



Les mouvements

Les recouvrements et découverts latéraux

Les surfaces marnantes

Les surfaces marnantes

Résumé

Les surfaces marnantes de l'estuaire équivalent aux estrans littoraux, recouvertes et découvertes par les eaux suivant le coefficient de marée. Leur rôle dans le fonctionnement hydraulique, écologique et sédimentaire de l'estuaire est fondamental.

La superficie totale des surfaces marnantes, de Saint-Nazaire à Bellevue, après une longue période de régression liée à l'aménagement de l'estuaire, semble stabilisée depuis 1982 autour de 2330 ha. La partie aval de l'estuaire est de loin la plus riche : 80% en aval de Cordemais dont les deux tiers entre Saint-Nazaire et Paimboeuf, notamment grâce à la présence des vasières du secteur de Bilho dont la surface soumise à marée oscille de 340 à 1230 ha suivant les coefficients.

Une attention particulière est portée à l'évolution de ce secteur sur les moyen et court termes. Depuis la création de l'île en 1980, la surface émergente en grandes vives eaux a diminué de 90 ha : la quasi disparition du banc des Brillantes en amont n'est pas compensée par la sédimentation en aval. Sur le court terme, de 1994 à 2002, l'érosion l'emporte sur le dépôt en superficie alors qu'en volume, le bilan – partiel – semble équilibré.



Objectif définition

Deux fois par jour, l'intrusion de la marée dans l'estuaire se traduit par le recouvrement puis le découverture d'une partie des rives. Zones de contact du fleuve et du continent, **les surfaces ainsi en eau puis hors d'eau sont dites intertidales ou marnantes**. Leur extension est fonction :

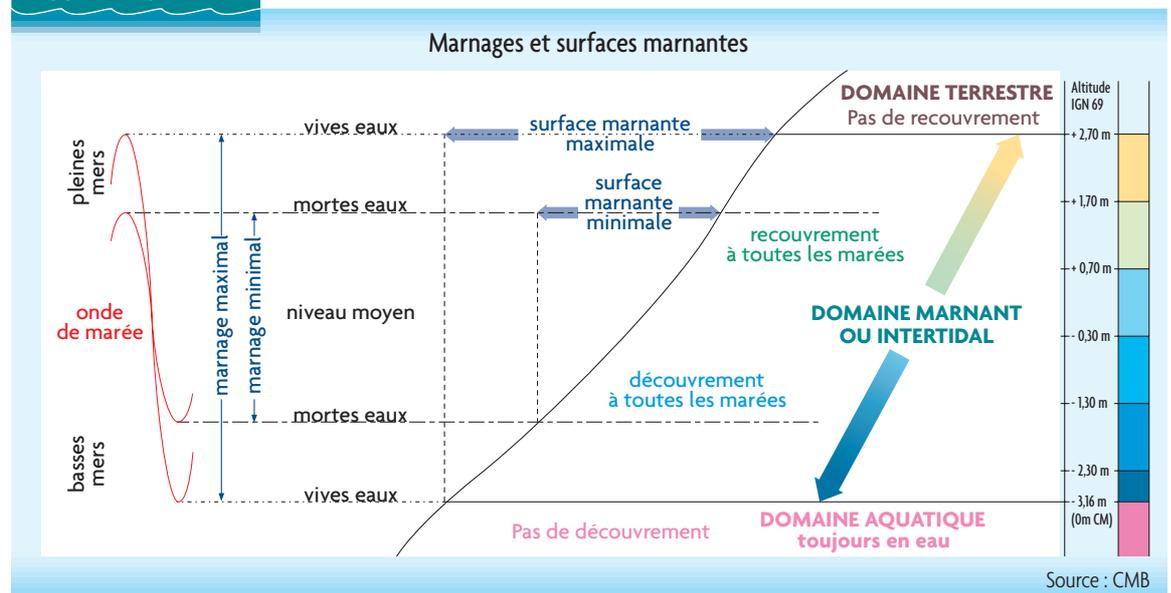
- **du marnage**, c'est-à-dire la différence de niveaux entre la pleine mer et la basse mer suivante ; plus le marnage est élevé, plus les surfaces marnantes sont étendues. L'extension maximale est comprise entre 0m Cartes Marines (-3,16m IGN69), niveau de la plus basse mer théorique, et 5,90m CM (+2,70m IGN69), niveau au-delà

duquel la pleine mer est considérée comme débordante sur le domaine terrestre ;

- **de la pente des rives** ; plus elle est faible, plus les surfaces marnantes sont étendues. Le calcul des superficies présentées dans cette fiche ne rend compte que de manière inexacte de leur extension réelle puisqu'il s'agit d'une projection verticale sur un plan horizontal. Cependant, cette imprécision est à relativiser car les faibles pentes des estrans n'induisent pas de distorsions significatives.

