des affluents mais toute la partie de rive droite était garnie de dépôts formant un atterrissement de 300 m. de long et de plus

de 200 mètres de saillie où l'on ne sondait même plus 1 mètre à marée basse en 1895.

Il ne fallait pas songer à enlever ce banc. Nous avons exposé, il y a 30 ans (<sup>1</sup>) que si on voulait combattre par des dragages le banc marqué sur la fig. 23 ci-dessus, il faudrait déblayer constamment ; qu'encore il était douteux que l'on pût réussir et que, si même on parvenait à mettre une largeur suffisante à la profondeur requise, il suffirait de quelques jours d'interruption dans l'extraction des sables pour que le banc soit reformé en grande partie et soit de nouveau dangereux pour la navigation.

Quelques années plus tard, tout l'épi en saillie fut démolie et enlevé et, du coup, le grand banc qui s'était formé à l'abri, — vis à vis des courants de l'Escaut — de l'épi fut éliminé les matières en suspension dans l'Escaut pouvant rester en mouvement dans les eaux et ne trouvant plus d'occasion de se déposer.

Et c'est là la conclusion à laquelle nous voulons arriver dans ce chapitre : il y a, dans l'Escaut, un cube énorme d'alluvions promenées dans un sens, puis dans l'autre, par les courants de marée. On ne peut daucune façon empêcher ceci et tous les efforts doivent tendre à maintenir, le plus possible, les alluvions en mouvement sans leur permettre de s'accumuler en quelques sections où elles formeraient des obstacles pour la navigation.

La plus grande prudence doit donc être observée quand on parle de modifier le cours du fleuve ou le tracé — soi-disant irrationnel — des rives. Il faut également cette prudence lorsque, sans modifier le cours du fleuve, on entreprend des dragages capables de modifier les vitesses des filets liquides dans certaines parties du fleuve — ou encore de modifier leur direction.

Tout cela peut se traduire, soit en amont, soit en aval,

---

(1) *Annales des Ingénieurs de Gand.* Tome XIX, 2<sup>e</sup> livraison 1896.

(à cause des renversements de courants) par des dépôts plus ou moins rapides d'alluvions.

Et l'on doit être d'autant plus défiant que les courants montants et descendants sont séparés par des périodes d'étalement où une fraction importante des alluvions se dépose temporairement sur le fond, et doit être réemportée — sous peine d'ensablement — par les courants suivant l'étalement.

## CHAPITRE HUITIÈME.

### Le Mécanisme des Alluvions fluviales.

Pour les alluvions fluviales, nous n'avons à considérer qu'un seul élément qui peut influer sur la quantité des matières en mouvement : c'est la vitesse du courant.

Ni les vents, ni les vagues, n'ont, même dans l'Escaut hollandais, une puissance suffisante pour modifier sensiblement la teneur solide par mètre cube — du moins nous ne l'avons jamais pu constater.

Les tempêtes, en mer, peuvent avoir une influence indirecte dans l'Escaut en accumulant plus d'eau devant Flessingue et en provoquant ainsi un plus grand afflux d'eau dans le fleuve, mais ceci ne se traduit que par une accélération des courants de marée lorsqu'on se trouve dans l'Escaut même ; et on revient ainsi dans le premier cas ; encore cette accélération n'est-elle pas bien grande ni, surtout, comme nous allons le voir dans un instant, susceptible de donner une modification bien grande dans le mécanisme des alluvions.

J'ai indiqué, il y a 20 ans (1), que la quantité d'alluvions tenue en suspension dans l'eau augmente avec la vitesse des eaux jusqu'à ce que cette vitesse soit d'environ 1 mètre par seconde : à partir de ce moment l'eau semble saturée et porter tout ce qu'elle peut porter car, en passant à des vitesses de 1<sup>m</sup>10 ou 1<sup>m</sup>20, on ne constate plus guère d'augmentation de teneur.

L'établissement des chiffres de la fig. 24, où nous représentons en abscisses les vitesses et en ordonnées les quantités

---

(1) *Annales des Ingénieurs de Gand.* Tome IV, 3<sup>e</sup> série, année 1905, 1<sup>e</sup> fascicule. La Grande coupure de l'Escaut (p. 22).

d'alluvion doit se faire avec une méthode rigoureuse et des soins minutieux.

En observant, sans beaucoup de soins, les quantités d'alluvions en suspension, on obtient tout ce qu'on veut car, en tout endroit, la hauteur des eaux est variable, la vitesse du

courant aussi, sa direction parfois, et on se trouve ainsi quelquefois observer, si l'on n'y prend garde, des choses qui ne sont pas comparables.

Les chiffres de la fig. 24 sont des moyennes pendant toute la durée régulière d'un flot dans le voisinage du fort de Liefkenshoek. Et si l'on veut se faire une idée, in globo, de ce que les eaux

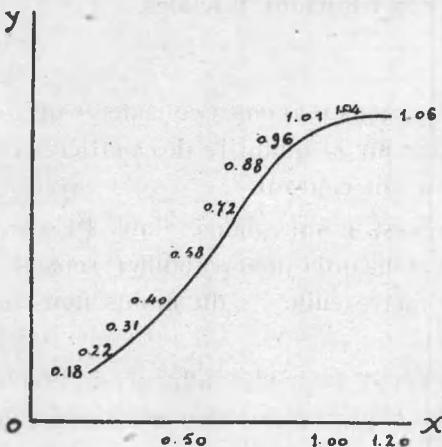


Fig. 24.

de l'Escaut contiennent de matières solides, on peut dire qu'il y a approximativement un décigramme d'alluvion par litre — exactement 104 grammes par mètre cube. — A la frontière hollandaise il passe, en un flot, environ 140.000.000 de m<sup>3</sup> de sorte que le débit solide amené par une marée serait de 14.560 tonnes correspondant à plus de 9.000 mètres cubes ; bien entendu, cette quantité diminue à mesure qu'on va vers l'amont. Mais elle permet de se rendre compte de la rapidité avec laquelle l'alluvionnement peut se produire en certaines régions lorsque les circonstances voulues y sont réunies.

En réalité, dans les conditions que nous venons de définir, il passe environ 36.000 m<sup>3</sup> de sables et de vases par jour dans une section voisine de la frontière hollandais-belge. S'il se trouve quelque part ce qu'on a appelé parfois un « piège à sables », on peut entrevoir avec quelle vitesse il sera comblé ; et ceci, seul, — ce sera complété ultérieurement — nous fait

déjà pressentir comment et pourquoi tant de dragages ont été faits en pure perte.

Le chiffre de 104 grammes par mètre cube est une moyenne générale qui doit être maniée avec précaution ; (en hydrographie, il faut toujours se défier des moyennes) et, quand on se place au milieu du fleuve, en un endroit où les profondeurs ne sont pas fort grandes — 7 mètres par exemple à mer basse — nous pouvons refaire des diagrammes semblables à ceux des figures 2 et 3 ci dessus et qui donnent un peu avant marée haute — donc au moment des plus forts courants, les chiffres de la fig. 25 ci contre pour une vitesse de 1<sup>m</sup>05 par seconde.

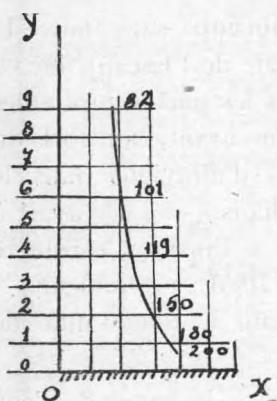


Fig. 25 1.05 m/s

Il est probable que, sur le fond, il y a encore beaucoup plus de 200 gr. par mètre cube ; mais à l'époque où nous prenions ces échantillons, nous ne pouvions pas aller plus bas qu'à 0<sup>m</sup>50 du fond de sorte que l'une des parties les plus intéressantes du diagramme nous échappe.

Comme en mer, nous trouvons les eaux notamment plus chargées au fond qu'à la surface et, en vue de contrôler si la vitesse absolue du courant avait quelque influence sur la

teneur, nous avons trouvé que le maximum de vitesse se trouvait à 2 mètres sous la surface et que les vitesses étaient, en somme assez peu différentes sur toute la hauteur de l'eau, comme le montre le petit tableau ci après :

Surface	2 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	8 <sup>m</sup>
1 <sup>m</sup> 05	1 <sup>m</sup> 07	1 <sup>m</sup> 04	1 <sup>m</sup> 01	0 <sup>m</sup> 97

La profondeur totale à l'endroit et à l'instant considérés était d'environ 10 mètres et nos installations ne nous permettaient pas de descendre plus bas que 8 mètres. On peut entrevoir, cependant, que la vitesse des eaux à un ou deux mètres, sous notre expérience la plus basse, ne devait pas

différer beaucoup de celle qui a été observée à 8 mètres.

La surcharge dans les régions inférieures doit être attribuée pour une part à un certain volume d'alluvions qui, antérieurement, ont été mélangées dans la masse générale des eaux et qui redescendent lentement vers le fond et, pour une autre part, — vraisemblablement prépondérante — à des masses d'alluvions soulevées à faible hauteur par un rabotage des eaux sur le fond, lorsqu'elles passent sur les inégalités du lit du fleuve.

Le mécanisme des alluvions est entièrement différent si, au lieu de se placer au milieu du fleuve dans une zone où les profondeurs ne varient pas beaucoup sur toute la section transversale de l'Escaut, on va délibérément dans les parties profondes du fleuve. En mesurant, au fort du flot, les quantités d'alluvions dans le coude du Kruisschans — où il y avait à cette époque, et à l'instant considéré de la marée, 19<sup>m</sup>70 de profondeur — nous avons obtenu le diagramme de la fig. 26.

En suivant alors le cours de l'eau qui remonte le lit de l'Escaut nous avons trouvé que la charge qui était (fig. 26) de 106 grammes par mètre cube en moyenne augmente assez rapidement à mesure que l'eau passe sur le banc fermant le schaar de flot.

Des expériences précises faites en amont du coude du Kruisschans ont donné les chiffres suivants qui sont des moyennes pour toute la hauteur du prisme d'eau depuis le lit de la rivière jusqu'à la surface.

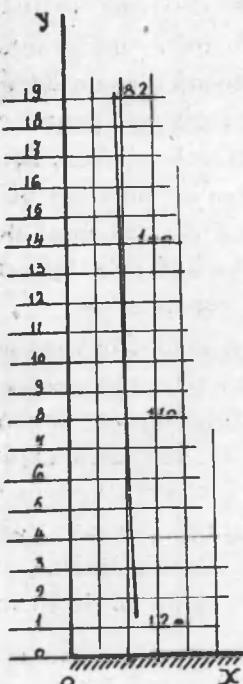


Fig. 26.

