

CHAPTER 17

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

M. Banal

Directeur-Adjoint des Etudes et Recherches
Electricité de France

INTRODUCTION

Les considérations qui vont être développées résultent des observations, des études, et des lectures que l'auteur a pu faire pendant qu'il était chargé du Service des accès au port de Rouen sur le fleuve Seine au nord-ouest de la France.

Il en résulte que d'une part elles ne valent que pour les estuaires possédant avec celui de la Seine les caractéristiques communes qui seront définies ci-dessous, mais d'autre part qu'on s'est efforcé d'en exclure ce qui est apparu comme trop particulier au cas de la Seine.

Les conditions auxquelles doit satisfaire un estuaire pour qu'on puisse lui appliquer les considérations qui suivent, sont :

- forte marée et faible débit fluvial,
- embouchure embarrassée de bancs découvrants constitués par du sable fin ou très fin (granulométrie voisine de 1/10 de mm).

MECANISME DE LA FORMATION DES BANCs ET DE L'EVOLUTION DES CHENAUX

La topographie d'un estuaire peut être examinée sous les trois aspects suivants :

- niveau moyen général des fonds,
- formation et évolution des chenaux et des bancs,
- largeurs et profondeurs des chenaux utilisables par la navigation.

NIVEAU MOYEN GENERAL DES FONDS.

Si l'on dispose de levés des fonds assez anciens, on constatera en général une remontée progressive des bancs traduisant une accumulation de sable dans l'estuaire.

Cet engraissement séculaire n'est pas un phénomène extraordinaire en soi, car le colmatage des baies paraît être au contraire une règle assez générale d'évolution des côtes, dès lors que les courants ou la houle trouvent des matériaux à mettre en suspension.

Dans le cas des estuaires, ce colmatage ne peut cependant être complet en raison du débit fluvial si faible soit-il.

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

Si l'aspect qualitatif de l'engraissement d'un estuaire n'a donc rien de surprenant, on ne peut prévoir au contraire le taux annuel d'engraissement et la cote d'établissement des dépôts.

Lieu des dépôts - Les matériaux accumulés dans un estuaire sont répartis dans des dépôts de trois sortes (fig. 1) :

- zones ayant atteint la cote des P.M. de vives-eaux moyennes et couvertes en général d'une écorce herbée,
- zones d'évolution des chenaux,
- zones de progression des bancs vers le large.

1°) Bancs herbés : Une extension rapide des bancs herbés est en général la conséquence de constructions d'ouvrages protégeant certains bancs de l'action des courants. Toutefois, les bancs herbés peuvent progresser à partir de l'amont de l'estuaire et s'ils ne sont pas protégés par des digues être attaqués par les courants et disparaître après plusieurs années d'existence. Il faut cependant noter que la reprise des bancs dont le niveau atteint la cote de P.M. de V.E. qui ne peut se faire que par attaque du talus est toujours lente. Ces bancs sont donc relativement stables.

2°) Zone d'évolution des chenaux : C'est dans cette zone que s'observent les fluctuations rapides des chenaux. Si le niveau moyen de cette zone d'évolution des chenaux s'élève progressivement sous l'effet de l'engraissement séculaire, on peut dire qu'il est stable par rapport aux phénomènes se produisant pendant un petit nombre de marées.

Le flot provoque un déplacement de matériaux vers l'amont et le jusant effectue le transport contraire mais sans ramener les matériaux exactement là où ils ont été pris; le déplacement résiduel s'efface sur une période plus longue par suite de la fluctuation des chenaux pour ne laisser comme bilan final que l'engraissement séculaire.

3°) Zone de progression des bancs vers le large : Au large de la zone ci-dessus on observe des bancs (toujours immergés) dont la topographie ne se déforme que lentement.

Ces bancs se développent devant le débouché des chenaux de jusant et se rétractent ailleurs.

En moyenne, on observe une avancée progressive de ces bancs, conséquence de l'engraissement séculaire sauf pendant les périodes où des endiguements sont exécutés à l'amont.