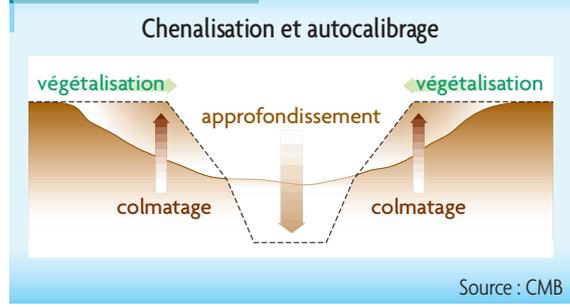
Les surfaces marnantes interviennent dans le fonctionnement de l'estuaire à trois niveaux, d'où l'intérêt de leur suivi :

FIGURE L1 D3-1



- Au niveau mécanique : **elles opposent aux eaux de la marée des frottements** liés à leur extension et à leur « rugosité », et contribuent de ce fait à atténuer les courants le long des rives et à épuiser l'énergie de l'onde de marée durant sa progression.
- Au niveau écologique : **ce sont des zones de production de matière vivante** (le benthos) ; la distribution des espèces, depuis le domaine terrestre, recouvert qu'exceptionnellement par la marée, jusqu'au domaine aquatique, toujours en eau, est en grande partie fonction de la fréquence des recouvrements-découvrements.
- Au niveau sédimentaire : **les surfaces marnantes sont des pièges à sédiments** témoignant sur le long terme du colmatage de l'estuaire dû à l'exhaussement du niveau marin. Cependant, à l'échelle de l'année, ces surfaces participent au bilan sédimentaire de l'estuaire : engraissement au printemps et en été à partir des sédiments fins du système crème de vase/bouchon vaseux, et érosion hivernale de tout ou partie de ces dépôts. Ainsi, les surfaces soumises à marée sont **des zones de stockage temporaire** de sédiments – et des polluants adsorbés à la