SITUATION (1895)	PROFONDEURS A MER BASSE	CHARGE PAR m <sup>3</sup>
Devant le feu du Kruisschans	19 <sup>m</sup> 70	106 gr.
» » Meestove . . . . .	10 <sup>m</sup> 20	115 »
» » polder de Wytvliet	7 <sup>m</sup> 80	119 »
En face de la Perle . . . . .	5 <sup>m</sup> 20	127 »
Devant le fort St Philippe . .	2 <sup>m</sup> 50	140 »
Sur l'alignement St Philippe-S <sup>t</sup> Marie . . . . .	5 <sup>m</sup> 70	118 »

L'augmentation de charge — augmentation considérable puisqu'elle atteint 30% — se fait donc à mesure que les profondeurs diminuent et l'on voit donc la concentration des alluvions se dessiner de plus en plus jusqu'au moment où les eaux, sortant du coin du Philippe, viennent dans l'ancienne passe en amont du fort. Là, brusque précipitation de 22 gr. par mètre cube et dépôt abondant des sables et des vases.

Cette circonstance montre comment et pourquoi les travaux entrepris, en 1893, au Draaiende Sluis ne pouvaient améliorer la passe du Philippe. Celle ci était remblayée par l'aval — quoiqu'on fit en amont — et rien n'avait été fait pour tarir la source de ces sables.

Elle montre aussi quel danger aurait fait courir à la rade d'Anvers l'exécution du fameux projet de la Grande Coupure que nous avons combattu tant d'années.

Le jusant, survenant ultérieurement, reprend les alluvions que le flot a laissées et les remporte vers l'aval, en leur faisant décrire une courbe autour du banc de la Perle pour les redéposer dans les environs du Meestove et sur le seuil de la Perle.

Il doit être compris que, dans chacune des sinuosités de l'Escaut, les mêmes phénomènes se produisent tantôt dans la moitié droite, tantôt dans la moitié gauche du fleuve.

On sait que, dans les lits sinusoïdaux, on a des fosses sur les rives concaves et des maigres sur les promontoires convexes.

Pour la navigation, on trace le thalweg et on déplore le seuil qui se trouve naturellement entre les deux fosses.

Mais en coupant le fleuve par deux cylindres parallèles

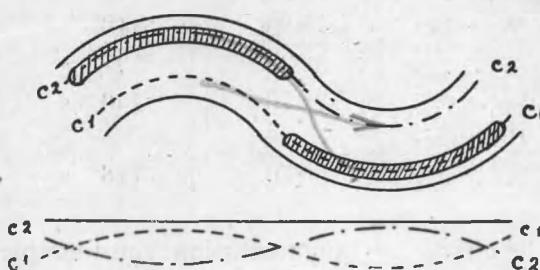


Fig. 27

à l'axe longitudinal et situés au quart de la largeur du fleuve vers chaque rive on voit se dessiner (fig. 27) deux lois sinusoïdales qui s'élèvent et s'abaissent toutes les deux boucles du fleuve en plan et qui ont sur chaque rive des mouvements ( $C_1$ ,  $C_2$ ) opposés.

Nous avons exposé, il y a 30 ans (1), l'allure des courants du fleuve, en tant que direction superficielle, et nous avons montré qu'au flot le fort du courant va, en grande partie, d'un promontoire sur l'autre tandis que le jusant maximum se tient plutôt dans les parties concaves des rives.

Si on combine cette constatation avec le double mouvement sinusoïdal de la fig. 27 on voit qu'il doit y avoir, au flot, ralentissement du courant vers la partie aval des schaars de jusant et au jusant ralentissement du courant dans la partie amont des schaars de flot.

Pour se représenter schématiquement le mécanisme des alluvions dans l'une des régions élevées des profils  $C_1$  et  $C_2$  de la figure 27 nous pouvons tracer en trait plein (fig. 28) l'un des sommets de ces courbes au moment où le flot commence.

(1) *Annales des Ingénieurs de Gand*. Tome XIX, 1<sup>e</sup> livraison, 1896. — Redressement de l'Escaut en aval d'Anvers. — Planches I et II.

Comme nous l'avons dit, l'eau se charge de plus en plus, quand on passe de A en B et, par conséquent, le tracé pointillé

se substitue au trait plein ; le sommet passé, les matières en suspension et en



Fig. 28.

traînage se précipitent et, de nouveau le trait pointillé se substitue au trait plein de sorte qu'en dernière analyse c'est comme si le banc avait été reculé un peu vers l'amont.

Le jusant, suivant le flot considéré ramène les alluvions vers l'aval et rétablit approximativement le banc dans sa forme primitive.

Entre ces deux courants inverses, il se place une zone d'étalement pendant laquelle une partie des alluvions se dépose,

un peu partout sur le fond : il ne reste en suspension que les quantités indiquées sur la fig. 29, c'est à dire que des 104 gr. par mètre cube qui forment le dosage moyen de la fig. 25, il en reste en moyenne 47 à l'étalement (la fig. 29 est prise au même endroit que la fig. 25) laissant donc se produire un dépôt de 57 grammes.

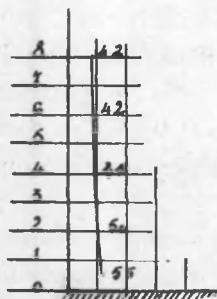


Fig. 29.

Dès que le courant suivant l'étalement a repris quelque vitesse, ce dépôt est naturellement remis en mouvement par le nouveau courant.

Le jusant de l'Escaut, plus long que le flot, plus rapide aussi, en moyenne tout au moins, n'a pas sur toute la largeur du lit la même force d'entrainement. Il y a des zones assez nombreuses où le courant bien que régulier est sensiblement plus lent que dans la région du thalweg et ce sont ces zones-là qui sont occupées par les banes. Ce sont précisément les mêmes zones où le flot atteint, pendant une partie (la fin) de la marée montante les vitesses les plus grandes et où les alluvions sont le plus abondamment charriées.

Tout ceci se voit aisément en lâchant des flotteurs suivant un profil transversal du fleuve et en en suivant les trajectoires de manière à connaître leurs vitesses respectives.

L'ensemble du mécanisme des alluvions consiste dans toute la partie belge (à lit unique) de l'Escaut dans le transport au flot d'un maximum de sables d'un promontoire sur le suivant et, au jusant, dans la ramenée des alluvions, ayant passé en amont du promontoire, dans la région située plus en aval où elles restent.

Aussi voit-on la plupart des bancs : banc du Boomke, banc du Krankeloon (avant les travaux du draaiende Sluis), banc de la Perle, Ketelplaat, banc de Lillo, banc de Doel sis en aval du sommet de la sinusoïde décrite par le fleuve indiquant tous la prépondérance du jusant sur le flot, en tant que charriage des alluvions.

Dans le modelage qu'au cours des siècles le courant a fait subir au lit du fleuve ou, pour le dire plus exactement, aux alluvions qui se sont déposées dans le lit du fleuve, on conçoit que la forme des bancs ait trouvé à peu près sa position d'équilibre. Et l'on conçoit aussi combien il est vain d'espérer par des dragages, même énergiques, augmenter les profondeurs.

Lors des discussions qui eurent lieu pour la Grande Coupure, ce fut là un élément du problème que les défenseurs de ce projet ne parvinrent pas à saisir.

Et cependant la question est simple : la Coupure commençait au Kruischan. Rien ni personne ne peut empêcher que les eaux du flot entrant dans la coupure ne soient chargées de 9.000 m<sup>3</sup> de sables et de vases. Rien ni personne ne peut empêcher que chaque marée montante en amène autant et si le nouveau lit du fleuve prête à l'ensablement il y aura, jour après jour, amenée d'un cube semblable, dont une partie se déposera.

Or, le nouveau lit prêtait à ensablement — ne fut-ce que pendant la période de coexistence des deux lits où la vitesse dans chacun des bras eut été réduite de moitié environ.

J'insiste, en ce moment sur ce point, bien que la construction de l'écluse du Kruisschans et du bassin canal ait à tout jamais fait disparaître le danger de l'ancienne Grande Coupure parce que je sais qu'il existe encore un projet d'un important déplacement du lit dans le polder de Melsele.

Pour le moment, faute d'argent, ce projet n'est pas réalisable ; mais si, quelque jour, la question de l'amélioration de l'Escaut en aval d'Anvers se représentait, ce projet constituerait un gros danger pour le port.

Le danger serait d'autant plus grand que l'écluse du Kruisschans, sise assez loin en aval de la zone de la nouvelle coupure, pourrait inciter à dire qu'on pourrait toujours avoir accès à Anvers par le bassin canal et qu'ainsi on ne doit pas craindre la coexistence des deux lits.

Mais si, par la coexistence des deux lits, on était arrivé à provoquer dans les lits des bancs importants, rien ne garantit qu'on n'aurait pas des modifications fâcheuses, même au Kruisschans, par suite des changements du courant dans le double lit.

Inversement, on peut se rendre compte de ce que s'il était possible de capter une partie — une petite partie seulement — du volume total des alluvions dans une région un peu amont du fleuve, on pourrait s'attendre à une stabilisation de la situation jusque bien loin en aval.

Au flot, les eaux auraient toujours leur charge normale d'alluvion ; mais si une circonstance quelconque faisait que ces eaux redescendent moins chargées, il est clair que le cube total d'alluvion que les eaux du jusant, avec leur vitesse, doivent tout de même ramasser serait prélevé dans des endroits où il y a des alluvions. donnant donc tendance à l'approfondissement.

Aussi, il y a déjà une trentaine d'années, avons nous expliqué que le vrai moyen d'améliorer, pour longtemps, la partie de l'Escaut qui va de Burght à la frontière hollandaise serait de sortir de l'Escaut les bancs de Tamise, du Notelaar, etc. et d'approfondir le long seuil de Brans (en amont de la Durme jusque vers St Amand).

Ces déblais effectués on verrait, naturellement, y revenir peu à peu les alluvions comme elles y sont venues antérieurement, en une période de quelques dizaines d'années. Mais tandis que sables s'accumuleraient lentement en cette région on pourrait espérer, légitimement, qu'ailleurs ou en serait débarrassé, tout au moins tant que les bancs de Tamise et consorts se reformeraient. Et il vaut mieux avoir des dragueurs dans le fleuve dans ces régions où il n'y a jamais un bateau qui passe que dans la partie si parcourue d'Anvers à la mer.

Nous savons que toute crique (et l'Escaut participe du régime des criques) commence à se colmater par l'amont. En enlevant donc les alluvions de l'amont, on pouvait espérer une sorte de captage des sables sur une longue étendue en aval.