Pendant ces périodes en effet, les bancs s'érodent de manière à fournir les matériaux qui s'accumulent derrière les digues.

Engraissement séculaire - Le taux annuel de l'engraissement de l'estuaire dépend grandement de la zone sur laquelle porte la comparaison.

Si l'on observe seulement la partie amont, l'engraissement est en général très faible sauf pour les années suivant des travaux d'endiguement, pour lesquels il devient considérable.

COASTAL ENGINEERING

Si les cubatures comparatives portent sur tout l'ensemble de l'estuaire jusqu'au large (cote - 10 sous le niveau des BM par exemple), on constate au contraire un taux annuel d'engraissement assez peu variable d'une année à l'autre, qu'on a tendance à considérer comme une constante de la nature.

Avant d'admettre toutefois l'existence d'un taux permanent d'engraissement indépendant de l'action de l'homme, il faut se demander si son extension pendant 1000 ans ou davantage ne soulève pas des contradictions évidentes.

Usure des matériaux dans l'estuaire - Il était presque unanimement admis autrefois que le sable marin était formé par un broyage progressif, par l'agitation de la mer, à l'état de plus en plus fin, des produits de destruction de côtes.

On a plutôt tendance à considérer actuellement que la granulométrie des sables siliceux est celle des cristaux de silice du granit dont ils sont les produits de décomposition.

Par conséquent, aucun broyage des sables siliceux ne pourrait se produire dans l'estuaire et il y aurait une séparation complète entre le sable siliceux et la vase.

Il n'y aurait donc pas lieu de compter sur le broyage des matériaux pour combattre l'engraissement d'un estuaire comme on l'a cru autrefois, et on ne devait attribuer aucun avantage à ce point de vue à l'existence d'une grande surface de bancs mobiles.

FORMATION ET EVOLUTION DES CHENAUX ET DES BANCs - DISSYMETRIE DES ACTIONS DU FLOT ET DU JUSANT.

Le courant de flot se forme alors que le niveau a déjà sensiblement monté et atteint sa valeur maximum pour une cote assez voisine de la pleine-mer. Le jusant au contraire agit surtout au-dessous du niveau de la mi-marée (fig. 2).

L'action du flot consiste donc dans un décapage général de tout l'estuaire se produisant de manière sensiblement égale sur les bancs et les chenaux, suivi d'un dépôt uniforme à l'étale de pleine mer.

Le jusant au contraire n'agit sur les bancs qu'au début et son action se concentre rapidement dans les thalwegs.

Il en résulte deux conséquences :

a) Les matériaux transportés par le jusant arrivent à la limite de l'estuaire par les chenaux et forment des barres d'embouchure aux débouchés de ces chenaux.

Au contraire, l'action de décapage du flot est uniforme sur la lisière aval des bancs.

Les fonds étant en moyenne en équilibre, il en résulte que des bancs se développent au débouché des chenaux et que des fosses se creusent ailleurs.

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT
DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