FIGURE L1 D3-2

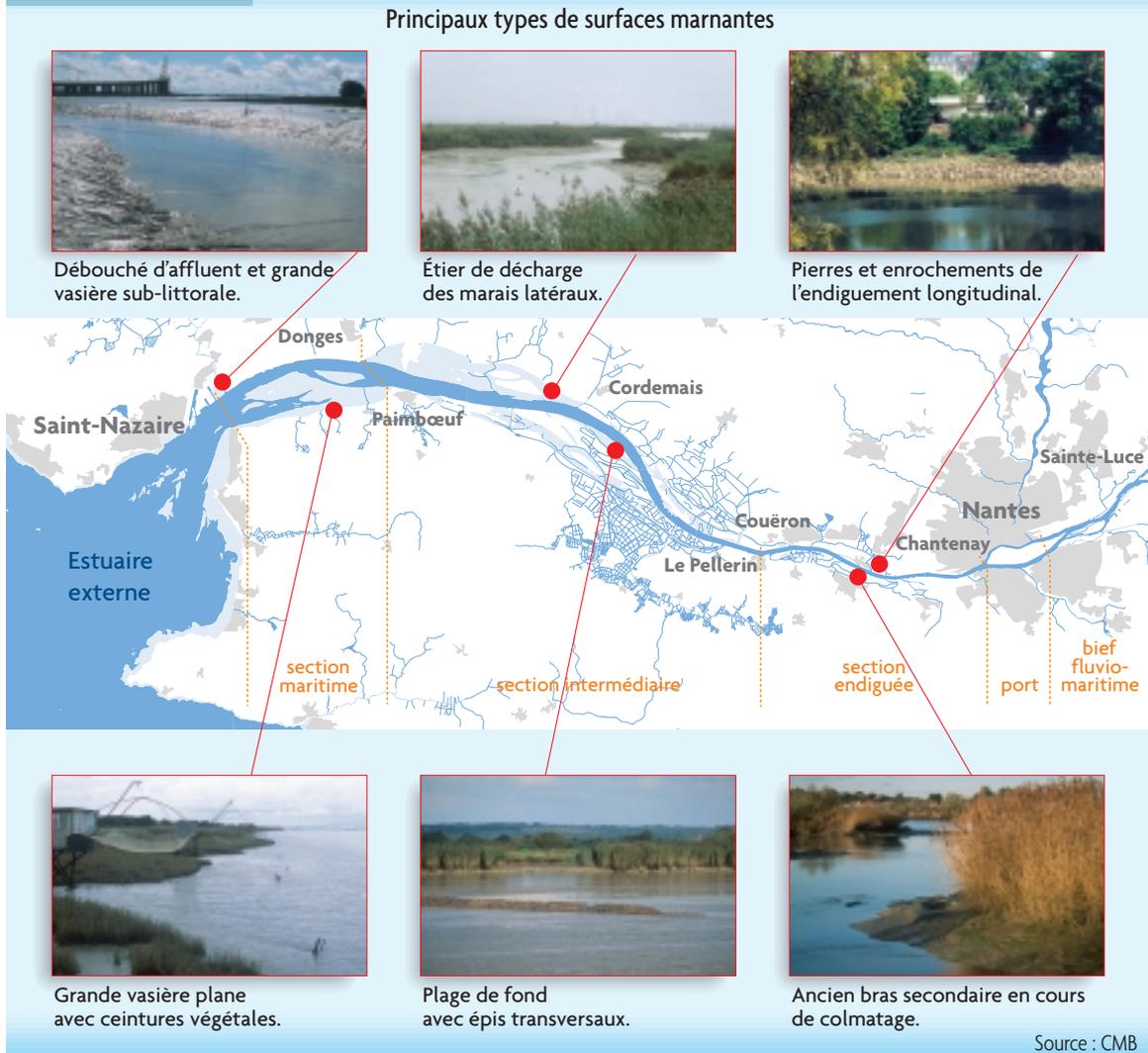


surface des particules minérales - dont la granulométrie est fonction des courants.

Le colmatage naturel de l'estuaire a été considérablement accéléré du fait de l'aménagement industrialoportuaire, soit par la soustraction directe de surfaces marnantes (remblai des zones industrielles), soit par la chenalisation qui favorise les dépôts sur les zones latérales.

Équivalentes aux estrans littoraux, les surfaces marnantes dans l'estuaire sont de différents types selon leur localisation et leur position par rapport au fleuve.

CARTE L1 D3-1



L'objectif de l'indicateur est de **suivre l'évolution topographique des surfaces marnantes**, éléments constitutifs essentiels de la géométrie de l'estuaire, à deux échelles :

- de Saint-Nazaire à Bellevue, sur 57 km : constitution générale et répartition géographique des surfaces soumises au marnage ; ces surfaces n'étant pas connues en amont du pont de Bellevue les résultats ne sont pas complets sur l'ensemble du bief fluvio-maritime ;
- sur le secteur de Bilho : cartographie des surfaces marnantes suivant les courbes de niveau, quantification des surfaces couvertes et découvertes

selon les coefficients de marée et fréquence de submersion pour l'année 2002. Son évolution est analysée sur le moyen terme depuis la création de l'île de Bilho et un bilan est tenté depuis 1994.

L'attention particulière portée au secteur de Bilho, déjà inscrite dans la modélisation prospective de la Loire estuarienne en 1995, est due à la nécessité de son maintien en tant que surface marnante, principal site d'alimentation des oiseaux et des poissons. La conservation de cette fonction, fondamentale dans le fonctionnement écologique de l'estuaire, est l'objet d'une des mesures compensatoires à la création de la zone industrielle de Donges-Est.

Interprétation

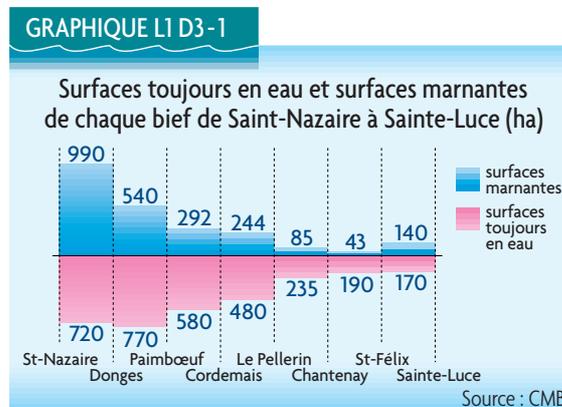
Le poids de l'aval

La superficie totale de l'estuaire, du pont de Saint-Nazaire au pont de Bellevue (Sainte-Luce), est de 55 km² dont 31,5 km² (57%) sont toujours en eau quel que soit le coefficient de marée, et 23,5 km² (43%) sont soumis au marnage.

