

les grands estuaires français

L.A. ROMAÑA

Les habitants du Havre, Nantes ou Bordeaux, quand ils se promènent le long des berges du cours d'eau qui traverse ou longe leur ville, auront remarqué deux phénomènes caractéristiques qui différencient un estuaire de la plupart des cours d'eau : les eaux coulent vers l'amont deux fois par jour ; à certaines périodes, les eaux deviennent extrêmement turbides au point

que, si l'on plonge sa main, elle disparaît à la vue au bout de quelques centimètres. Et ce ne sont pas les crues qui apportent ce limon puisque, si l'on remonte le fleuve de quelques dizaines de kilomètres, on retrouvera facilement des eaux plus claires.

Ces deux phénomènes, en fait liés entre eux, révèlent les caractéristiques fondamentales d'un estuaire macroti-

dal, qui lui confèrent une place à part dans les différentes zones géographiques de notre littoral.

En termes de sémantique, le Petit Robert indique :

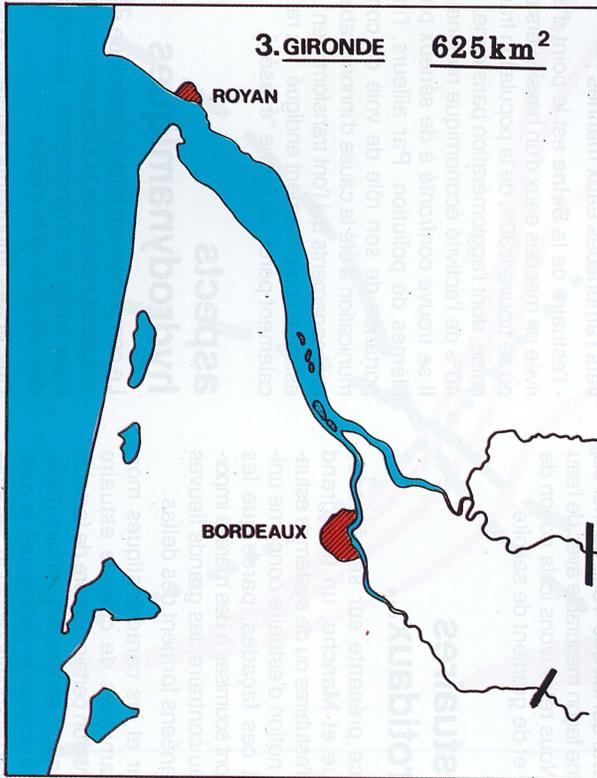
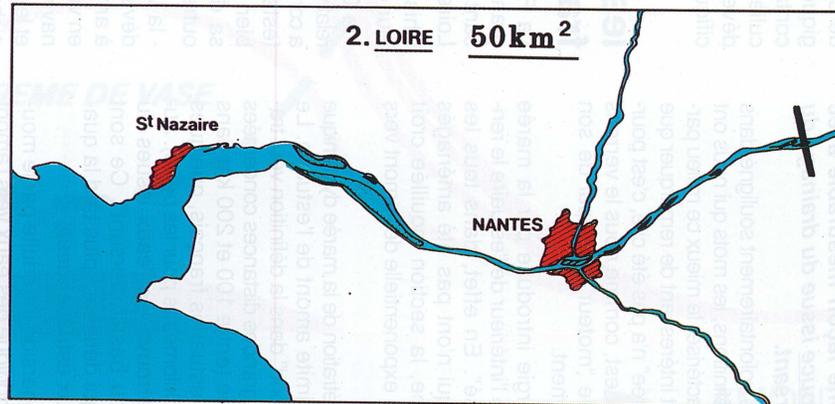
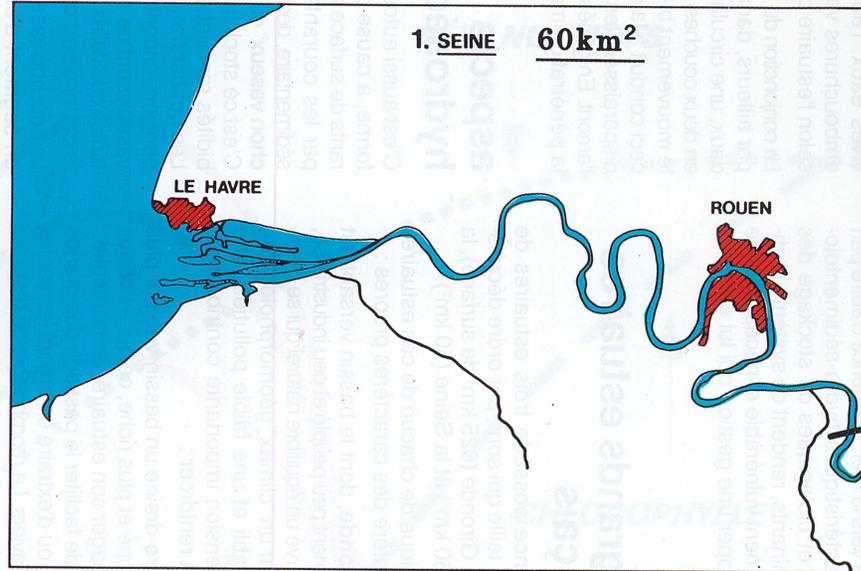
ESTUAIRE n. m. (XV^e, rare avant 1846 ; lat. oestuarium, de oestus "mouvement des flots") Embouchure d'un cours d'eau, dessinant dans le rivage une sorte de golfe évasé et profond.