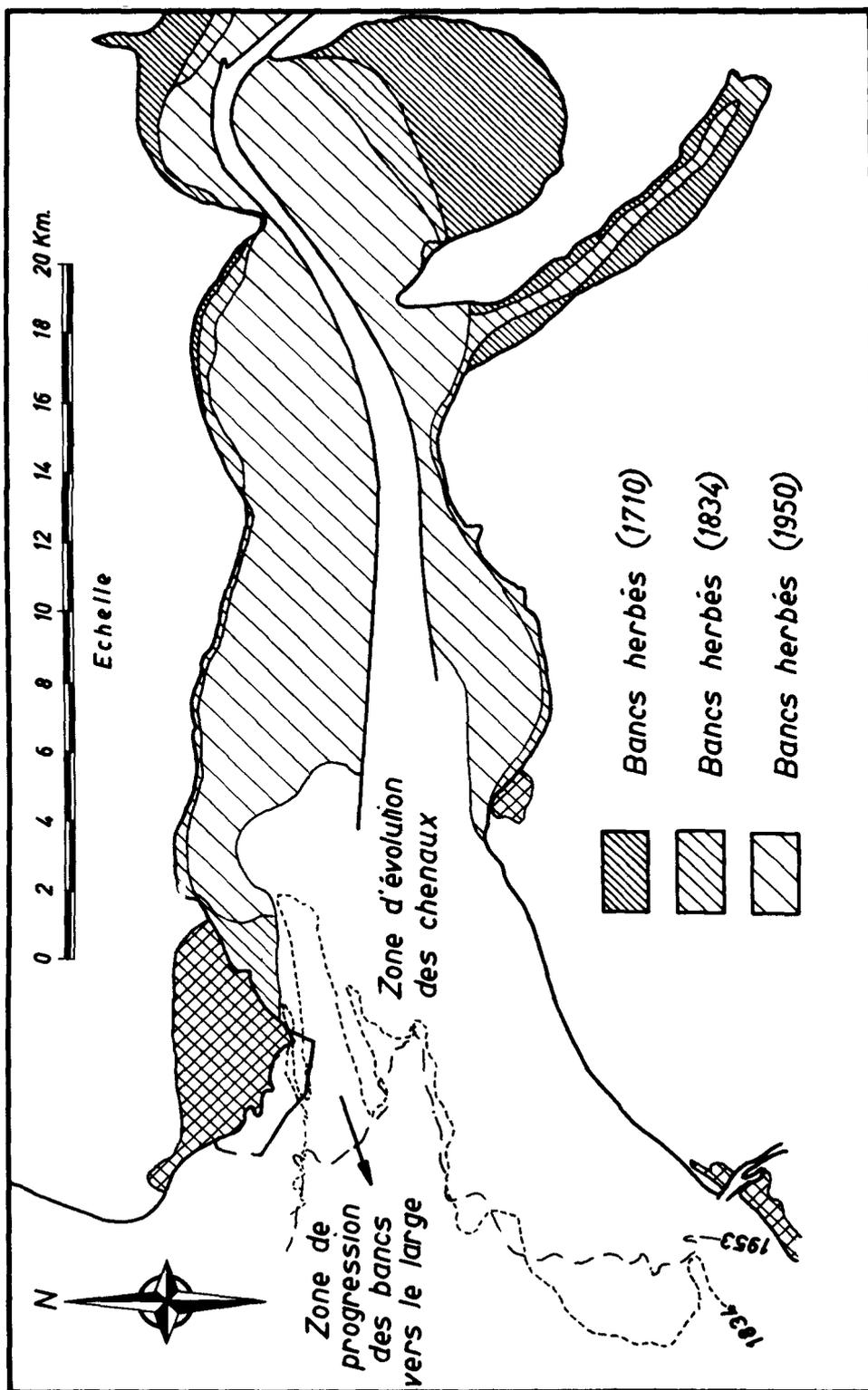


Fig. 1. Estuaire de la Seine: zones de dépôt.

COASTAL ENGINEERING

L'équilibre de l'estuaire ne peut donc être obtenu que par les fluctuations des chenaux qui les font déboucher là où des fosses existaient précédemment.

Si cet effet d'auto-colmatage des chenaux est connu depuis très longtemps il ne semble pas que son importance ait toujours été complètement appréciée. Le cube des matériaux qui se déposent au débouché d'un chenal à partir du moment où il y a une concentration totale du débit de fin de jusant peut être considérable et hors de proportion avec le taux annuel moyen d'engraissement avec lequel il n'a a priori aucune relation.

Nous pensons que certaines fermetures brutales de chenaux imputées autrefois aux conditions atmosphériques n'étaient que le résultat du phénomène d'auto-colmatage.

b) Sauf à la lisière aval des bancs, le modelé des bancs et des chenaux résulte surtout de l'action du jusant.

Les évolutions des chenaux sont donc assez analogues à celles observées sur un fleuve non soumis à la marée et s'écoulant dans le sens du jusant.

On sait depuis Fargue que la disposition du lit d'un fleuve s'écoulant dans un terrain affouillable indéfini en l'absence de tout ouvrage d'endiguement est une suite de méandres.

