

## Les mouvements

Les recouvrements et découverts latéraux

# Les surfaces marnantes

# Les surfaces marnantes

## Résumé

Dans l'estuaire de la Loire, les surfaces marnantes correspondent aux espaces du lit mineur du fleuve recouverts et découverts au cours de la marée. Sur une centaine de kilomètres, entre l'embouchure à Saint-Nazaire et la limite amont de la marée dynamique, près de 3 000 hectares sont recouverts et découverts par la marée toutes situations hydrologiques confondues. Les caractéristiques de ces surfaces sont d'autant plus contrastées que leur répartition est très inégale sur l'ensemble de l'estuaire : près de la moitié de ces 3 000 ha sont situés sur 12 kilomètres, entre Saint-Nazaire et Paimbœuf.

Au cours d'une marée, les surfaces marnantes de l'estuaire varient de 675 à 2 710 hectares selon le coefficient de marée et le débit en Loire.

Comparées à celles de 2002, les surfaces marnantes de 2008 situées entre Saint-Nazaire et Le Pellerin voient leur superficie globale stabilisée. Par contre, leur stock sédimentaire est moins important, traduisant une érosion.



## Objectif définition

Dans l'estuaire de la Loire, les surfaces marnantes ou zones intertidales - l'équivalent des estrans - sont les espaces du lit mineur du fleuve recouverts et découverts au cours de la marée.

A l'interface des eaux douce et salée, des domaines aquatique et terrestre, les surfaces marnantes offrent une mosaïque de milieux composés de sédiments plus ou moins grossiers et ont un rôle :

- **écologique** : elles sont à la base de la chaîne trophique des estuaires et produisent quantités

de nourriture pour la faune benthique, les poissons, les oiseaux, ...

- **mécanique** : elles opposent une surface de frottement à la propagation de l'onde de marée dans l'estuaire ;
- **sédimentaire et géochimique** : elles forment des zones de dépôt et reprise de sédiments suivant la vitesse des courants ; elles ont un rôle épuratoire vis-à-vis de la qualité de l'eau.

FIGURE L1 D3 - 1

### Typologie des surfaces marnantes



Source : GIP Loire Estuaire

Leur répartition et leur superficie varient selon :

- **l'amplitude verticale de l'onde de marée** ou marnage, définie par la différence entre le niveau de basse mer et le niveau de pleine mer. Lorsque l'eau franchit la ligne de rive, elle déborde sur le lit majeur, mais ces surfaces ne sont plus considérées comme marnantes. **La ligne de rive constitue la limite haute de la zone marnante.**

- **l'amplitude longitudinale de l'onde de marée**, délimitée en amont par la limite d'influence de la marée.

Les amplitudes verticales et longitudinales de l'onde de marée varient constamment et **combinent les effets du coefficient de marée** - plus il est élevé plus les amplitudes sont fortes - **et les effets du débit** - plus il est élevé moins les amplitudes sont fortes.

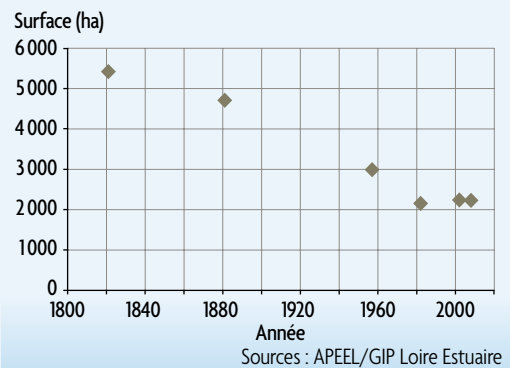
## Evolutions sur 2 siècles

La première version de l'indicateur éditée en 2004 analyse l'estuaire uniquement en aval de Sainte-Luce-sur-Loire. Pour être comparées aux données historiques, les surfaces marnantes sont alors définies comme celles comprises entre le niveau de la plus basse mer théorique (0 m CM ou -3,16 m IGN69) et la cote moyenne de la ligne de rive en aval de Cordemais (+2,70 m IGN69).

De 1820 à 1982, ces surfaces ont diminué de plus de moitié entre Saint-Nazaire et Nantes, à la suite des interventions anthropiques majeures des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles. Depuis, elles présentent une certaine stabilité à l'échelle de ce suivi.