En reprenant le mode de calcul usité avant le changement de niveau de référence (abaissement du 0 CM de 0,40m le 1^{er} janvier 1996), les surfaces marnantes auraient peu varié depuis une vingtaine d'années, de Saint-Nazaire à Nantes Saint-Félix :

1957	1982	2002
30 km ²	21,5 km ²	22 km ²

Il semblerait donc que la régression considérable de ces surfaces (plus de la moitié de celles présentes en 1881, soit 47 km², auront disparu un siècle plus tard) fût enrayée en Loire, les pertes de la vasière de Montoir et des bras de Lavau et du Carnet ayant été compensées par les gains sur la rive sud entre Paimbœuf et Mindin et sur la rive nord entre Cordemais et Donges, en superficie. Dans l'estuaire de la Seine, les surfaces soumises



au marnage, gagnées par les herbues, diminueraient encore après être passées de 57 km² en 1952 à seulement 28 en 1980 (pas de données chiffrées plus récentes).

Le bief le plus aval, de Saint-Nazaire à Donges, a une particularité : c'est le seul où les surfaces marnantes sont supérieures à la surface toujours en eau (990 ha contre 720).

TABLEAU L1 D3-1

Répartition des surfaces marnantes par bief entre Saint-Nazaire et Sainte-Luce

Altitude (IGN69)	Saint-Nazaire	Donges	Paimbœuf	Cordemais	Le Pellerin	Chantenay	Saint-Félix	Sainte-Luce
	2,70m	37,7 ha	63,9 ha	83,2 ha	25,2 ha	11,9 ha	4,3 ha	9,1 ha
1,70m	199,3 ha	136,5 ha	44,7 ha	28,9 ha	17,6 ha	6,7 ha	21,2 ha	
0,70m	116,9 ha	89,8 ha	47,5 ha	38,5 ha	21 ha	7,8 ha	53,0 ha	
-0,30m	160,0 ha	63,6 ha	35,2 ha	48,5 ha	14 ha	8,1 ha	26,7 ha	
-1,30m	219,6 ha	103,5 ha	41,4 ha	54,2 ha	10,6 ha	8,6 ha	14,2 ha	
-2,30m	256,5 ha	81,5 ha	39,7 ha	48,3 ha	9,5 ha	7,5 ha	15,9 ha	
-3,16m (0m CM)								
Total	990 ha	538,8 ha	291,7 ha	243,6 ha	84,6 ha	43 ha	140,1 ha	
	42,5 %	23,1 %	12,5 %	10,4 %	3,6 %	1,8 %	6,0 %	

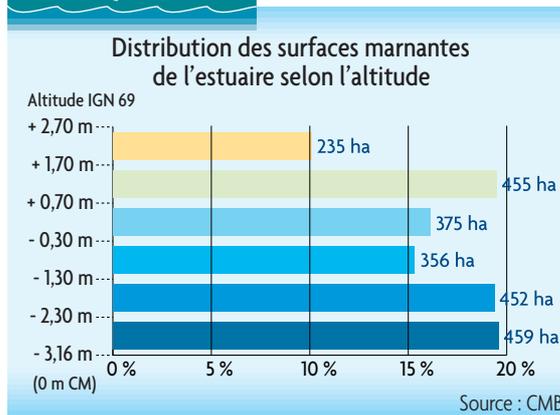
Source : CMB

Ce rapport s'inverse vers l'amont en fonction de l'éloignement de la mer et de l'aménagement du fleuve : les surfaces marnantes sont de moins en moins importantes pour atteindre un minimum, propre à la section endiguée, dans le port de Nantes où elles ne représentent plus que le quart de la surface du fleuve à basse mer.

La partie aval de l'estuaire recèle de loin la plus grande part de surfaces marnantes comprises dans le périmètre étudié. Sur les 2330 ha de superficie totale, 1820 (78%) se trouvent en aval de Cordemais y compris 1530 (66%) entre Paimbœuf et Saint-Nazaire.