Nous n'avions pas encore, au moment où nous expliquions ceci, les quantités de sables tenues en suspension et en traînage

dont il a été question ici. Aussi la théorie ci-dessus parut-elle assez mal assise — et à la vérité elle n'était pas fortement étayée. On

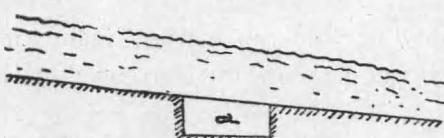


Fig. 30.

convenait toutefois qu'en draguant en amont il y avait plus de chances d'appeler le sable de l'aval, qu'il n'y avait de chances d'appeler du sable de l'amont en draguant en aval.

En d'autres mots si on représente (fig. 30) une partie du cours de l'Escaut et si l'on imagine qu'on creuse en un point donné une chambre d'apports, *a*, celle-ci se remblaiera ; mais, vu la vitesse et l'allure des courants de l'Escaut, beaucoup plus par les alluvions venant de l'aval que par celles venant de l'amont.

Et il va de soi que la chose est d'autant plus vraie que la chambre est sise plus loin vers l'amont.

Mon exposé n'eut donc pas grand succès ; mais ma théorie n'allait pas tarder à recevoir une confirmation éclatante. J'avais sondé, en 1893, la partie Burght St Bernard et cette même partie fut resondée en 1904.

On constata une amélioration sensible de la profondeur et de la largeur au bout des 11 années à savoir ce qui est indiqué au tableau suivant :

SITUATION	AUGMENTATION DE LA PROFONDEUR	AUGMENTATION DE LA LARGEUR ENTRE COURBES DE — 5 m
Parallèle 81.000	0 <sup>m</sup> 40	20 m.
» 82.000	1 <sup>m</sup> 20	0 »
» 83.000	0 <sup>m</sup> 30	20 »
» 84.000	0 <sup>m</sup> 40	30 »
» 85.000	1 <sup>m</sup> 90	0 »
» 86.000	0 <sup>m</sup> —	10 »
» 87.000	0 <sup>m</sup> 70	0 »
» 88.000	0 <sup>m</sup> 30	30 »

Les hauts fonds qui existaient dans le chenal de 1893 avaient disparu ou s'étaient atténués et les profondeurs de plus de 8 mètres qui, en 1893, s'étendaient de l'embouchure du Rupel jusqu'entre les parallèles 84.000-85.000 avec 4 solutions de continuité se sont prolongées jusque près du parallèle 86.000 et il n'y a plus que 3 solutions de continuité.

En résumé, cette partie de l'Escaut s'est améliorée considérablement en ces onze années.

Il convient de dire qu'en 1902-1903 la société le Vulcain belge, établie le long de l'Escaut a fait quelque dragage entre les parallèles 84.000 et 85.000 mais ce n'est pas ce petit déblai qui peut avoir produit cette grande amélioration.

Cette amélioration est due à ce qu'on a énormément dragué à Melsele pendant ces années et que les alluvions qui, en régime normal, devaient être montées par le flot depuis l'aval vers Anvers et plus haut trouvaient l'occasion de se déposer dans la région de Melsele et n'alimentaient donc plus en débit solide le cours en amont d'Anvers.

Après l'étaie, le jusant reprenait des alluvions là où il pouvait se manifester et entraînait donc une partie des dépôts qui étaient antérieurement fixés dans le fleuve.

Quant aux bancs se trouvant en amont de St Bernard, ils ne furent guère affectés par les dragages de Melsele.

Ce sont ces dragages qui faisaient fonctions de la chambre d'apports de la fig. 30 et, malgré la situation plutôt désavantageuse de cette chambre vis à vis des parties du fleuve entre Burght et St Bernard, on voit que le creusement s'y est effectué.

Si donc, on créait à l'extrême amont de la partie maritime, des régions où les sables pourraient s'accumuler, on verrait se reformer lentement les bancs actuels et on débarrasserait le bas fleuve, pour bien des années, de la nécessité de draguer ; cette influence pouvant s'étendre de proche en proche sur tout le cours belge de l'Escaut, car l'expérience de onze ans (1893-1904) faite entre St Bernard et Burght est extrêmement encourageante à ce sujet.

Les alluvions dont il vient d'être question sont surtout des sables. Il y a bien, parfois, des mélanges de sables et de vase mais même ce mélange n'enlève pas aux alluvions le caractère arénacé.

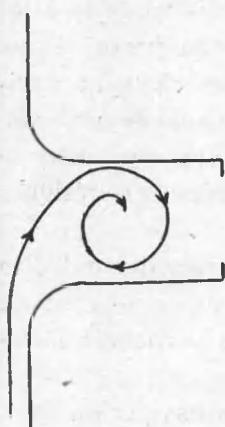
Mais les eaux de l'Escaut — de beaucoup de fleuves — sont susceptibles de déposer dans des endroits abrités des quantités inattendues de vases.

Plus des trois quarts des matières restant en suspension dans l'eau au moment des étales (35 gr. sur 46) sont composés de particules argileuses ou vaseuses qui ne se déposent que fort lentement et moyennant des conditions spéciales.

Celles-ci se réalisent notamment aux chenaux d'entrée des écluses. Le courant général du fleuve longe, à vive allure, la rive où débouche l'écluse. Lorsque la paroi vient à manquer l'eau a un mouvement circulaire lent (fig. 31) qui donne aux vases l'occasion de se déposer et aux eaux la possibilité de se renouveler plusieurs fois pendant la même marée.

On a cru, parfois, que pour estimer la quantité de vase qui pouvait se déposer dans un chenal semblable il suffisait

de prendre la superficie du chenal, de le multiplier par la hauteur de la marée puis par le cube solide contenu dans un mètre cube d'eau et enfin, par le nombre annuel des marées : en réalité les quantités ainsi calculées sont de très loin inférieures à celles que l'expérience indique.



La charge des eaux de l'Escaut est de  $0^{\text{c}}120$  gr. par mètre cube en moyenne, ce qui correspond à environ  $0^{\text{k}}5$  pour le prisme d'un mètre carré ayant la hauteur de l'amplitude de la marée soit approximativement 1 k. par jour ou 365 k. par an ou encore à la densité de 1200 pour les vases fraîches  $0^{\text{m}}30$  par an.

Or, le chenal de l'écluse Royers, à An-

vers, malgré l'active navigation qui y passe et qui contribue à remuer les vases, malgré la disposition en plan qui permettrait d'espérer qu'il n'y aurait pas trop d'envasement, recueille une couche annuelle de  $3^{\text{m}}50$  à  $4^{\text{m}}$  d'épaisseur soit 12 à 10 fois ce que le calcul précédent indique.

On doit en conclure que, dans les chenaux de ce genre, l'eau se renouvelle au moins dix fois par marée et que, chaque fois, elle laisse se déposer la presque totalité des vases qu'elle contient en suspension.

Cette accumulation continuerait — si on la laissait continuer — jusqu'à ce que les courants de retour soient suffisamment rapides pour entraîner les vases fraîchement déposées ce qui ne se produit guère que lorsque la vase découvre à mer basse.

C'est, du reste, l'accumulation de cette vase, liquide d'abord, puis plus consistante, puis séchée qui forme les schorres et plus tard les polders. C'est aussi pour cette raison que tous les affluents de l'Escaut (Senne, Dyle, Rupel, Durme, etc.) ont leurs rives tapissées d'une couche épaisse de vase qui se produit au moment où on améliore la rivière mais qui cesse à un certain moment de s'accroître.

Contrairement à ce que l'on voit en mer, les vases dans l'Escaut, sont moins à craindre que les sables ce qui tient à ce que les courants de jusant, par leur durée et par leur vitesse sont spécialement aptes à entraîner les vases et à les refouler progressivement en mer. L'action du jusant étant beaucoup plus efficace vers marée basse, les chenaux navigables se maintiennent plus longtemps et plus facilement que les criques, faux bras, entrées de bassins, etc., qui, eux, se tapissent de vase et qu'il faut — pour les entrées — se résigner à enlever mécaniquement.

Il s'en tire comme conclusion que ces entrées doivent être pour les alluvions — comme pour la navigation — courtes, peu larges, et autant que possible orientées perpendiculairement au fleuve.

Le vrai danger pour la conservation de la navigation dans l'Escaut consiste, comme va le montrer le chapitre suivant, dans la mise en mouvement de quantités considérables de sables qui viendraient troubler le mécanisme habituel des alluvions.

---

## CHAPITRE NEUVIÈME.

### APPLICATIONS PRATIQUES.

#### La Question de Valkenisse.

Il est relativement rare — et l'on conçoit qu'il doive nécessairement être rare — que les circonstances permettent d'expérimenter à fond les théories que nous venons d'exposer. Il s'agit, en effet, de phénomènes s'étendant sur des espaces immenses, en des temps fort longs, par suite de causes très diverses, et qui, par là même, sont difficiles à apprécier parce que souvent on n'a pas le recul nécessaire pour embrasser toute la question d'un seul coup d'œil.

Quand, exceptionnellement, il arrive une série d'incidents qui permettent de regarder les choses d'un peu près, il est extrêmement utile d'en poursuivre l'étude. — Et c'est ce qui eut lieu à Valkenisse-Bath pendant le premier semestre de l'année 1924.

On savait, depuis le courant de l'année 1922, que la passe de Bath présentait dans l'alignement des feux, donc sur la route à suivre par les navires, une partie un peu relevée. Les courbes de 8 mètres qui, antérieurement, passaient régulièrement et donnaient donc une passe continue de plus de huit mètres de profondeur s'étaient fermées et il y avait un seuil, clairement figuré sur une carte de septembre 1922, où l'on ne sondait plus que 7<sup>m</sup>20. La passe de Valkenisse située plus en aval était bonne à cette époque et offrait un passage large de plus de 200 mètres entre les courbes de 8 mètres. On n'avait plus dragué : à Valkenisse, depuis 1909, époque à laquelle on avait enlevé 471.080 m<sup>3</sup>, et à Bath, depuis 1914, époque à laquelle on avait fait un déblai de 276.155 m<sup>3</sup>.

Ce n'était pas la première fois, en 1922, que les passes de Bath et de Valkenisse donnaient lieu à des incidents et, pour se faire une image exacte des circonstances de 1924, il est nécessaire de se reporter à une vingtaine d'années en arrière.