Les évolutions d'un tel lit sont de deux sortes :

- Evolutions progressives (accroissement de l'amplitude des méandres ou déplacement vers l'aval),
- Evolutions brutales, formation des coupures (lorsque le débouché aval d'un chenal est colmaté).

Toutefois, l'existence ou la fréquence de certaines positions des méandres peuvent être influencées par les courants de flot dont la direction dépend notamment des courants au large et du tracé des berges de l'estuaire.

Il semble bien, par contre, que les tempêtes et les crues n'aient sur le modelé des fonds de l'estuaire qu'une action réduite qu'il ne nous a pas été possible de constater d'une manière certaine.

RESUME DES TENDANCES ESSENTIELLES DE L'ESTUAIRE.

- Engraisement séculaire (formation des bancs herbés, engraisement du niveau général des bancs jusqu'à une certaine note moyenne, extension des bancs vers l'aval).

- Chenaux existant à un instant donné se déformant à la manière du lit d'un fleuve s'écoulant dans le sens du jusant.

- Remblaiement du débouché aval de tout chenal de jusant, le cube de matériaux déposés dépendant du décapage des bancs par le flot et non du taux d'engraissement séculaire de l'ensemble de l'estuaire.

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

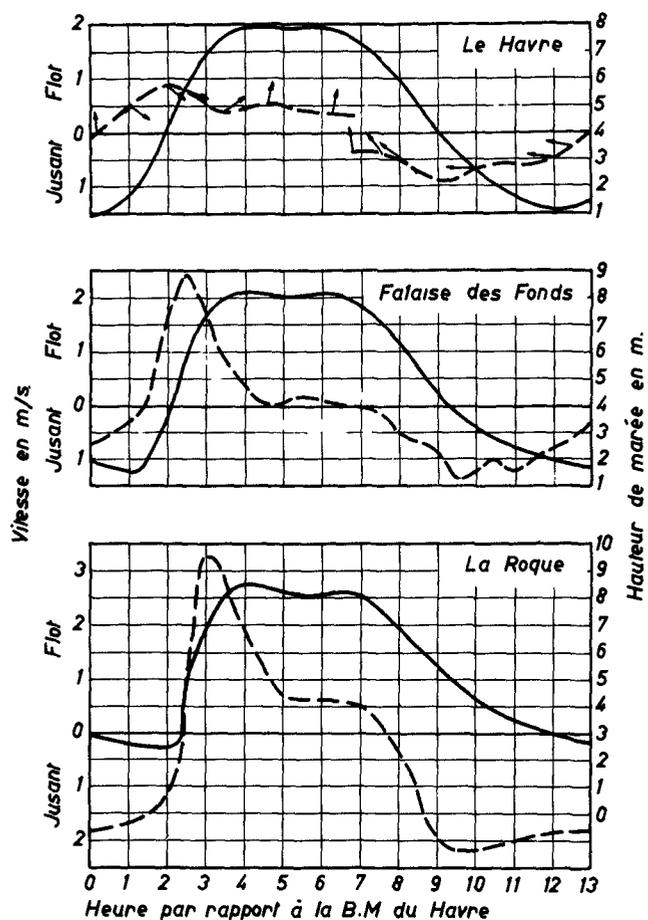


Fig. 2. Estuaire de la Seine: courbes marégraphiques et de vitesse de courant par coefficient 95 au Havre, à la Falaise des Fonds et à la Roque (Rive gauche).
(courbe de marée en trait plein ———, courbe des vitesses en trait interrompu - - - - -).

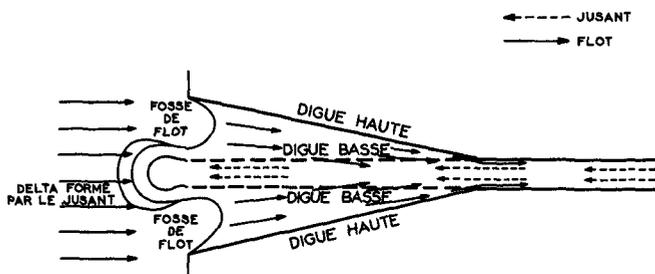


Fig. 3. Schéma des transports de matériaux dans un estuaire en entonnoir à endiguement de lit mineur.