Rapportée à la longueur des biefs, la distribution des surfaces soumises au marnage renforce le poids de la partie aval de l'estuaire. Alors qu'il y a 127 ha de surfaces marnantes par kilomètre de fleuve entre Saint-Nazaire et Paimbœuf, ce chiffre chute brutalement vers l'amont pour n'atteindre que 4,8 ha/km entre Chantenay et Saint-Félix (à peine en moyenne 25m de part et d'autre du fleuve à marée basse).

GRAPHIQUE L1 D3-2



Par rapport à l'altitude, aucune classe ne prédomine.

La surface la moins étendue (10%) est celle dont l'altitude est la plus élevée ; colonisée par les végétaux, elle subit des submersions moins fréquentes.

FIGURE L1 D3-3

Limite inférieure de la végétation des rives de l'estuaire



Sources : orthophotoplans 2002 SMN/CMB

La superposition des orthophotoplans et du modèle numérique de terrain a permis de déterminer que **la limite inférieure de la végétation sur les rives de l'estuaire tant à l'aval qu'à l'amont coïncide avec la courbe de niveau 1,70m IGN69 (4,90m CM)**, c'est-à-dire

avec le niveau atteint par la pleine mer d'une marée de mortes eaux (coeff. 52), soit près de quatre marées sur cinq en 2002. Des circonstances locales comme des éboulements et des érosions de rives modifient sporadiquement ce schéma général.

Bilho en détails

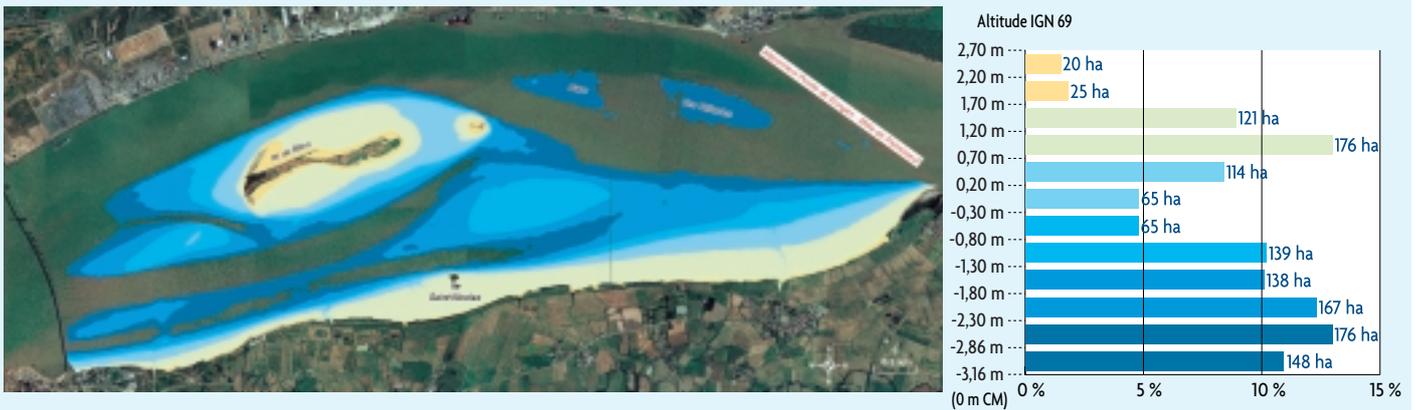
L'importance considérable des surfaces marnantes en aval de Paimbœuf justifie, quantitativement et qualitativement, une analyse détaillée de leurs répartition et distribution, et de leurs conditions de submersion tant par des marées remarquables de référence que pour toutes les conditions.

Sur les 2533 ha de surface estuarienne comprise entre le pont de Saint-Nazaire et la ligne joignant le môle de Paimbœuf à la pointe de Donges, 1179 ha (47%) sont toujours en eau et 1354 (53%) sont soumis au marnage.

La surface toujours en eau correspond au chenal du nord le long de la digue de concavité de Montoir, à un bras traversier entre l'île de Bilho et les hauts-fonds des Brillantes, et de plusieurs chenaux au sud de Bilho dont la forme en digitation est caractéristique des chenaux de jusant, relique de l'ancienne fosse de Mindin.