Il a été publié par le Gouvernement (Administration des Ponts et Chaussées) en 1908 une brochure intitulée « Les dragages de l'Escaut » et due à la plume de M. Pierrot, ingénieur en chef Directeur, à cette époque, de l'Escaut maritime. Nous lisons, page 10 de ce travail :

« Pendant quarante ans, environ, il s'était maintenu en amont de Bath une passe de 200 mètres de largeur environ d'une profondeur suffisant à la navigation ; pendant cette période elle s'était déplacée d'une manière fort lente et peu régulière. (1) En 1905, on constata une situation moins bonne (2) ; on résolut de creuser le chenal pratiqué à cette époque à la profondeur de 8 mètres sous marée basse, comme l'indiquent les hachures fines de la carte. Ce travail ne put être entamé qu'après autorisation du Gouvernement Néerlandais sur le territoire duquel les dragages doivent être faits. (Voir, à la fin, fig. 32).

» Nous avions déjà dragué dans l'ancienne passe 444.000 mètres cubes lorsqu'on constata que les courants se portaient vers le Sud-Ouest pour y creuser un chenal.

---

(1) La passe s'est donc maintenue de 1865 à 1905. Cela démontre que la fermeture de l'Escaut Oriental (1867) n'a pas eu d'influence fâcheuse sur la tenue des passes les plus voisines du barrage. Ceci mérite d'être noté parce que, de nos jours, encore, il y a des personnes qui disent que la construction de ce barrage a eu une influence néfaste pour l'Escaut et mènent une campagne pour la réouverture du barrage.

Un si long maintien, en bon état, de la passe de Bath montre qu'elle était dans une parfaite situation d'équilibre, bien qu'ultérieurement on se soit plu à la représenter comme mobile, capricieuse, et donnant lieu à des surprises.

(2) On avait, en 1903, effectué des dragages assez malencontreux, pour la direction des courants et le mécanisme des alluvions, dans la passe de Frédéric-Santvliet où l'on avait enlevé plus de 2.300.000 mètres cubes.

» A la suite de ces constatations, nous avons abandonné  
» le tracé primitivement adopté pour draguer le chenal mar-  
» qué par des hâchures fortes sur la carte. Les dragages ont  
» été achevés en décembre 1906.

» Le cube total dragué dans les deux passes a été 1.485.000  
» mètres cubes et la dépense s'est élevée à 1.478.000 francs. »

« A peine la passe de Bath avait elle été mise en état de  
» navigabilité, qu'il a fallu draguer celle de Valkenisse qui  
» s'était ensablée au point qu'à marée basse on n'y sondait  
» plus que 6 mètres d'eau.

« Ces travaux ont été entamés en avril 1907 et terminés en  
» octobre.

» Pendant les dragages on a constaté que la cunette creusée  
» se modifiait d'une manière continue. Le cube dragué s'élève  
» de 700.000 à 800.000 mètres cubes et la dépense de 1.000.000  
» à 1.100.000 francs. »

De sorte que, maintenant, nous voyons bien la suite des événements :

a) dragages inconsidérés, vers 1903, dans la région de la frontière hollandaise ou un peu en aval ;

b) trouble dans le mécanisme des alluvions ;

c) oblitération de la passe de Bath — qui s'était maintenue depuis 40 ans ;

d) dragages intempestifs à droite (à l'Est) de la passe oblitérée ;

e) révolte du fleuve qui indique qu'il faut draguer à l'Ouest ;

f) abandon du tracé à l'Est pour suivre les indications du fleuve ;

g) existence — tout au moins temporaire — de deux demies passes, l'une à côté de l'autre, à Bath ;

h) troubles dans le mécanisme des alluvions ;

i) ensablement de Valkenisse ;

j) enlèvement des sables dans cette dernière passe.

Nous revenons maintenant à la situation d'ensemble représentée sur une carte hydrographique datée de septembre

1922 et nous passons sans insister sur les origines de la médiocre situation de la passe à Bath en 1922.

On décida de commencer, au mois de novembre 1922, des dragages de manière à avoir des profondeurs de plus de 8 m. d'une manière continue de la bouée 40 à la bouée 44. (Voir, à la fin, fig. 33).

Le 20 novembre, ils furent commencés, se poursuivirent pendant la fin de l'année 1922, toute l'année 1923 et le commencement de l'année 1924. Mais, même après ce long effort, la continuité des profondeurs de plus de 8 mètres n'était pas rétablie.

Ceci seul, et dès le commencement de 1923, aurait dû faire comprendre que l'on faisait fausse route avec les dragages de la bouée 40 à la bouée 44. Il est curieux — et il nous est inexplicable — que les souvenirs de 1905 rappelés ci-dessus n'aient pas montré qu'on était dans l'erreur.

Quoiqu'il en soit, on draguait vigoureusement dans l'espoir, sans cesse déçu, de réaliser l'irréalisable passe décrétée et la suite naturelle de cette persévérance était de disperser sur une section plus grande des courants déjà trop dispersés et d'apporter un trouble profond dans la marche des alluvions.

Dans les premiers mois de 1924, on entendit parler assez confusément tout d'abord, de difficultés qui se présenteraient pour la grande navigation dans le tournant de Bath.

On parlait d'ensablements « rapides » qui se seraient produits à Valkenisse, ensablements tels que les grands steamers de la Red Star line et d'autres, même, ne pourraient plus venir à Anvers.

La question alla jusqu'au Parlement et les inquiétudes, de plus en plus vives, se manifestaient dans le monde maritime d'Anvers, qui savait bien qu'il y avait quelque danger à Valkenisse. On conçoit qu'un armement, tenant des bateaux valant plusieurs dizaines de millions, cherche à avoir la certitude que de pareils bâtiments ne risquent pas de s'échouer et, faute de cette certitude, qu'il aurait préféré détourner ses unités vers un port plus profond.

Les journaux d'Anvers (le *Matin* du 4 avril 1924) disaient :

« Il faut, à tout prix, que ce bruit soit catégoriquement démenti. Jamais aucune ligne de navigation n'a entrevu cette éventualité. L'histoire des passes de Valkenisse et de Bath a été considérablement exagérée pour les besoins de la cause que vous savez. Notre port n'est pas en danger, il n'a jamais été menacé. Il ne faut pas que nous fassions écho aux bruits tendancieux qui circulent à ce sujet et émanent d'étrangers qui ont intérêt à les voir répandre. »

Malgré ce démenti, le 8 avril, il fut annoncé que les s.s. *Belgenland* et *Lapland* ne fréquenteraient plus le port d'Anvers jusqu'à ce que les passes fussent remises en état ; et, pratiquement ce ne fut qu'en août qu'ils revinrent à Anvers.

Sur ces entrefaites, une collision se produisit, le 6 avril, à 1 heure du matin, entre le steamer *West-Inskip* remontant l'Escaut et le *Sierra Grande*, qui descendait le fleuve. Ce dernier sombra sur place, près de la bouée lumineuse n° 39, causant donc un sérieux obstacle à la navigation.

Il y avait maintenant deux obstacles : l'épave du *Sierra Grande*, d'une part ; les profondeurs insuffisantes d'autre part. Et le résultat fut que, seuls, les navires de 25 pieds de tirant d'eau pouvaient encore naviguer dans le fleuve. Comme on peut bien penser, les mesures les plus énergiques furent prises et, le 18 avril, on pouvait passer avec des navires tirant 27 pieds.

Au commencement de mai, cette cote fut portée à 28 pieds ; vers la fin de mai, on alla jusque 29 pieds, en vives eaux tout au moins ; et, au commencement de juin, on put recevoir des bateaux de 30 pieds. On avait dragué du 15 mars au 31 mai 451.110 mètres cubes dans la passe de Rilland et 314.710 m<sup>3</sup> dans la passe de Bath.

On conçoit aisément que l'enlèvement de pareils cubes dans une région comme celle de Bath devait apporter le plus grand trouble dans le régime des alluvions. En y réfléchissant un instant, on se rend bien compte de ce que si, en tel endroit, il était venu se mettre du sable c'est que les courants qui —

nous l'avons calculé antérieurement — charriant des milliers de mètres cubes, les y avaient laissé déposer. Ce n'est pas parce qu'on enlève en un endroit déterminé un cube de sable que les courants ne le ramèneront pas et c'étaient plutôt les courants qu'il aurait fallu pouvoir corriger que les hauts fonds se trouvant dans les passes.

Mais la situation dans laquelle on se trouvait était telle que, bon gré, mal gré, on devait draguer. Il y eut cependant des incidents et des surprises désagréables consistant en la formation plus ou moins rapide de « macarons » ou paquets de sable qui se déposent en une petite région ou bien des relèvements inattendus du fond comme celui qui se produisit sur une hauteur d'un demi mètre environ dans le chenal de Valkenisse fin mai.

Il nous reste maintenant à rechercher la cause des difficultés qu'on a rencontrées dans cette partie de l'Escaut au printemps 1924.

Il faut d'abord reconnaître que — si l'on se rapporte aux publications officielles — on ne se faisait pas une idée bien nette ni surtout bien exacte des relations de cause à effet entre le maintien des passes et la configuration du fleuve.

Dans la même brochure<sup>(1)</sup>, dont nous avons donné des extraits ci dessus, l'auteur après avoir constaté que les dragages exécutés en Belgique n'ont produit qu'un effet de durée limitée, dit (page 13) :

« En ce qui concerne les passes de Bath et de Valkenisse, » l'excès de largeur y est encore bien plus grand que sur la » partie belge du fleuve et comme, de plus, les bancs y sont » fort mobiles, on ne peut nullement compter sur la stabilité » des passes créées et nous devons les surveiller d'une manière » constante. »

L'auteur lui-même a bien voulu nous dire que pendant 40 ans la passe en amont de Bath s'est maintenue en bon état ; nous savons, de science personnelle, qu'avant l'aventure de

---

(1) *Les dragages de l'Escaut*, par J. Pierrot, 1908.

1905 — et même après — jamais la passe de Valkenisse n'a été insuffisante ; nous savons bien qu'il y a des bancs mobiles dans l'Escaut hollandais mais nous savons aussi que cette mobilité ne s'exerce jamais dans les passes.

L'auteur dit qu'il ne peut compter sur la stabilité des passes créées, difficulté qui se résoudra de la manière la plus élégante en ne créant aucune passe, celles que le fleuve forme lui-même étant suffisantes si on veut bien ne pas les abîmer. Et enfin, la surveillance constante dont l'auteur entourait les passes n'a pu s'exercer pendant les 5 années de la guerre et cela n'a aucunement empêché de retrouver les passes dans le même bon état où on les avait laissées en 1914.

Je n'insisterais pas sur ce texte datant de 17 ou 18 ans si on ne retrouvait, aujourd'hui encore, les mêmes erreurs dans la conception des travaux d'entretien de l'Escaut maritime.