Pritchard, grand spécialiste des estuaires, donnait en 1967 une définition plus précise basée sur des considérations scientifiques :

Vue de l'estuaire de la Gironde. A droite, on distingue la centrale nucléaire de Braud Saint-Louis (Le Blayais) ; on note que les eaux sont particulièrement turbides.



Les principaux estuaires français



Un estuaire est constitué par une masse d'eau confinée ayant une connexion libre avec la mer ouverte et à l'intérieur duquel l'eau de mer est diluée d'une façon mesurable avec de l'eau douce issue du drainage du bassin versant.

Nous avons volontairement souligné dans ces deux définitions, les mots qui nous ont semblé caractériser le mieux ce milieu particulier. Il est intéressant de remarquer que le mot "marée" n'a pas été cité, c'est pourtant elle qui est, comme nous le verrons plus tard, le "moteur" principal de son fonctionnement.

C'est l'énergie introduite par la marée qui façonne l'intérieur de l'estuaire le rendant "évasé". En effet, dans tous les estuaires qui n'ont pas été aménagés par l'homme, la section mouillée croît d'une façon exponentielle de l'amont vers l'aval.

C'est la pénétration de la marée dynamique qui fixe la limite amont de l'estuaire. Le terme "profond" dans la définition veut traduire ici les grandes distances concernées par la marée (entre 100 et 200 km dans les grands estuaires français, quelques dizaines de kilomètres pour les petits). Au-delà, on retrouve les "eaux issues du drainage du bassin versant". Ce sont ces eaux qui définiront plus tard la qualité des eaux estuariennes.

C'est la dispersion introduite par le mouvement périodique des eaux vers l'amont et vers l'aval qui fait que "l'eau de mer est diluée d'une façon mesurable avec de l'eau douce". Nous retrouvons ici la notion de mélange et de gradient de salinité.

les estuaires macrotidaux...

La France présente sur ses façades Atlantique et Manche, un très grand nombre d'estuaires ou de systèmes estuariens. La notion d'estuaire concerne uniquement ces façades, parce que les côtes y sont soumises à des marées importantes ; au contraire, les grands fleuves méditerranéens forment des deltas.

L'ampleur et les caractéristiques morphodynamiques de chaque estuaire dépendent d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels son bassin versant (taille, qualité hydrologique et géologique), la zone géologique de son implantation, les aménagements effectués (ports, digues, barrages, dragages, entretiens des chenaux), etc. De ce fait, chaque estuaire présente des caractéristiques qui lui sont propres.

A l'interface continent-océan, le milieu estuarien constitue l'aboutissement des

déchets de la plupart des activités anthropiques. La présence, d'une part de ce "goulot d'étranglement" des apports contaminants vers la mer, l'existence d'autre part de caractéristiques hydro-sédimentologiques et biologiques de stockage des contaminants, rendent ce système particulièrement vulnérable et nécessitent de développer une gestion qui lui soit spécifique.

les grands estuaires français

La France possède trois estuaires de grande taille qui sont, par ordre décroissant, la Gironde (625 km² de surface), la Loire (60 km²) et la Seine (50 km²).