GRAPHIQUE L1 D3 - 1

Évolution des surfaces comprises entre -3,16 m et +2,70 m IGN69 entre Saint-Nazaire et Nantes



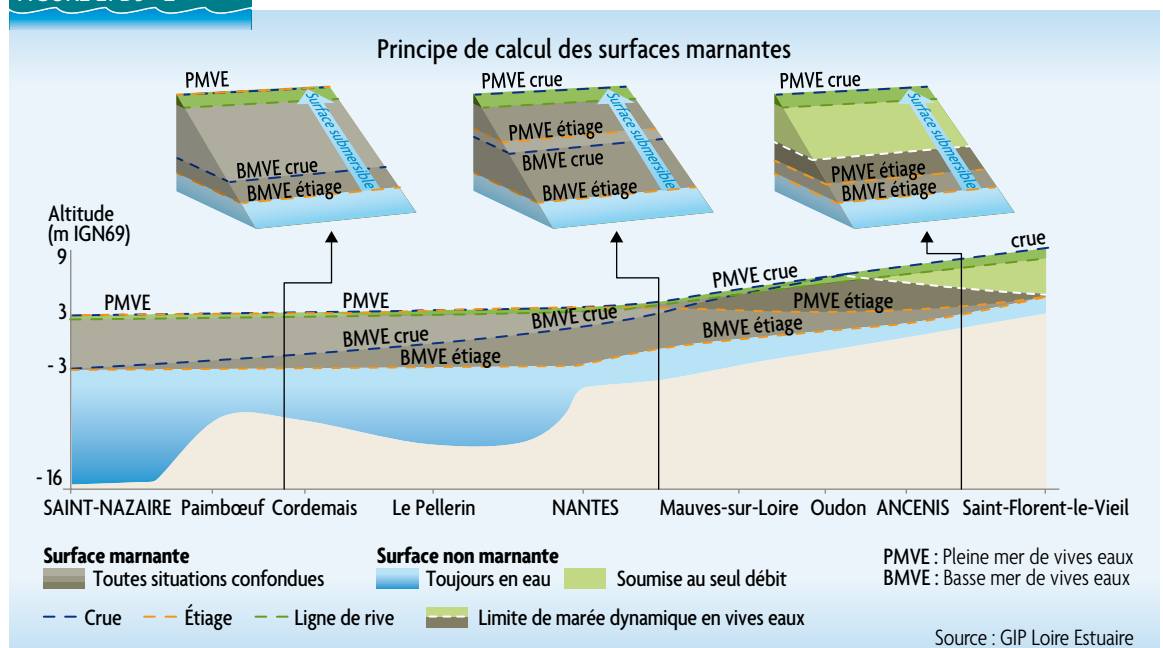
La variabilité des situations hydrologiques (coefficient de marée/débit du fleuve), météorologiques et la morphologie de l'estuaire conduisent à une grande diversité des surfaces marnantes dans l'espace et dans le temps. Par ailleurs, la géométrie de ces espaces - altitude et pente - évolue à l'échelle de la marée, de la saison, de l'année, selon la dynamique sédimentaire du fleuve.

Dans la présente fiche, le périmètre de l'étude est étendu à **l'ensemble de l'estuaire marnant**,

**de Saint-Nazaire jusqu'à Saint-Florent-le-Vieil, station de mesure à partir de laquelle la marée n'est plus détectée.**

Afin d'intégrer la géométrie estuarienne et la variabilité des situations hydrologiques dans l'analyse, **les limites verticales et longitudinales des surfaces marnantes sont définies par des données observées et mesurées**, c'est-à-dire par les enveloppes de marée construites avec les lignes d'eau de basse mer et de pleine mer pour un échantillon de 20 situations hydrologiques

FIGURE L1 D3 - 2



représentatives, sur la période 1999-2013. L'altitude (m IGN69) de ces surfaces varie ainsi en fonction :

- de la ligne d'eau de basse mer, d'approximativement -3 m à +5 m d'aval en amont ;
- de la ligne d'eau de pleine mer ou de la ligne de rive en cas de débordement, d'approximativement +3 m entre Saint-Nazaire et Nantes, à +9 m vers Saint-Florent-le-Vieil.

La **superposition de ces surfaces** à différentes situations hydrologiques **permet d'estimer l'emprise totale** sur laquelle s'exerce le recouvrement-découvrement dans l'estuaire, **toutes situations hydrologiques confondues**. A l'aval de Nantes, cette emprise totale coïncide avec celle du maximum constaté au cours d'une

marée de vives eaux exceptionnelles et étiage exceptionnel. Entre Nantes et Saint-Florent-le-Vieil, la pente du lit s'accroît, plus le débit est élevé, plus les zones soumises au marnage sont hautes sur les berges et circonscrites vers l'aval. L'emprise totale soumise au marnage est donc plus large que le maximum constaté en conditions exceptionnelles. Au-delà d'Oudon, les surfaces marnantes n'atteignent jamais la ligne de rive, et apparaissent des surfaces soumises au seul régime du débit de la Loire.