COASTAL ENGINEERING

- Echantures des bancs à l'aval par le flot en dehors des débouchés des chenaux de jusant.

- Périodiquement, soit en raison du développement des méandres, soit en raison du colmatage à l'aval, formation d'un nouveau chenal par ouverture brutale d'une coupure.

HISTORIQUE DES EVOLUTIONS DE L'ESTUAIRE

Les règles élémentaires ci-dessus suffisent à peu près, dans une situation donnée des ouvrages d'endiguement, à expliquer les évolutions à caractère sensiblement périodique constatées dans un estuaire sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir les phénomènes aléatoires comme les tempêtes, les crues et encore moins le pur hasard.

Lorsque ces ouvrages sont modifiés, les évolutions se produisent dans des conditions différentes.

Mais on peut constater pendant et après la construction des nouveaux ouvrages une situation transitoire pendant laquelle l'estuaire présente un aspect "anormal".

Etant donnée la fréquence des interventions, un estuaire peut rarement être considéré comme évoluant librement, et les évolutions des fonds constituant des séquelles des travaux ont souvent masqué les lois réglant les mouvements des chenaux indiqués précédemment.

Il faut préciser également que les évolutions possibles du chenal dépendent de l'état d'engraissement de l'estuaire et des évolutions antérieures.

PROFONDEUR DES CHENAUX. PRINCIPES DE L'AMELIORATION DE L'ESTUAIRE.

Nous étudierons simultanément les conditions qui fixent la profondeur des chenaux et les moyens de l'améliorer.

La profondeur d'un chenal utile à la navigation dépend de sa profondeur moyenne et de son modelé.

Un chenal de faible profondeur moyenne mais auquel une digue à forte courbure donne un profil en travers triangulaire peut être plus favorable à la navigation qu'un chenal de profondeur moyenne supérieure, mais à fond plat.

De même des mouilles très profondes sont sans intérêt si elles sont séparées par des seuils d'inflexion plus élevés.

Les principes d'aménagement indiqués par Fargue et Girardon doivent donc être appliqués au tracé des endiguements. Mais une profondeur satisfaisante du chenal de navigation sera d'autant plus facilement obtenue que la profondeur moyenne du chenal hydraulique et sa largeur seront plus grandes.

Si, d'autre part, on s'astreint à limiter le prolongement des digues vers l'aval, on se trouvera tôt ou tard dans l'obligation d'utiliser un chenal

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

libre pour lequel on ne pourra plus agir que sur les facteurs conditionnant la profondeur moyenne, à l'exclusion de tout effet d'ouvrage sur le courant de jusant.

Or, la profondeur moyenne est liée notamment à la "puissance hydraulique" du fleuve. Cette notion, à laquelle une importance exceptionnelle est attribuée depuis de très nombreuses années, mérite d'être examinée en détail.

SOLIDARITE ENTRE LES DIFFERENTES PARTIES D'UN FLEUVE A MAREE - LOI DE L'ELARGISSEMENT KILOMETRIQUE.

Nous citerons des extraits du mémoire célèbre de Mengin-Lecreux sur la puissance hydraulique des fleuves à marée. (1).

"Les courants qui sont par eux-mêmes des agents de déblaiement, qui creusent et entretiennent des chenaux de navigation sont en même temps les agents de transport des matières qui les encombrent. Ils portent donc en eux-mêmes le mal et le remède, et le résultat utile dépend d'un certain équilibre dont la détermination constitue la difficulté du problème".

"D'autre part, en vertu du mouvement des eaux, toutes les parties d'un fleuve sont solidaires comme celles d'un organisme vivant, aucune d'elles ne peut être modifiée sans une répercussion plus ou moins forte sur toutes les autres, lors donc qu'on étudie une amélioration locale, il est essentiel de rechercher quelle sera, pour le tempérament du fleuve, la conséquence des mesures projetées".