L'historique de chacun de ces estuaires leur confère des caractères propres :

- la **Gironde**, dont le bassin versant est relativement peu peuplé et peu industrialisé, a conservé un équilibre naturel qui se manifeste par un "climax" géomorphologique bien établi et une faible pollution, que sa dimension importante contribue, en outre, à renforcer ;

- la **Loire** draine un bassin versant plus développé et plus riche, ce qui a conduit à aménager son estuaire, en particulier, en vue de faciliter le passage des grands navires ou d'extraire en amont les sables et les graviers. La morphologie de l'estuaire a changé, en provoquant une progression vers l'amont des eaux marines ;

- l'estuaire de la **Seine** est le point d'arrivée en mer des eaux d'un bassin versant où se trouvent 30% de la population française, dont l'agglomération parisienne, et 40% de l'activité économique nationale. Il se trouve confronté à de sérieux problèmes de pollution. Par ailleurs, l'importance de son rôle de voie de communication a été la cause d'innombrables aménagements qui l'ont transformé en un estuaire complètement endigué. Il a radicalement perdu sa forme "évasée".

aspects hydrodynamiques

Le comportement hydrodynamique des estuaires résulte de la superposition de deux types de phénomènes : les débits des affluents et la marée.

Des écarts importants peuvent exister entre la crue et l'étiage, particulièrement dans les cours d'eau qui ont été peu aménagés par des barrages.

A la force du fleuve s'oppose ou se conjugue, au cours de la marée, la puissance du flot ou du jusant. Au cours du cycle lunaire (28 jours), l'amplitude de la

marée, caractérisée par son coefficient, varie fortement ; il en résulte une alternance de vives eaux et de mortes eaux. En vives eaux, l'amplitude maximale aux embouchures varie entre 5 et 7 mètres selon l'estuaire considéré.

La conjonction du débit et de la marée induit par ailleurs, dans les estuaires macrotidaux, une circulation résiduelle des eaux en deux couches (en filtrant théoriquement le mouvement bi-journalier de la marée), ceci conduit à la notion de point nodal où disparaissent les courants résiduels vers l'amont. En général, ce point nodal marque la pénétration maximale de la salinité.

aspects hydrosédimentaires

C'est aussi autour du point nodal que se forme, à cause de l'interaction des courants de surface et des frottements induits par les courants sur le fond, un stock sédimentaire, désigné par le terme de "**bouchon vaseux**" ou "**maximum de turbidité**". C'est ce stock qui explique les fortes turbidités rencontrées en milieu estuarien. Les concentrations de matières en suspension rencontrées au sein du bouchon vaseux sont de 100 à 500 fois plus importantes que celles que l'on peut trouver dans le cours d'eau ou en mer.

Le bouchon vaseux ne se déplace que sur un segment d'estuaire. La masse sédimentaire du bouchon varie dans des proportions très importantes selon les trois estuaires étudiés, à savoir :

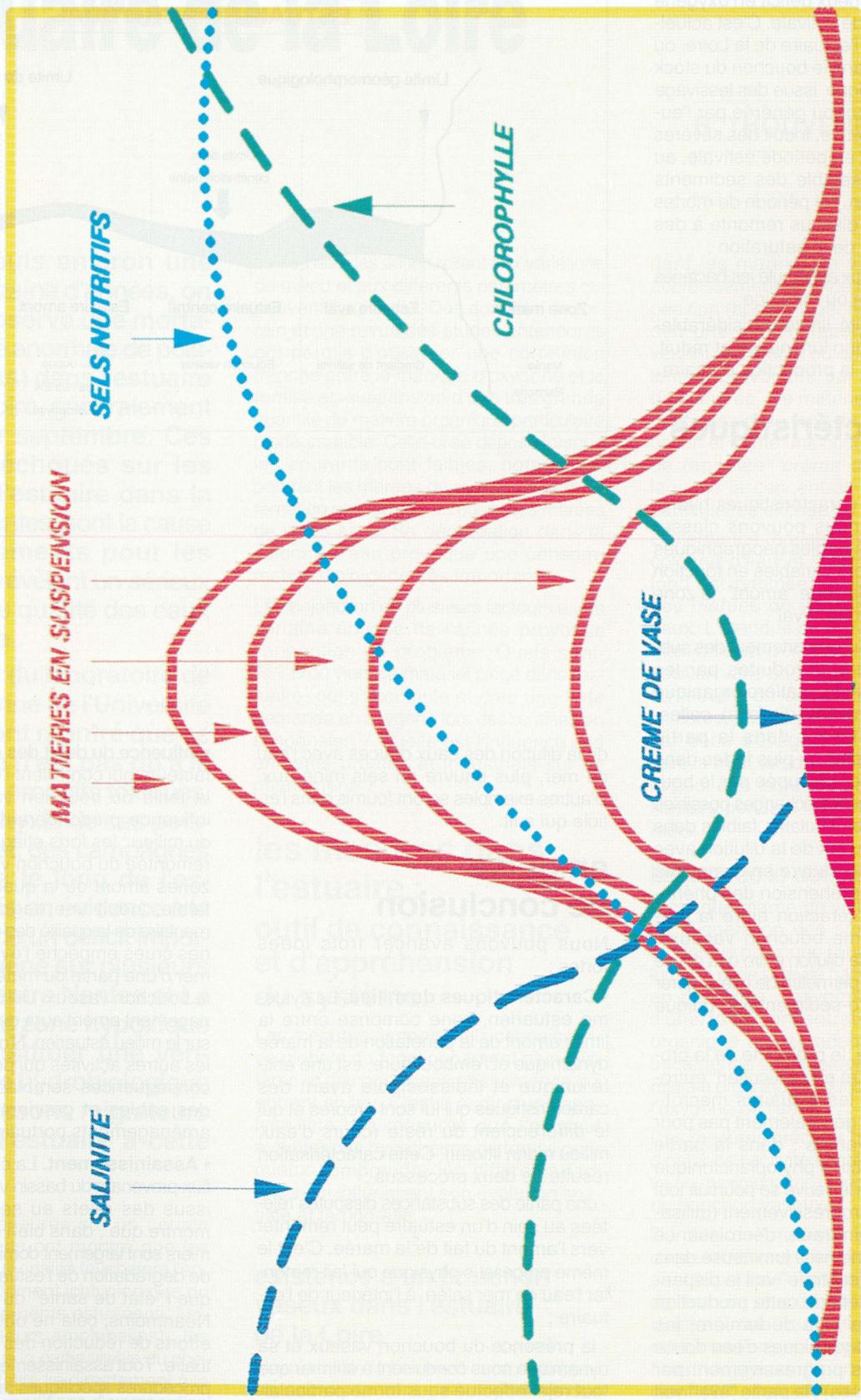
- 20 000 à 400 000 tonnes pour la Seine,
- 800 000 à 1 000 000 tonnes pour la Loire,
- 4 000 000 à 5 000 000 tonnes pour la Gironde.