Les surfaces marnantes se présentent sous forme d'auréoles concentriques autour de l'île de Bilho, et de franges parallèles le long du littoral méridional de Mindin à Paimbœuf. Ces deux ensembles sont

Répartition des surfaces marnantes du secteur de Bilho et superficies relatives suivant l'altitude, en 2002



Sources : orthophotoplans 2002 SMN/CMB

raccordés par un « seuil » qui émerge à toute marée de coefficient supérieur à 95 (basse mer à -2,30m).

Le découpage des surfaces marnantes en tranches de 0,50m d'épaisseur montre une distribution des superficies en deux domaines séparés par une zone de transition, peu étendue, comprise entre -0,80m (basse mer de coefficient d'environ 40) et 0,20m, niveau proche de la mi-marée :

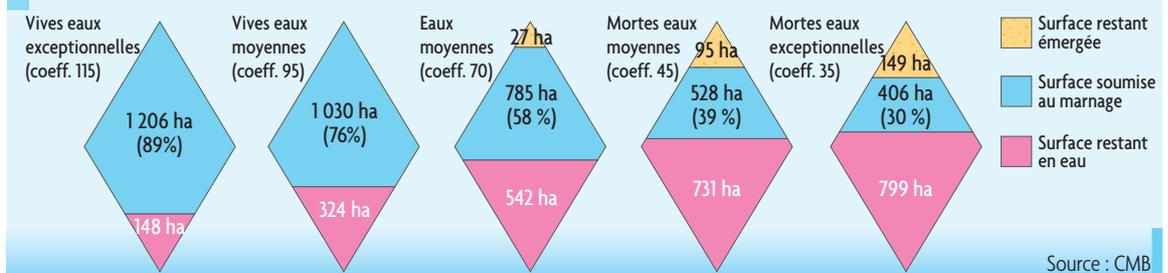
- **Le domaine des basses mers** sur 832 ha (61% de la surface marnante totale) caractérisé par une distribution relativement homogène de toutes les

surfaces comprises entre -3,16 et -0,80m ;

- **Le domaine des plaines mers** couvrant 522 ha (39%), marqué par l'importance de la surface comprise entre 0,70 et 1,20m, et l'extrême faiblesse des surfaces supérieures à 1,70m. Ce dernier caractère induit que les variations des découverts soient plus prononcées que celles des recouvrements. Ainsi, la différence de surface couverte par une marée de vives eaux (coeff. 95) et une marée de mortes eaux (coeff. 45) qui n'est que de 7% de la surface totale à pleine mer, atteint 28% en basse mer.

GRAPHIQUE L1 D3-3

Découpage des 1 354 ha de Bilho lors des marées de référence en 2002

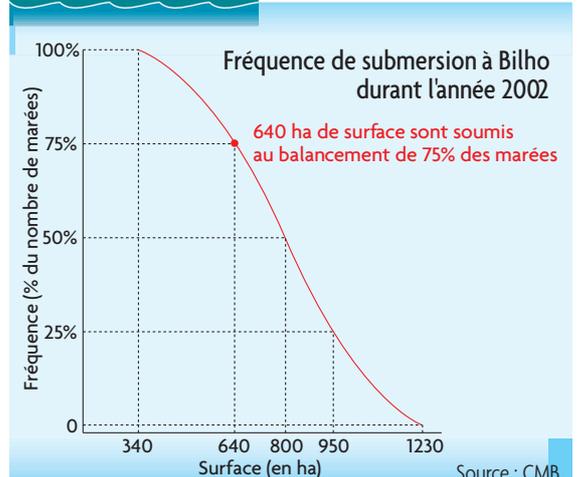


Source : CMB

Les surfaces les plus élevées ne sont bien développées qu'autour de Bilho ; en rive Sud, elles se réduisent à un fin liseré colonisé par la végétation (scirpes et joncs) et limité à sa partie supérieure par une microfalaise naturelle surmontée par les marées de coefficient supérieur à 93. Dans ce cas, les eaux se répandent jusqu'à la digue de renclôturage des prairies sur 18 ha.

Pendant l'année 2002, la surface marnante minimale fut de 340 ha lors de la marée de mortes eaux du 1er octobre (coeff. 30) et la plus étendue de 1230 ha lors de la marée de vives eaux du 30 mars (coeff. 118). Près des deux tiers des surfaces marnantes furent recouverts et découverts pendant la moitié des 705 marées de l'année.