Au mois de mai 1924, on fit des observations de courants dans la passe de Bath avec des flotteurs partant des bouées 40-45 et par jusant (voir à la fin fig. 34).

Le flotteur n° 1 a des vitesses de 32 ou 33 mètres et passe non loin de l'épave du *Sierra Grande*.

Le flotteur n° 2 se dirige avec une vitesse de 64 m. à la minute dans la direction des feux de Rilland pour oblier ultérieurement vers la bouée n° 38.

Le flotteur n° 3 file avec une vitesse de 99 mètres par le goulet de Saeftingen.

Or, les dragages auxquels on s'obstinait, depuis le mois de novembre 1922 se faisaient dans la zone couverte de hâchures sur la fig. 32 ci dessus, donc à l'endroit des courants les plus lents et — partiellement — en travers du courant du fleuve. Nous savons (fig. 24) que les courants normaux de 1 m. par seconde tiennent 104 grammes d'alluvions par mètre cube en suspension et nous savons aussi que lorsque la vitesse tombe à 0<sup>m</sup>50 la quantité de matières en suspension n'est plus que de 31 grammes.

Plus des sept dixièmes des alluvions doivent donc se déposer lorsque les eaux dépassaient la bouée 40 sur la figure ci contre

et on conçoit que, dans ces conditions, il se soit formé un banc en cet endroit et qu'on n'ait pas réussi à ouvrir la passe espérée. Il est juste de dire que ces vitesses ont été mesurées lorsque la passe était déjà approfondie par les dragages mais on peut se rendre compte de ce que la section n'est pas très dilatée et que, même avant dragage, la vitesse ne pouvait pas être beaucoup plus grande. Avec l'aggravation due à ce que la passe qu'on voulait creuser était en travers du courant de jusant, il est clair, aux yeux de tout ingénieur de marine, qu'il n'y avait aucune apparence que l'on pût arriver à la solution désirée.

Et dans une note du mois de mai de la Direction Générale des voies hydraulique du Ministère des Travaux publics nous trouvons le passage (<sup>1</sup>) suivant :

« Le danger des dragages à outrance n'a pas échappé à l'Administration et elle est vivement préoccupée notamment des conséquences que peut avoir sur la passe naturelle de Bath le creusement de la passe artificielle de Rilland. Mais à moins de condamner l'accès du port d'Anvers, il n'était pas possible de faire autrement. »

Vers la même époque (<sup>2</sup>), M. le ministre des Travaux Publics dit au Parlement que :

« Des spécialistes ont dit que les courants se portent en ce moment vers la passe de Rilland et qu'il conviendrait d'adopter celle ci. Cette idée va à l'encontre de l'avis des hydrographes et des pilotes, mais elle mérite d'être étudiée. »

Passe encore pour l'avis des pilotes qui, très habiles à conduire des navires, n'ont rien de ce qu'il faut pour donner des avis sur le mécanisme du lit fluvial. Mais on peut se demander quels bizarres avis les hydrographes consultés par M. le Ministre ont émis ?

Nous connaissons un principe de l'amélioration des fleuves à marée qui s'exprime comme suit (<sup>3</sup>) :

(1) Textuel.

(2) Séance du mercredi 4 juin 1924, à la chambre des Représentants.

(3) *Annales des Ingénieurs de Gand*, Année 1912, 5<sup>e</sup> série. Tome 5, 3<sup>e</sup> fascicule. Le deuxième principe, § 2.

« Pour améliorer une boucle d'un fleuve à marée par le » déplacement du lit, le nouvel axe doit se trouver dans la » concavité de l'ancien. »

En voyant ce texte, on a les impressions suivantes :

1) L'idée qui va à l'encontre des avis des hydrographes et des pilotes et « qui mérite d'être étudiée » est en réalité étudiée depuis longtemps.

2) Après les 16 mois de dragages à Bath et après la situation créée par ces dragages, leur danger ne pouvait vraiment plus échapper à personne.

3) La « *passe naturelle* » de Bath n'était pas naturelle et n'était pas une passe non plus. Comme en 1905, la vraie passe se trouvait à l'Ouest de la passe de Bath.

4) La passe de Rilland n'avait le caractère d'une passe artificielle que grâce aux maladroits dragages dans la passe de Bath.

Reste l'affirmation « qu'à moins de condamner l'accès du port d'Anvers il n'y avait pas moyen de faire autrement. »

On réussit « en ne faisant pas autrement » à condamner l'accès du port d'Anvers au *Belgenland* depuis la mi avril jusqu'à la mi août ; aux navires de 30 pieds depuis la mi avril jusqu'en juin et aux navires de 28 pieds depuis la mi avril jusque dans la première quinzaine de mai.

La suite des temps allait rapidement faire voir ce qui en était. Déjà le 19 juin, on put lire dans les journaux<sup>(1)</sup> que les derniers sondages ont démontré que la passe de Rilland continue à s'approfondir naturellement (ce qui est pittoresque pour un chenal qualifié artificiel) *quoi qu'on y ait cessé les dragages depuis trois semaines environ*, alors que les crêtes qui barrent la passe de Bath continuent à s'exhausser malgré le travail de deux dragues. A la suite de ces constatations on a décidé de reprendre les dragages dans la passe de Rilland afin d'aider le courant. Ainsi les plus grands navires pourront bientôt emprunter cette passe sans le moindre inconvénient.

---

(1) *Le Matin*, d'Anvers.

En attendant on continue naturellement (1) à draguer dans la passe de Bath jusqu'au moment où le Rilland aura la profondeur réglementaire. Etc. etc.

Le 11 juillet on annonça, dans la presse, que la passe de Rilland remplaçait celle de Bath et, enfin, le 25 juillet, on cessa de draguer dans la passe de Bath. L'éclairage de la passe de Rilland fut établi ; la passe de Bath ne servit plus que d'auxiliaire pendant la journée et ainsi deux mois après qu'on avait dit « qu'il n'était pas possible de faire autrement » il fut établi par l'expérience que la passe artificielle de Rilland, l'emportait sur la passe naturelle de Bath.

La leçon a été sévère; mais on peut remarquer la curieuse et parfaite analogie avec l'expérience de 1905.

Et l'analogie continue : depuis qu'on a cessé les dragages entrepris de novembre 22 au printemps 1924 c'est à dire depuis, maintenant, près de deux ans les passes se maintiennent régulièrement.

On conçoit qu'après le traitement extraordinaire qu'on a bien dû faire subir au fleuve au printemps 1924 pour effacer l'effet des malencontreux dragages dont nous venons de parler, il faille un peu de temps pour que le mécanisme des alluvions, toujours assez lent, ait pu reformer un nouvel état d'équilibre et, de là, certaines alertes qui se produisent de temps en temps — par exemple en mai 1925 — mais qui ne présentent pas un grand caractère de gravité.

De telles expériences sont extrêmement onéreuses. L'aventure de Valkenisse a fait montrer le coût des dragages dans l'Escaut à 15.000.000 de francs en un an et, ainsi que Monsieur Strauss l'a écrit (2) c'est la conséquence de l'imprévoyance et des erreurs commises.

On a bien prétendu, dans certains milieux, que les bancs plus ou moins voisins de Bath et de Valkenisse avaient une

---

(1) Comment? naturellement? On aurait dû arrêter depuis long-temps.

(2) *Neptune*, 18 février 1925.

tendance à envahir les passes. On a même été jusqu'à dire que les mouvements de ces bancs avaient un cycle régulier et qu'après un certain nombre d'années les mêmes mouvements se reproduisaient. Tout ceci est inexact.

La période 1865-1905 a montré avec toute la clarté qu'il faut que les passes de Bath et de Valkenisse peuvent se maintenir pendant de longues années et qu'il n'y a ni cycle, ni mouvements continus, ni actions rapides, ni surprises.

La période de guerre et les quelques mois qui suivirent embrassant ensemble une durée de cinq ans ont prouvé que de nos jours encore, cette stabilité des passes est capable de se maintenir.

Mais les expériences de 1905 et de 1924 montrent que ce n'est pas impunément qu'on drague en discordance avec le mécanisme des alluvions. Heureusement, les eaux du fleuve se chargent, une fois la mauvaise influence de dragages mal compris passée, de rétablir peu à peu les choses en bon état.

Il nous paraît impossible qu'en ce moment encore (décembre 1925) l'équilibre soit rétabli et on doit donc s'attendre à ce que les bancs et les passes subissent des modifications qui seront, encore toujours, la conséquence de l'erreur commise de novembre 1922 à avril 1924 ; mais qui, sauf nouvelles erreurs, n'auront plus l'aspect redoutable des incidents de mars à juin 1924.

Pour éviter ces erreurs l'essentiel est d'observer la vitesse et la direction des courants — des courants de jusant surtout ; — de se rendre compte, en amont des points où l'on pense draguer des quantités d'alluvions que les eaux tiennent en suspension ; de voir, en aval des points à améliorer, quelle est la vitesse et la direction des courants de flot ainsi que du chargement d'alluvions qu'elles portent.

Tout ceci examiné et étudié, on pourra apprécier si, vraiment, en draguant tel seuil ou tel banc on ne provoquera pas en amont ou en aval (et parfois en amont et en aval) dans les courants des changements de vitesse, de direction qui se

traduisent toujours soit sur place, soit à quelque distance par des dépôts d'alluvions.

Et, moyennant ces études, on pourra espérer ne plus avoir des mécomptes comme à Bath et à Valkenisse en 1905 et en 1924, ne plus faire des dragages inutiles et même nuisibles dans certains coudes du fleuve et arriver finalement avec moins de peine et moins de dépenses à assurer à l'Escaut une meilleure navigabilité.

---

## CHAPITRE DIXIÈME.

### Au Congo.

Je ne voudrais pas terminer cette étude sans examiner quelques instants la question de l'amélioration du Congo.

Avec le développement rapide de la colonisation, la question des transports prend une importance de plus en plus grande et on songe naturellement à utiliser l'immense réseau de voies fluviales (plus de 15.000 kilomètres) pour effectuer ces transports.

Pour cette utilisation, on rencontre deux genres d'obstacles les uns infranchissables pour le moment (rapides, chutes, cataractes) et que l'on contourne par un tronçon de chemin de fer, les autres évitables ou corrigables — ce sont les bancs d'alluvions ou les roches isolées qui se trouvent dans le lit des rivières et qui entravent la navigation ou la rendent dangereuse.

Les obstacles rocheux — les plus redoutés en ce moment parce que le contact entre les bateaux et les roches se termine souvent par des voies d'eau et la perte au moins temporaire du bâtiment — sont au point de vue qui nous occupe ici les moins à craindre.