Chaque bouchon vaseux peut représenter de 1 à 3 ans d'apports de sédiments par le fleuve.

Le bouchon vaseux se déplace d'amont en aval suivant le débit du fleuve et le moment de la marée (flot ou jusant). Quant au stock en suspension, il augmente et diminue en fonction du cycle lunaire de la marée. La partie déposée porte le nom de **crème de vase**, et elle est maximale en période de mortes eaux. Ce stock, où la concentration des sédiments est très forte (jusqu'à 300 g/l dans la crème de vase), joue probablement un rôle fondamental dans une éventuelle dégradation de la qualité du milieu. En effet, parmi d'autres conséquences :

- les micropolluants adsorbés sur les sédiments viennent s'accumuler dans le bouchon vaseux ;
- l'oxydation du stock important de matière organique particulière biodégradable

SYSTEME ESTUARIEN MACROTIDAL



AMONT

AVAL

accumulé dans le bouchon vaseux peut conduire à un sérieux déficit en oxygène dissous en période estivale. C'est actuellement le cas de l'estuaire de la Loire, où l'accumulation dans le bouchon du stock de matière organique issue des lessivage des sols en amont ou générée par l'eutrophisation du fleuve, induit des sévères anoxies de l'eau en période estivale, au moment où l'ensemble des sédiments est en suspension. En période de mortes eaux, l'oxygène dissous remonte à des teneurs proches de la saturation ;

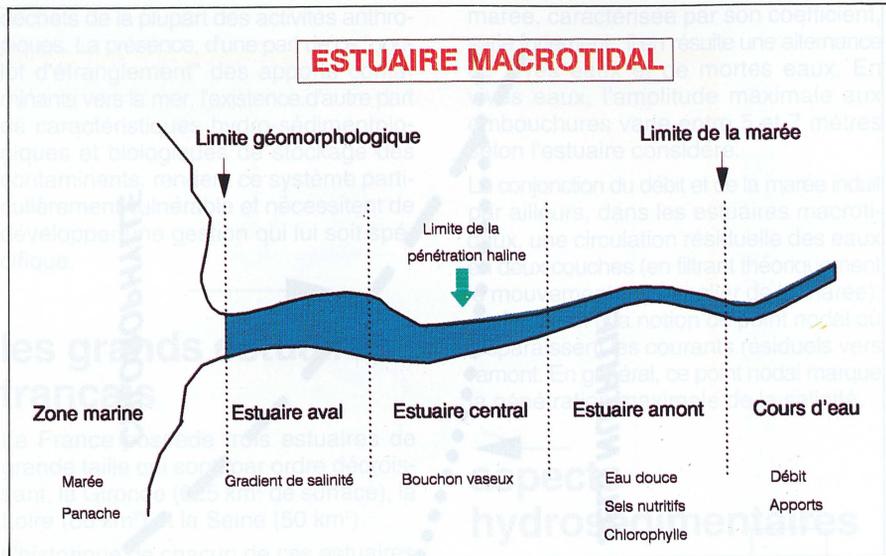
- le bouchon vaseux accumule les bactéries d'origine animale ou humaine ;
- sa forte turbidité limite considérablement la pénétration lumineuse et réduit, par conséquent, la production primaire.