**L'objectif de l'indicateur est de caractériser les surfaces marnantes de l'estuaire de la Loire entre Saint-Nazaire et Saint-Florent-le-Vieil, et de mesurer l'évolution de leur morphologie entre 2002 et 2008, sur le secteur Saint-Nazaire/Le Pellerin.**

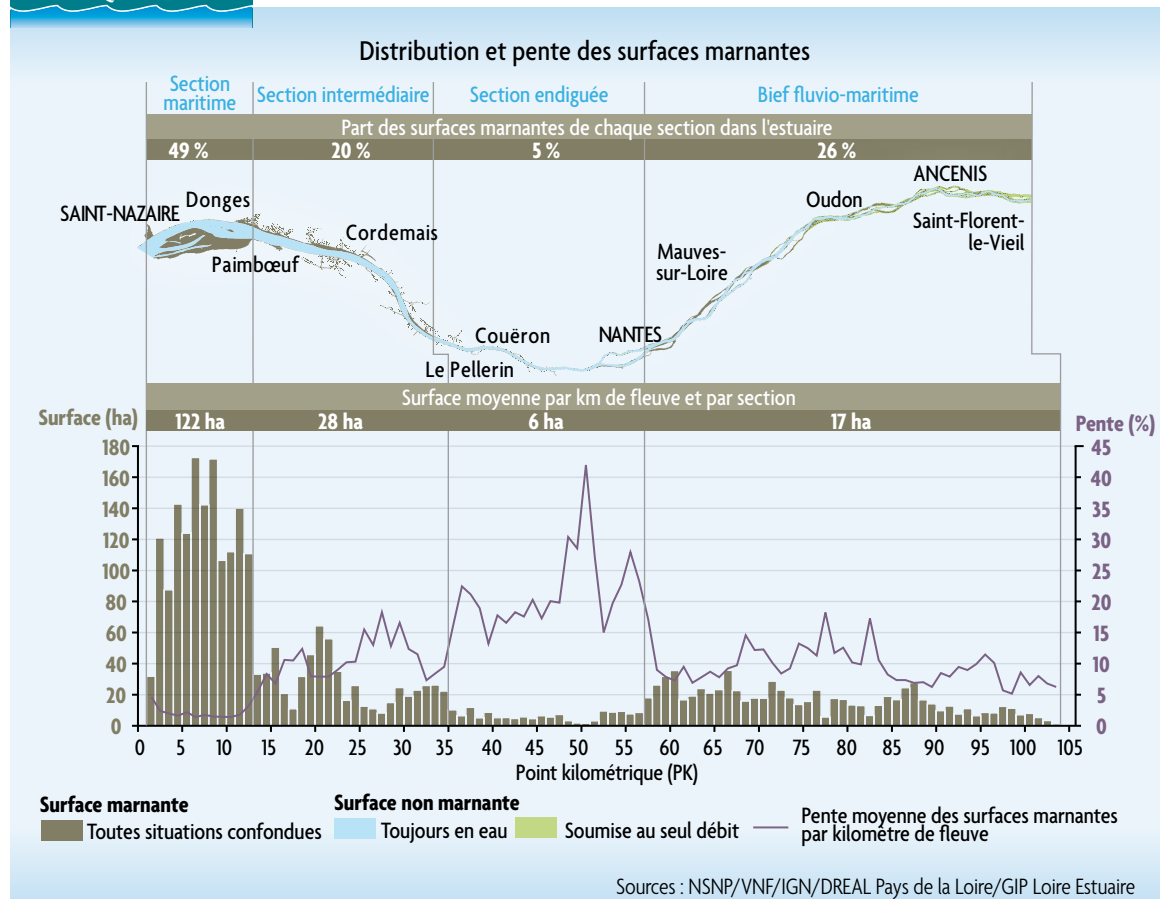
## Interprétation

### Des surfaces marnantes composites et discontinues

Sur la centaine de kilomètres de fleuve qui relie Saint-Nazaire à Saint-Florent-le-Vieil, la superficie du lit mineur avoisine 8000 hectares. **L'emprise totale sur laquelle s'exercent les recouvrements et découverts par la marée toutes situations hydrologiques confondues approche 3000 ha, soit près de 38% du lit mineur.**

En moyenne, l'estuaire présente 27 ha de surfaces marnantes par kilomètre. Toutefois, ce chiffre est peu représentatif tant la discontinuité de ces surfaces est forte. L'estuaire alterne des surfaces marnantes pentues et réduites (1,5 ha par km dans le secteur étroit et aménagé de Roche Maurice/Cheviré, point kilométrique (PK) 51) avec des surfaces planes et étendues (170 ha par km dans le secteur de Bilho).

GRAPHIQUE L1 D3 - 2



Section maritime



La largeur de la section maritime dépasse localement 3 km, dont 2,5 km de vasière intertidale.  
Les surfaces marnantes sont particulièrement planes avec une pente inférieure à 1,5% pour près des 3/4 des 1460 hectares marnants.