Ils sont redoutés en ce moment parce qu'on n'a pas encore de carte bien détaillée de tout le fleuve et qu'il faut se diriger d'après des renseignements oraux ou traditionnels. Il est clair que si on avait une carte détaillée où tous les rochers seraient repérés et tracés on aurait facilement le moyen de s'affranchir du danger.

Il suffirait de baliser toutes les passes rocheuses, de faire sauter les rochers gênants ou montant trop près du niveau des basses eaux, pour que le danger ait définitivement et à

tout jamais disparu. A cause du grand nombre de passes rocheuses, du courant, de la variation du niveau des eaux et surtout de l'immensité des rivières, il y aura naturellement un travail énorme à faire avant que toutes les parties du lit rocheux où l'on peut espérer naviguer soient réellement devenues navigables avec sécurité; mais enfin, quand on aura commencé le travail, qu'on l'aura poursuivi, qu'on l'aura terminé il ne donnera plus jamais lieu à des déceptions ni à des travaux supplémentaires tant que le tirant d'eau des bateaux principalement et un peu leurs autres dimensions ne changeront pas.

Il n'en est naturellement pas de même pour les parties du fleuve où l'on rencontre des alluvions meubles — et ce sont de très loin les plus étendues. Des rivières entières de centaines de kilomètres de longueur : Kasai, Lualaba, etc. ont un régime d'alluvions extrêmement intense charriant énergiquement des quantités d'alluvions énormes au delà de toute proportion qui s'arrêtent dans des élargissements ou « pools » où les profondeurs utilisables sont extrêmement réduites.

Tout le monde sait que le Congo est un fleuve immense mais on ne se fait pas, en général, une idée concrète des chiffres vertigineux auxquels on arrive quand on cherche à mesurer l'importance de ce cours d'eau.

Comme la plupart des fleuves tropicaux, il est sujet à des crues — 2 par an — donnant les basses eaux en août, les plus hautes eaux en janvier, un minimum secondaire en mars et un maximum secondaire en juin.

Les débits, mesurés en aval des derniers affluents — donc en aval de Matadi — sont de 30.000 m<sup>3</sup> à la seconde en basses eaux et s'élèvent, en hautes eaux ordinaires, à environ 100.000 mètres cubes à la seconde. Quand la crue est exceptionnellement forte, on atteint 120.000 m<sup>3</sup> à la seconde.

Ce cube passe, de Matadi à Boma, dans un lit qui a 1.200 à 1.500 mètres de large, de 15 à 40 mètres de profondeur et l'eau court avec une vitesse variant de 1 m. à 3 m. à la seconde en basses eaux et de 3 m. à 5 m. à la seconde en hautes eaux.

Quand j'aurai dit que, ça et là, il y a des rochers au milieu du cours d'eau, qu'il y a de nombreux angles droits dans le tracé en plan du fleuve, on pourra entrevoir qu'il y a des remous, des tourbillons d'une extrême violence, des zones mortes, des contre courants qui donnent lieu à des phénomènes tout à fait inattendus pour qui n'a pu les étudier.

Au point de vue du mécanisme des alluvions qui — seul — nous intéresse en ce moment, il se produit des changements qu'on a peine à croire quand on ne les a pas vus. Je vais en donner deux exemples.

Près de Fetish Rock, à une quinzaine de kilomètres de Boma, il y avait en 1922 une île (l'île des Aigrettes) mesurant 1.500 mètres de long 100 mètres de large pourvue de végétations d'arbres, de palmiers, etc... Actuellement elle est réduite à la moitié de sa longueur, sa largeur est réduite dans la même proportion et, si les choses continuent comme elles vont depuis quatre ans, cette île aura entièrement disparu en 1929.

Plus en aval (aux îles des Hippos) j'ai observé un groupe d'îlots entre lesquels il y avait deux ou trois chenaux d'une centaine de mètres de largeur et d'un mètre ou deux de profondeur. C'était fin 1923. On s'aperçut un jour que le courant, modifié par certaines circonstances d'amont, avait une tendance à se porter dans ces petits chenaux.

Actuellement (mars 1926) là où en novembre 23 j'ai vu des îles il y a un chenal de 2.000 mètres de large et où nos plus longues sondes courantes (45 pieds = 15 mètres) descendent sans trouver le fond.

On peut donc se représenter le charriage d'alluvions qui se fait dans ces circonstances.

Si, quittant la partie maritime du fleuve, on va en amont de Kinshasa, on retrouve aussi de nombreux et énormes déplacements d'alluvion. Comme il s'agit — malgré tout — d'arriver à satisfaire les besoins du commerce donc d'assurer la navigation et qu'il faut opérer dans des rivières immenses, inconnues, à fond mobile, soumises à des crues rapides et intenses et à des décrues tout aussi rapides, on peut se rendre

rendre compte de l'intérêt angoissé que présentent les problèmes hydrographiques dans de pareilles conditions.

La première question qui se présente est donc, quel est le mécanisme des alluvions au Congo?

Lorsqu'on entre avec le paquebot venant d'Europe dans l'embouchure du Congo, on voit les eaux d'un rouge brun mais ne présentant aucun caractère d'eau chargée d'alluvion comme on la voit dans la mer du Nord ou dans l'Escaut : l'eau est colorée mais propre. Ayant pris des échantillons de l'eau là où le lit était encore unique, la vitesse grande, et les eaux donc bien brassées, et en ayant fait peser les résidus solides, nous sommes arrivés à un poids de 12 grammes par mètre cube, c'est à dire le neuvième seulement de ce que contiennent les eaux de l'Escaut.

Les eaux du Congo examinées en diverses stations de Banane à Matadi n'ont montré nulle part des indices d'une charge plus grande : toujours elles sont propres et il faut prendre des échantillons de 20 litres au moins si l'on veut trouver des traces de dépôts dans les récipients où on la laisse séjourner pour se décanter.

Tout ceci est vrai pour les eaux superficielles — ou à peu près — prises vers le milieu de la rivière. Mais quand on se rapproche du fond il en est tout autrement.

Quand on descend peu à peu la prise d'échantillons, la teneur en matières solides ne change pas beaucoup, pas même dans les pools tant qu'on n'est pas à un mètre du fond. Mais à cette distance du lit elle augmente rapidement. Quand on se trouve dans la zone de 0<sup>m</sup>25 à 1<sup>m</sup> au dessus du fond, la quantité moyenne des alluvions est de 0<sup>k</sup>310 par mètre cube. Dans quelques mesurages imparfaits que nous avons effectués dans la zone la plus voisine du fond la quantité augmente très rapidement et atteint de 3 à 5 fois ce chiffre.

Nous tenons toutefois à signaler que ce chiffre de 1<sup>k</sup>. à 1<sup>k</sup>5 par mètre cube devrait être vérifié parce que les appareils rudimentaires dont nous disposions ne nous permettaient pas de prendre convenablement les échantillons d'eau ni —

surtout — de nous rendre compte de la mesure avec laquelle ce chiffre, en supposant qu'il soit vrai le jour de l'observation, varie avec la vitesse des eaux au fond de la rivière.

On ignore, en ce moment encore, la grandeur de ces vitesses ; mais nous pouvons affirmer qu'au Congo — du moins dans la partie maritime et dans la partie à courant rapide en amont de Kinshasa — les alluvions très importantes qui sont entraînées par les eaux se composent de sables lourds, roulant à peu de distance du fond, comme le font les graviers et les galets.

S'il fallait une confirmation de plus pour ceci, on la trouverait dans le fait, connu et constaté depuis d'assez nombreuses années que dans les pools, lorsque les crues montent, le fond de la rivière monte avec elles dans un certain rapport et que lors de la descente des eaux il se produit un re-creusement des passes.

Les alluvions, plus abondantes au fur et à mesure que la crue monte et que, par conséquent, la vitesse croît, arrivées dans un pool où elles trouvent de quoi se déposer restent en place et ce sont des eaux plus clarifiées qui, en aval du pool, descendent en se chargeant de nouveau jusqu'au pool suivant et ainsi de suite.

Arrivée à son maximum, la crue n'aura plus à l'avenir que des vitesses qui iront en se réduisant et — comme il faut tout de même que l'eau ait une section suffisante dans le pool pour passer — l'érosion se fait au fur et à mesure de la descente des eaux et les passes se rétablissent et se creusent soit au même endroit soit en des endroits différents.

Or, pendant toutes ces circonstances si différentes la teneur solides des eaux de superficie ne varie presque pas de sorte que tout ce mouvement d'alluvions se produit exclusivement dans la zone immédiatement voisine du fond.

Cette circonstance constitue à la fois un danger et une sécurité :

danger, parce qu'on doit toujours craindre que toute modification que l'on apporterait au lit de la rivière par une

avancée d'un ouvrage ou par une rectification ou par un dragage ou par l'oblitération d'un bras aura en aval des répercussions nuisibles ou pourra donner lieu, sur place même, à des atterrissements considérables et inattendus;

sécurité parce qu'on sait que les crues et décrues successives constituent un moyen énergique et efficace du curage des passes ensablées et qu'en dirigeant convenablement les courants on pourra espérer créer et maintenir des profondeurs qui seront suffisantes pendant de nombreuses années à toute la navigation qu'on peut entrevoir en ce moment sur le Congo et sur ses affluents.

Mais il résulte de ceci que l'étude du mécanisme des alluvions dans les rivières tropicales s'impose de la manière la plus urgente si on ne veut pas se trouver quelque jour avec des problèmes insolubles faute des données d'expérience suffisantes.

Il faudrait donc — et le temps presse — faire faire le plus rapidement possible une carte détaillée de rive à rive des affluents du Congo sur lesquels on pense naviguer, en faire observer les crues, les vitesses, les débits, en un mot faire l'hydrographie des fleuves. Après ceci, il faudrait étudier le mécanisme des alluvions aux diverses époques de l'année pour savoir comment le débit solide se répartit entre les diverses crues et décrues du fleuve.

Avec ces éléments il sera possible de déterminer si, et à quelles conditions, on pourra faire circuler des navires dont on se sera fixé les dimensions et le tirant d'eau ce qui est en somme le vrai problème qui, en dernière analyse, intéresse tous les ingénieurs qui s'attachent à l'étude des alluvions.