des caractéristiques propres

En fonction des caractéristiques hydro-sédimentaires, nous pouvons classer l'estuaire en trois parties géographiques dont les tailles sont variables en fonction du débit fluvial : la zone "amont", la zone "centrale" et la zone "aval".

Pour ce qui est du comportement des substances dissoutes introduites par les fleuves (sels nutritifs, matière organique dissoute, contaminants dissous), celles-ci restent constantes dans la partie "amont", plus faibles ou plus fortes dans la partie "centrale" (occupée par le bouchon vaseux) selon les échanges possibles avec le matériel particulaire, faibles dans la partie "aval" du fait de la dilution avec l'eau de mer, plus pauvre en composés dissous. La compréhension des phénomènes liés à l'interaction entre la présence du système bouchon vaseux - crème de vase et la dilution entre eau douce et eau de mer, va permettre de mieux gérer ce système hydro-sédimentaire, unique sur le littoral.

A titre d'exemple, le problème de la production primaire et en particulier l'"eutrophisation" dans les estuaires macrotidaux ne se pose généralement pas pour les raisons suivantes : dans la partie "amont" la production phytoplanctonique qui avait lieu dans le fleuve se poursuit tout en décroissant progressivement (utilisation des sels minéraux, décroissance progressive de l'intensité lumineuse dans l'eau) ; la partie "centrale" voit la disparition quasi complète de cette production primaire (il n'y a plus de lumière, les espèces phytoplanctoniques d'eau douce sont remplacées progressivement par les espèces marines) ; la partie "aval" voit redémarrer une production primaire, moins forte du fait de la disparition progressive des sels nutritifs conséquence



de la dilution des eaux douces avec l'eau de mer, plus pauvre en sels minéraux. D'autres exemples seront fournis dans l'article qui suit.

en guise de conclusion

Nous pouvons avancer trois idées fortes :

• **Caractéristiques du milieu.** Le système estuarien, zone comprise entre la limite amont de la pénétration de la marée dynamique et l'embouchure, est une entité unique et indissociable ayant des caractéristiques qui lui sont propres et qui le différencient du reste (cours d'eau, milieu marin littoral). Cette caractérisation résulte de deux processus :

- une partie des substances dissoutes rejetées au sein d'un estuaire peut remonter vers l'amont du fait de la marée. C'est le même processus physique qui fait remonter l'eau de mer salée à l'intérieur de l'estuaire ;
- la présence du bouchon vaseux et sa dynamique nous conduisent à affirmer que tout rejet effectué sous forme particulière vient se stocker dans son sein et, probablement, quel que soit l'emplacement du rejet.

• **Influence du débit des cours d'eau.** Les facteurs qui contrôlent l'emplacement et la taille du bouchon vaseux, ont une influence prépondérante sur la qualité du milieu : les forts étiages permettent la remontée du bouchon vaseux dans des zones amont où la quantité d'eau, plus faible, induit une dégradation supplémentaire de la qualité des eaux... L'écrêtage des crues empêche l'évacuation vers la mer d'une partie du matériel stocké dans le bouchon vaseux. De ce fait, tout aménagement amont aura des conséquences sur le milieu estuarien. N'oublions pas aussi les autres activités qui peuvent avoir des conséquences semblables : extraction des sables et graviers, endiguement, aménagements portuaires.

• **Assainissement.** La comparaison des flux provenant du bassin versant avec ceux issus des rejets au sein de l'estuaire montre que, dans bien des cas les premiers sont largement dominants et que l'état de dégradation de l'estuaire n'est souvent que l'"état de santé" du bassin versant. Néanmoins, cela ne doit pas freiner les efforts de réduction des rejets dans l'estuaire. Tout assainissement doit suivre des procédures spécifiques au système estuarien en tenant compte des caractéristiques qui lui sont propres du point de vue de son fonctionnement.