"En vertu du même principe, lorsqu'on veut améliorer un fleuve, il importe de faire concorder entre elles, et autant que possible d'exécuter simultanément toutes les améliorations partielles, de manière que leurs effets se renforcent les uns les autres".

"Nous tiendrons pour acquis qu'on abordera les difficultés de l'embouchure dans des conditions d'autant plus favorables que le débit de marée sera plus considérable.(2) et que l'importance de ce débit doit être proportionnée à celle des difficultés à vaincre, soit qu'elles proviennent du débit solide d'amont, soit qu'elles proviennent du débit solide d'aval, c'est-à-dire des matières venant de la mer, qui se présentent à l'entrée du fleuve, y pénètrent avec le flot, en ressortent avec le jusant et dans cette lutte entre l'introduction et l'expulsion, donnent lieu à un état d'équilibre plus ou moins favorable à la navigation".

Mengin-Lecreux se fixe donc comme but l'aménagement du fleuve dans la partie amont où il est endigué, en vue d'arriver au débit maximum considéré, a priori, comme la condition du succès pour l'aménagement de l'aval.

(1) 1880.

(2) Bien entendu, il ne faut prendre en considération que le débit concentré dans un chenal unique.

COASTAL ENGINEERING

Il remarque que pour obtenir le débit maximum, il faut avoir les plus grandes largeurs possibles avec les profondeurs nécessaires à la fois à la transmission des marées et à la navigation et les plus faibles vitesses compatibles avec l'obtention des profondeurs.

Supposant connues, cette vitesse minimum et la profondeur à obtenir, Mengin-Lecreulx détermine une loi d'élargissement de l'amont vers l'aval qui est de la forme $(1 + \lambda)^x$ (x abscisse en km, λ coefficient d'élargissement kilométrique).

Pour la vitesse de 0,8 m/s admise par Mengin-Lecreulx, il trouve $\lambda = 0,05$ environ, soit un élargissement de 50 % tous les 10 kilomètres.

L'idée qu'en fonds affouillables indéfinis seul un estuaire ayant une certaine loi d'élargissement de l'amont vers l'aval conserve la loi de profondeur désirée nous paraît incontestable, mais la formule donnée par Mengin-Lecreulx reste à démontrer et la loi d'élargissement devrait être fixée par des considérations expérimentales ou théoriques moins sommaires. Cette notion doit en outre être complétée sur différents points que nous allons examiner.

ENDIGUEMENT DU LIT MAJEUR.

La loi d'élargissement kilométrique est établie par Mengin-Lecreulx en considérant seulement le jusant.

Il se borne à donner sur le flot les indications suivantes :

"De plus, puisque le niveau moyen pendant le flot est plus élevé que pendant le jusant, tout accroissement de largeur dans les parties supérieures diminuera la vitesse du flot sans affecter au même degré celle du jusant, il y aura donc bénéfice.

"Il est ainsi très utile à ce point de vue aussi bien qu'à celui de l'augmentation du cube de marée qu'il y ait un lit majeur ou qu'au moins le lit soit plus large à la surface qu'au fond. M. Franzius a fait remarquer qu'au flot le niveau des eaux était convexe et que le lit central se déchargeait dans le lit majeur latéral tandis que pendant le jusant l'inverse se produisait, cette très intéressante observation conduit à la même conclusion".

Mengin-Lecreulx avait parfaitement compris que dans un estuaire comme celui de la Seine, le niveau d'équilibre des chenaux s'approfondissait si l'on réduisait la puissance de transport (et donc la vitesse) du flot par rapport à la puissance de transport du jusant.

Mais, il se trompe lorsqu'il pense pouvoir réduire le débit solide du flot en élargissant le lit majeur.

La vitesse instantanée du flot dans un profil en travers n'est pas conditionnée en effet par un débit déterminé à assurer, mais principalement par la loi locale de variation des hauteurs.

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

En élargissant le lit au-dessus du niveau de basse-mer, on accroît donc le débit instantané du flot sans réduire les vitesses et par conséquent on accroît le débit solide.