GRAPHIQUE L1 D3-4



Source : CMB

Bilho : tentative de bilan 1994-2002

L'île de Bilho a été créée entre novembre 1979 et février 1981 par déversement, sur un banc de sable émergeant d'environ 2m lors des grandes marées, de 7 à 8 Mm³ de sédiments issus des dragages d'établissement du chenal de grande navigation d'accès à Donges. La forme prévue,

rectangle convexe de 3 km de long sur 0,4 de large et 5,5m de haut, s'est très vite dégradée du fait de la composition hétérogène du dépôt soumis aux courants et aux clapots : vases reprises par les eaux et dispersées sur les vasières ou expulsées en mer, sables étalés en aval et érodés.

CARTE LI D3-3

Évolution des formations sédimentaires de 1977 à 2002

- En surface émergente par basse mer de coeff. 110

1977 : 1 306 hectares



1987 : 1 281 hectares



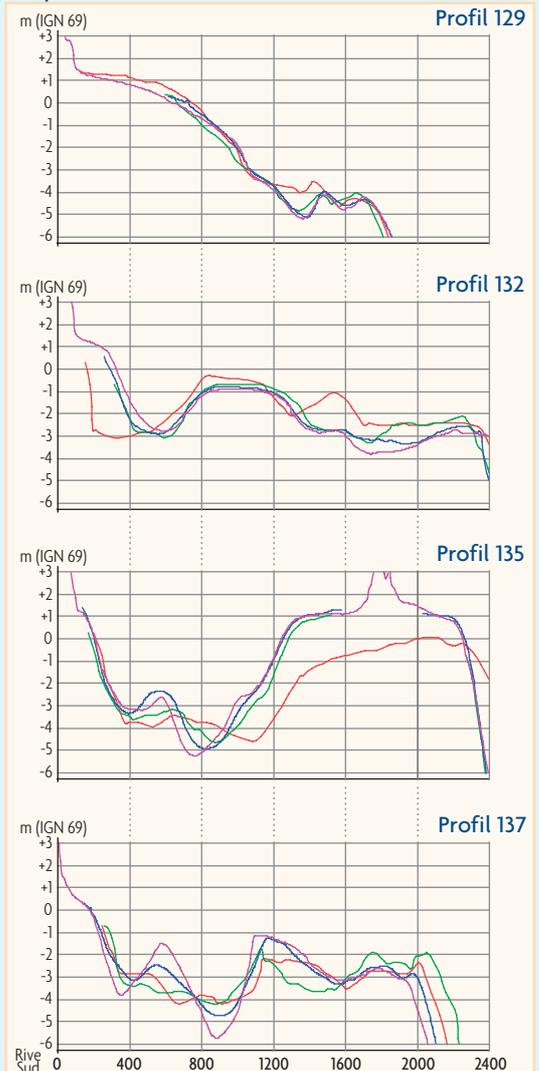
1994 : 1 233 hectares



2002 : 1 215 hectares



- En profil : 1977, 1987, 1994, 2002



Sources : orthophotoplans 2002 SMN/CMB/PANSN, service hydrographie

Entre 1977 et 2002, l'ensemble des surfaces émergentes, y compris les îles, lors d'une marée basse de coefficient 110 (-2,76m) a perdu de manière continue environ 90 ha, soit 7%. Cette évolution est inégalement répartie puisque sont à noter :

- **La disparition quasi totale du Banc des Brillantes** qui n'émerge plus qu'en quelques lambeaux, suite à son démantèlement par le courant traversier Paimbœuf – Montoir ;
- **L'extension des bancs en amont du pont**, notamment au détriment de l'ancien chenal de Mindin,

de plus en plus étroit, et formé de deux digitations séparées par une dorsale discontinue ; la digitation Sud est en cours de colmatage dans sa partie amont de la Pointe de l'Imperlay, tandis que la digitation Nord s'approfondit, s'incurve le long de la rive de Bilho et tend à se prolonger vers l'amont ;

- **L'engraissement des accumulations le long de la rive de Mindin à Paimbœuf**, surtout dans la partie médiane (profil 132).

Ce constat, essentiellement planimétrique, peut être affiné depuis 1994, date du premier levé

bathymétrique numérisé, cependant limité à l'isobathe +0,20m.