---

— 355 —

FIGURES

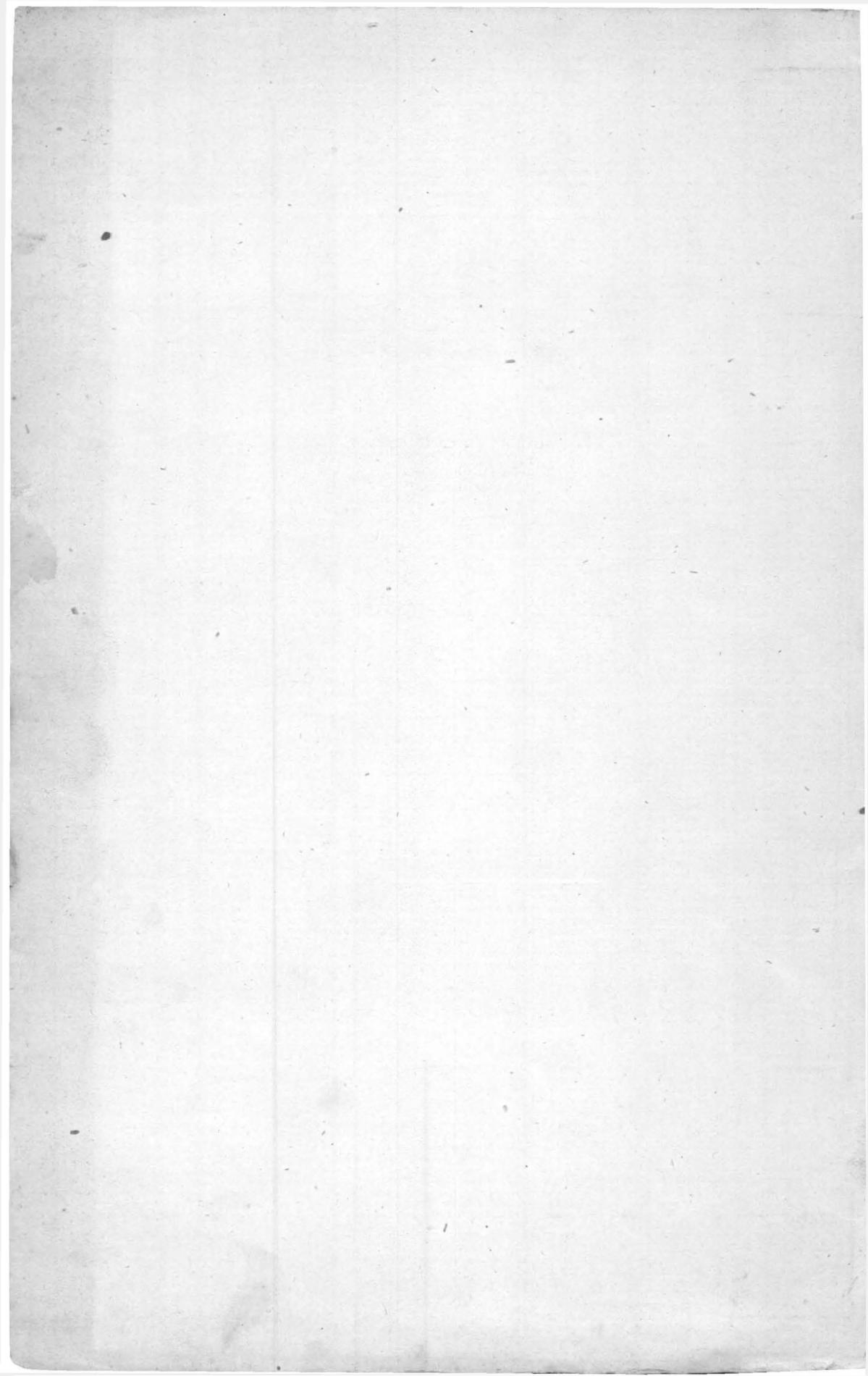
---

---

22 — 23 — 32 — 33 et 34

---

---



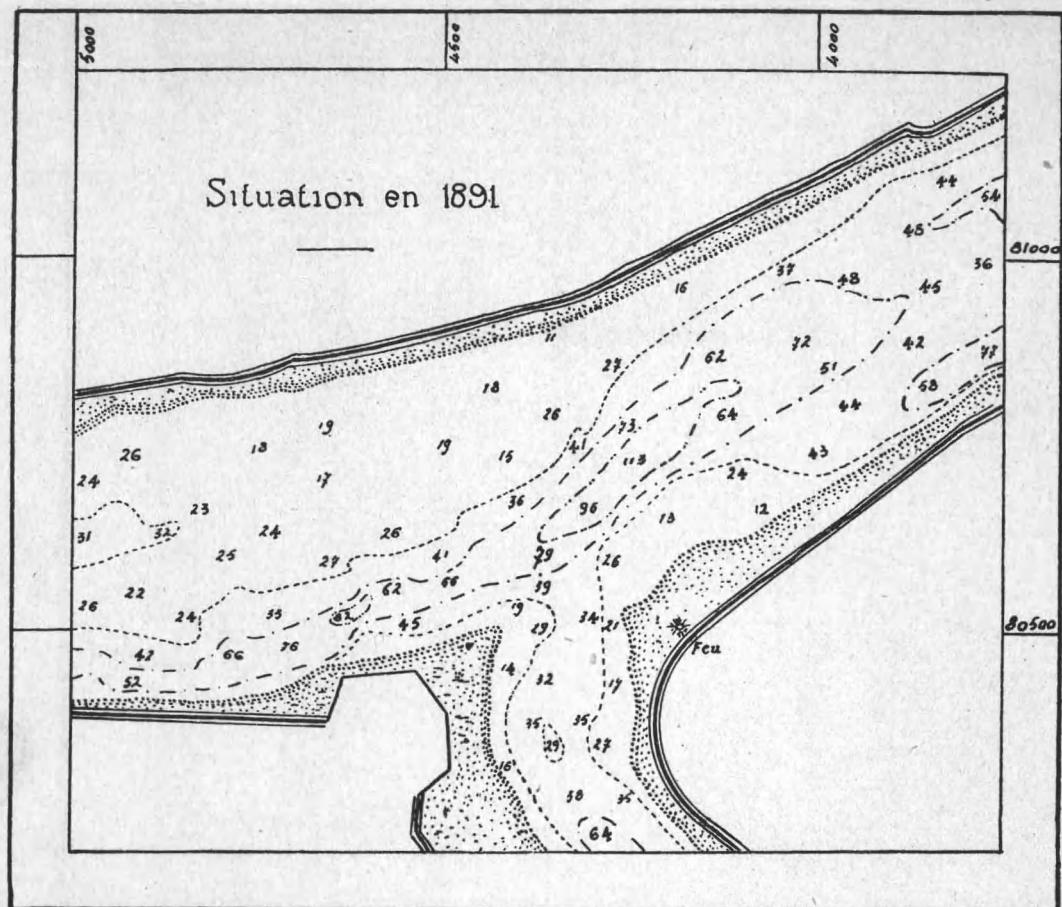


Fig. 22.

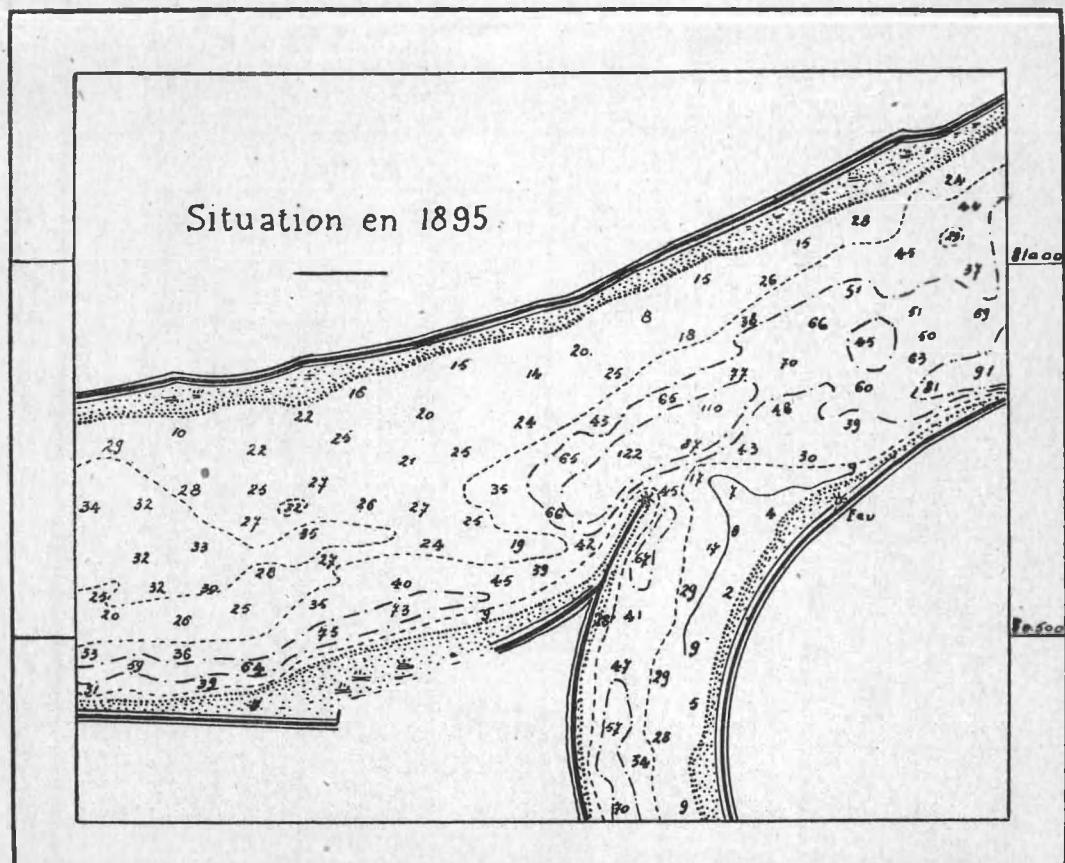
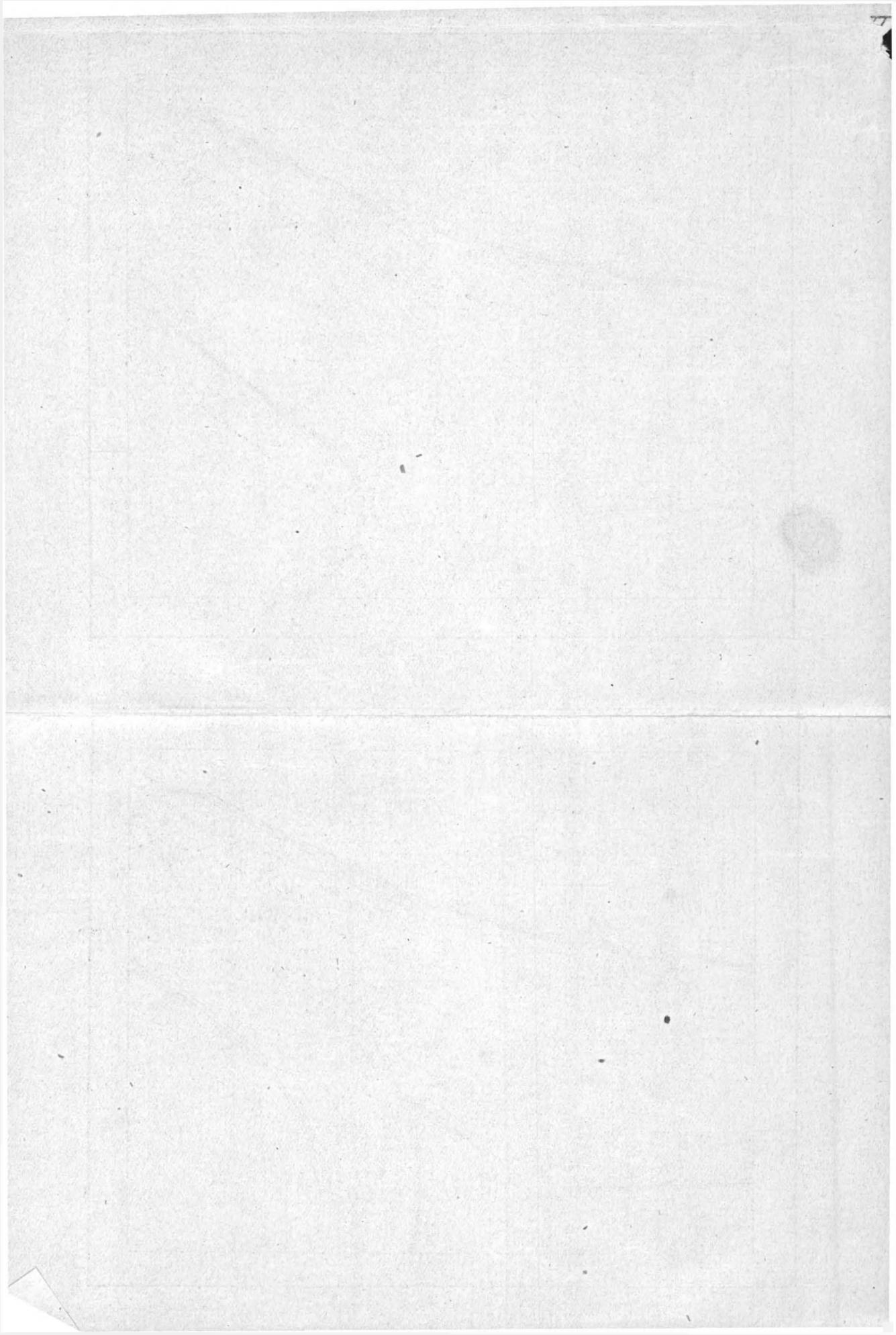