Cependant, si les digues du lit majeur sont peu convergentes et sensiblement parallèles aux digues du lit mineur, l'observation de Franzius permet de penser que l'élargissement du lit majeur peut avoir un effet favorable sur la profondeur d'équilibre du chenal.

Mais, si les digues du lit majeur sont très convergentes, un résultat tout à fait contraire est obtenu.

Au lieu de la réduction de la vitesse du flot escomptée par Mengin-Lecreulx, on constate un accroissement très rapide de ces vitesses vers l'amont.

Le cube accumulé à l'amont n'est que très faiblement accru par la surélévation de la cote de P.M. au fond du convergent, mais la durée du flot dans l'estuaire est par contre considérablement réduite.

Les graphiques des vitesses montrent l'extrême brièveté de la pointe de vitesse du flot et la dissymétrie existant dans l'intérieur de l'estuaire entre le flot et le jusant.

Or, cette dissymétrie est directement opposée au but cherché puisqu'un cube liquide donné peut entraîner une charge solide d'autant plus forte qu'il est débité pendant un temps plus court.

Dans plusieurs études anglaises, la dissymétrie du jusant et du flot est considérée comme un véritable critère d'aménagement d'un fleuve à marée qui est d'autant plus satisfaisant que la dissymétrie est plus faible.

Par ailleurs, bien loin de se décharger dans le lit majeur latéral, le lit central reçoit les produits de décapage des bancs de lit majeur comme il apparaît clairement sur la figure 3.

L'idée de compléter un endiguement du lit mineur par des digues hautes beaucoup plus largement évasées, nous paraît donc très fâcheuse.

OBSERVATIONS COMPLEMENTAIRES.

a) Pour une loi donnée de marée, la dissymétrie entre le flot et le jusant est d'autant plus accusée que les profondeurs sont plus faibles. Autrement dit, un estuaire tend à se dégrader d'autant plus rapidement qu'il part d'une situation naturelle plus mauvaise.

b) La dissymétrie naturelle de la marée au large est une condition défavorable qui est probablement une des causes du niveau naturellement élevé des bancs de certains estuaires.

c) Même s'ils ne sont pas limités par des digues très convergentes, les bancs du lit majeur peuvent constituer des dangers pour le chenal s'il n'est pas rectiligne.

COASTAL ENGINEERING

Il n'est pas possible en effet de faire coïncider la direction du courant de flot avec le tracé des digues basses de lit mineur.

Le déversement dans le chenal des matériaux arrachés aux bancs par le flot sera une cause de perturbation dans le chenal.

Il semble donc bien que le maintien d'un très large lit majeur présente de graves inconvénients; il ne s'accommode notamment pas des inflexions. Franzius était partisan de laisser subsister de larges lits majeurs et de faire des endiguements rectilignes, la coïncidence de ces deux idées n'est peut-être pas fortuite.

APPLICATION DE LA LOI D'ÉLARGISSEMENT DE MENGIN-LECREULX - SIMILITUDE.

L'application pratique de la notion d'élargissement progressif vers l'aval paraît devoir être limitée en général à une mise en harmonie des différentes parties d'un fleuve comportant seulement l'exécution de retouches (élargissement ou rétrécissement de certaines parties d'endiguement, en considérant les autres comme acquises, dragages de fonds pas ou peu affouillables (1), etc...).

Compte tenu des incertitudes dans la détermination théorique de la loi d'élargissement, on la choisira en général d'après l'observation de la situation naturelle des fonds.

Le résultat obtenu sera certainement favorable aussi bien dans la partie endiguée qu'à son aval.

Cependant, bien des ingénieurs ayant étudié l'aménagement d'un estuaire ont fait observer qu'au lieu de l'étrangler à l'aval, comme on le fait souvent, il serait bien préférable de lui laisser son débouché naturel et de mettre l'endiguement amont en harmonie avec ce débouché.

Il paraît bien probable en effet que, toutes choses égales d'ailleurs, des estuaires géométriquement semblables en plan (2) présentent des profondeurs d'autant plus grandes qu'ils sont plus larges. Toutefois l'incertitude actuelle sur le résultat quantitatif d'une dilatation transversale d'un estuaire sur toute sa longueur a empêché jusqu'ici d'entreprendre les travaux considérables qu'elle nécessite (3).