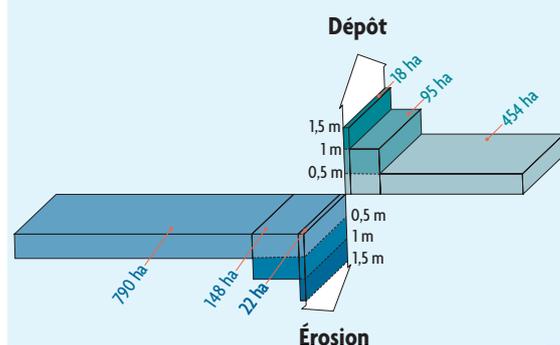
De 1994 à 2002, le bilan est le suivant :

Les surfaces marnantes ont perdu 41 ha entre -3,16 et +0,20m, principalement celles qui sont découvertes à basse mer de vives eaux. Par contre, toutes augmentent en volume, **le total des dépôts atteignant 3,3 Mm³**.

Quant à la surface des chenaux, toujours en eau, elle a augmenté de 68 ha tandis que le volume d'eau résiduel sous -3,16m est passé de 12 à 15,4 Mm³. **L'érosion a donc été de 3,4 Mm³**.

GRAPHIQUE L1 D3-6

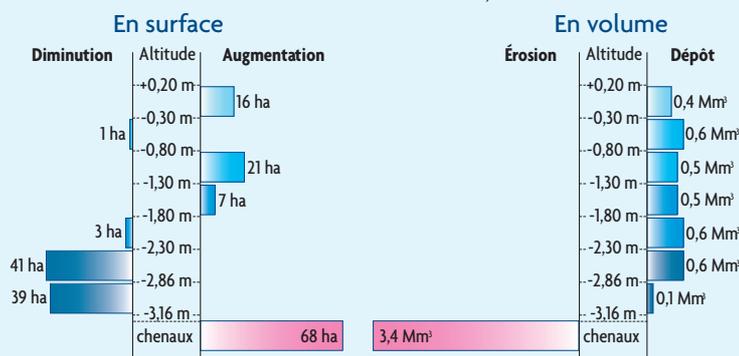
Bilan dépôt – érosion entre 1994 et 2002



Source : CMB

GRAPHIQUE L1 D3-5

Évolution en surface et en volume, de 1994 à 2002



Source : CMB

Le mouvement sédimentaire apparaît donc comme équilibré entre dépôt et érosion, du moins jusqu'à l'isobathe 0,20m. Qu'en est-il au-dessus ?

Environ 80% (1527 ha) de la surface totale sont affectés par ces changements qui demeurent assez subtils puisque d'amplitude comprise en grande partie entre 0 et 0,50m en plus ou en moins. L'érosion est plus diffuse que l'engraissement.

Colmatage des surfaces marnantes et incision simultanée des chenaux illustrent le fonctionnement classique d'une vasière en milieu estuarien.

Sources & Méthodes

La topographie des rives est obtenue grâce à un **Modèle Numérique de Terrain** fait du recouvrement des données provenant de deux sources : les sondages bathymétriques du Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire et des levés des zones latérales par scannographie laser aéroportée effectués par la Cellule de Mesures et de Bilans en août 2002.

La méthode consiste à découper en tranches de 0,50 ou 1m d'épaisseur les rives de l'estuaire et à

calculer les surfaces ou les volumes séparant les courbes de niveau ainsi produites par projection sur un plan horizontal.

Toutes les altitudes sont formulées en IGN69 ; la courbe de niveau -2,86m correspond à la basse mer d'une marée de coefficient 115. Les numéros des profils sont ceux levés pour la modélisation prospective en nov. 1995. Les limites des différents biefs correspondent aux méridiens passant par les marégraphes.

Des références

Les surfaces marnantes de l'estuaire n'ont pas fait l'objet d'études précises. Elles sont abordées en tant que paramètre géométrique ayant une influence sur son fonctionnement hydrosédimentaire par C. Migniot dans *Bilan de l'hydrologie et de l'hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire au cours des deux dernières décennies* (APEEL, juillet 1993). Le calcul des superficies est basé sur les surfaces comprises entre les isobathes 0 et 6m des cartes marines à différentes époques.

La création de l'île de Bilho est présentée dans l'article *Étude de cas de mise en dépôt dans les zones estuariennes : Estuaire de la Loire*, par B. Gallenne (PANSN), du séminaire international sur les aspects environnementaux liés aux activités de dragage (Nantes, nov. 1989), repris dans le bulletin n°6 de l'APEEL de juin 1990.

Les données sur l'estuaire de la Seine sont issues de J. Avoine (1981).