Fig. 23.



*Figure 32*

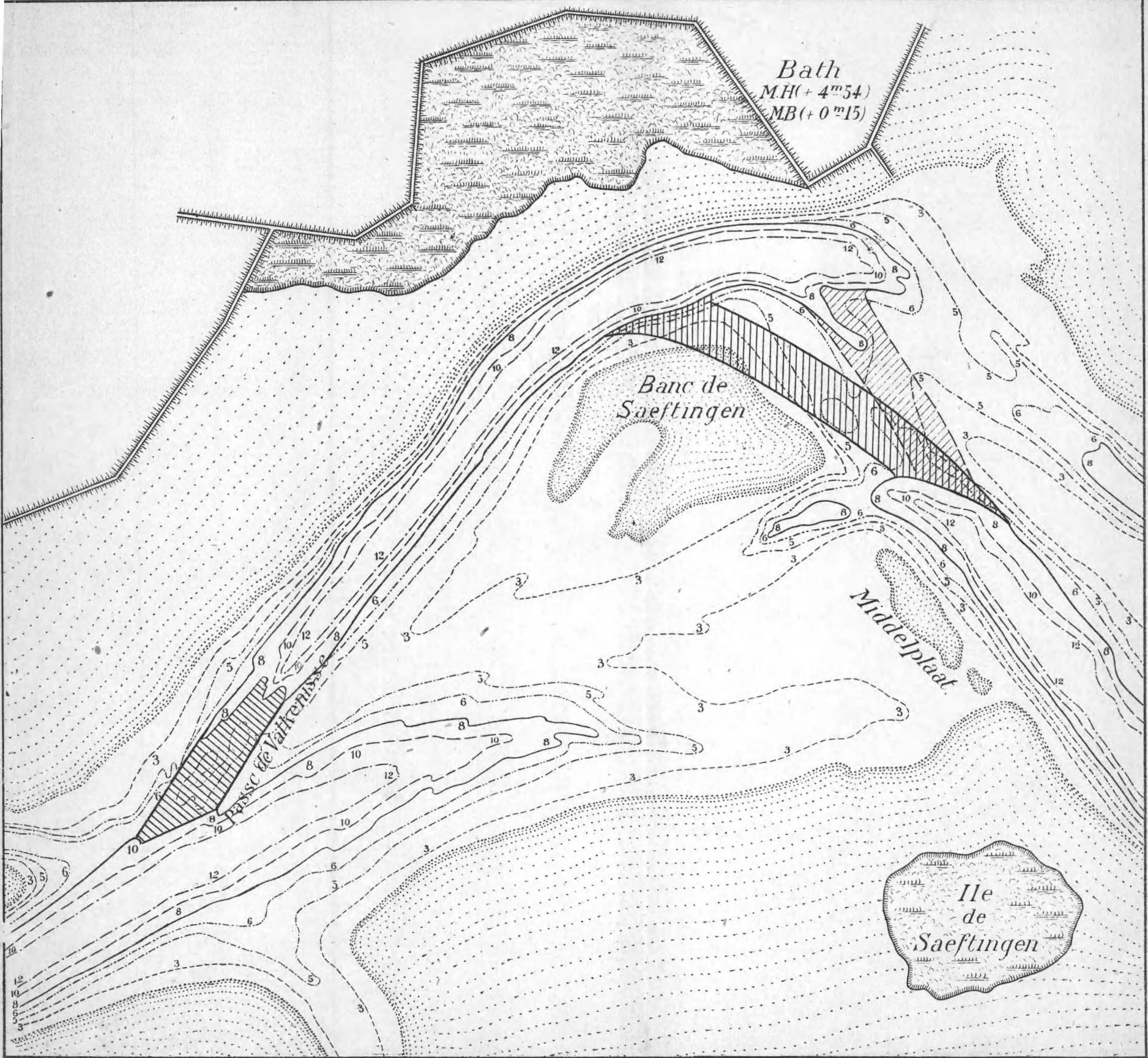


Figure 33

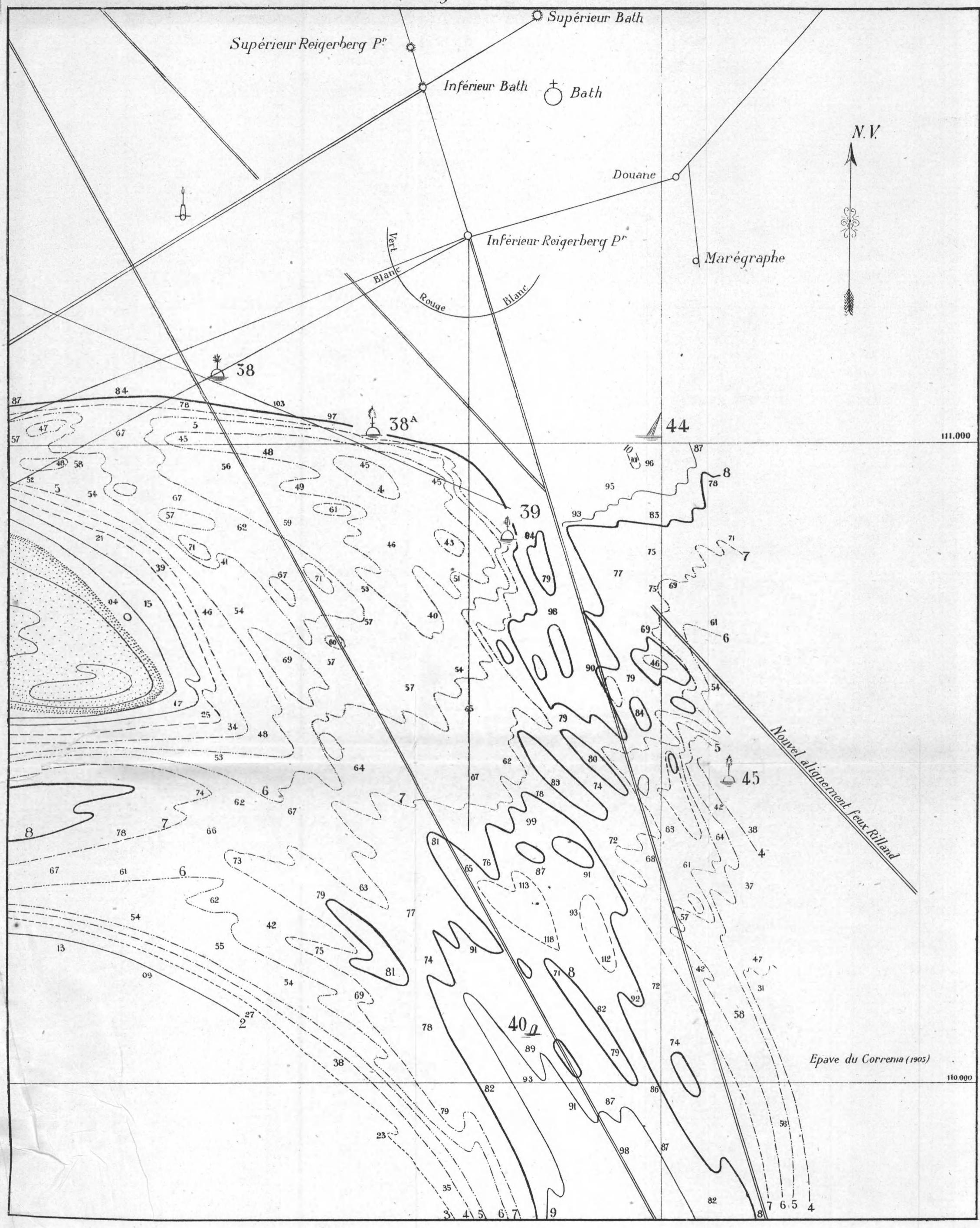


Figure 34