(1) L'endiguement doit être conçu de manière que les fonds s'entretiennent naturellement et non pour obtenir l'enlèvement naturel de dépôts anciens qui peuvent être beaucoup moins mobiles que les dépôts se formant à chaque marée, bien que constitués par le même matériau.

(2) Pour pousser ce raisonnement par des considérations de similitude, on se heurte à deux difficultés du fait que le marnage et le débit fluvial ne sont pas modifiés.

(3) Cet élargissement doit être prolongé vers l'amont jusqu'à la limite de pénétration des sables de mer existant après la transformation (qui peut être très en amont de la position de cette limite avant la transformation).

ESSAI D'ANALYSE DES PHENOMENES INTERVENANT DANS LA FORMATION D'UN ESTUAIRE

REDUCTION DE L'AUTO-COLMATAGE.

La concentration des apports de jusant au débouché des chenaux constitue une difficulté supplémentaire à vaincre pour établir des profondeurs satisfaisantes au passage de la barre d'embouchure.

Il est entièrement conforme aux idées de Mengin-Lecreux exposées précédemment que de penser qu'une réduction des apports solides du jusant provoquera un abaissement du niveau moyen du chenal.

Une réduction du débit de jusant dans le chenal pourra même être admissible si elle est la condition d'une réduction relativement plus importante du débit solide.

Enfin, l'efficacité des dragages sera d'autant plus grande que les apports solides du jusant seront plus faibles.

Les considérations qui précèdent, conduisent à ajouter aux principes d'aménagement déjà exposés la réduction des apports du jusant au débouché du chenal par l'un des artifices suivants :

- a) Déviation d'une partie du jusant en dehors du chenal de navigation,
- b) Si l'aménagement comporte un chenal unique de jusant, utilisation de l'effet de courbure d'une digue de soutien du chenal d'où résulte une répartition des dépôts sur un banc de convexité où ils sont repris par le flot.
- c) Approfondissement local de la barre par un ouvrage agissant sur le flot.
- d) Réduction de la turbidité du jusant en supprimant le balayage des bancs par le flot.

CONSEQUENCES DU PRINCIPE D'ACCROISSEMENT DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE SUR LA CONCEPTION DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT.

Nous sommes convaincus que tout ce qui sera fait pour mettre en harmonie les unes avec les autres les différentes parties du chenal endigué aura certainement un effet très favorable sur les conditions de navigation dans ce chenal endigué et sur la profondeur du chenal libre à l'aval des digues.

Nous avons indiqué aussi qu'on pouvait escompter un résultat favorable de l'élargissement d'un estuaire sur toute sa longueur.

Nous ne pensons pas par contre que la considération de la puissance hydraulique puisse imposer une forme ou une autre pour l'endiguement de l'estuaire.

Si les tracés directs nous paraissent a priori préférables aux tracés sinueux, c'est parce qu'ils évitent des inflexions, mais mieux vaut certainement un tracé sinueux stable qu'un tracé direct de l'endiguement du lit majeur que le chenal ne suit pas.

COASTAL ENGINEERING

Par contre, une sinuosité supplémentaire utile à la stabilité ne saurait réduire fâcheusement la puissance hydraulique.

L'aménagement de l'estuaire doit, en définitive, satisfaire aux conditions indiquées précédemment (stabilité et réduction de l'auto-colmatage) et si le souci d'accroître la puissance hydraulique doit faire poursuivre activement les rectifications locales des irrégularités de l'endiguement à l'amont, il ne doit pas faire abandonner un tracé d'endiguement donnant, par ailleurs, les meilleures conditions au débouché aval du chenal.

Nous avons indiqué, d'autre part, que tous les moyens ne sont pas bons pour accroître la puissance hydraulique et que les bancs de lit majeur notamment accroissent relativement plus le cube des matériaux apportés par le flot que le débit du jusant susceptible de les remporter.