Section intermédiaire

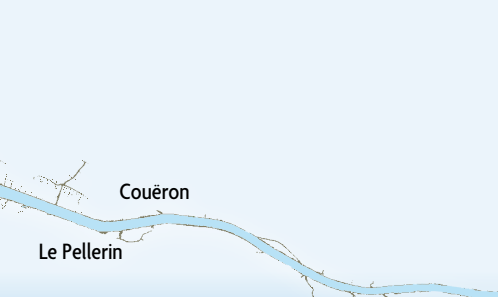


La spécificité de cette section tient dans sa proportion d'étiers : leur réseau particulièrement dendritique représente plus de la moitié des surfaces marnantes, de sorte que la pente générale moyenne est supérieure à 8%. Dans la partie aval, les étiers débouchent sur des vasières marnantes longitudinales planes, plus ou moins végétalisées, dont la largeur atteint 350 m.



Section endiguée

Cette section est la plus étroite de l'estuaire (moins de 200 m par endroits). Les surfaces marnantes sont réduites à une bande d'une vingtaine de mètres de large ; leur pente moyenne dépasse 20% et peut atteindre localement 40%.



Le découpage des surfaces marnantes par kilomètre de fleuve conduit à définir 4 ensembles homogènes, correspondant aux 4 grandes "sections d'aménagement" du fleuve, soit d'aval en amont :

- la section maritime aux grandes vasières planes ;
- la section intermédiaire composée de surfaces

marnantes découpées par les étiers et colonisées en haut de vasières par les roselières ;

- la section endiguée, aux vasières réduites adossées aux enrochements et aux infrastructures portuaires ;
- le bief fluvio-maritime et ses bancs de sable plus ou moins vaseux et plus ou moins végétalisés.

Les surfaces marnantes varient du simple au quadruple

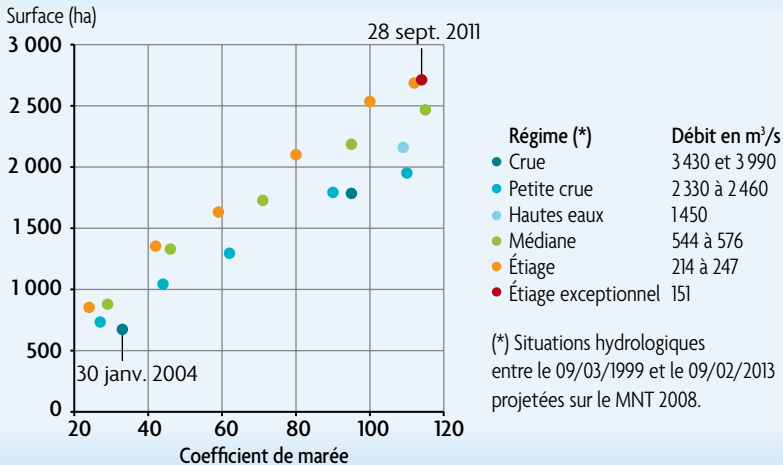
Le 28 septembre 2011, en vives eaux exceptionnelles (coefficient 114) et étiage exceptionnel (débit de 151 m<sup>3</sup>/s), la Loire estuarienne est soumise au marnage sur une centaine de kilomètres et les surfaces marnantes atteignent le maximum de 2 710 ha.

A contrario, le 30 janvier 2004, en situation exceptionnelle de mortes eaux (33) et crue (3 990 m<sup>3</sup>/s), la progression de la marée - dont

l'amplitude verticale est déjà faible (1,69 m de marnage à Saint-Nazaire) - est freinée par un débit élevé : l'influence marine s'arrête à Nantes, la superficie marnante totale de l'estuaire se limite alors à 675 hectares, soit quatre fois moins qu'en vives eaux exceptionnelles et étiage exceptionnel.

GRAPHIQUE L1 D3 - 3

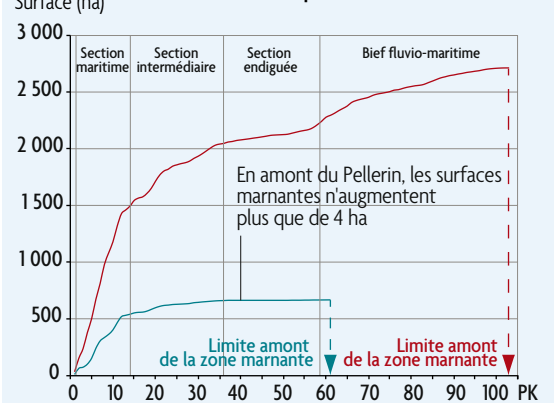
Surfaces marnantes en fonction du débit et du coefficient de marée



Sources : NSNP/VNF/IGN/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

GRAPHIQUE L1 D3 - 4

Surfaces marnantes cumulées en conditions de marée exceptionnelle

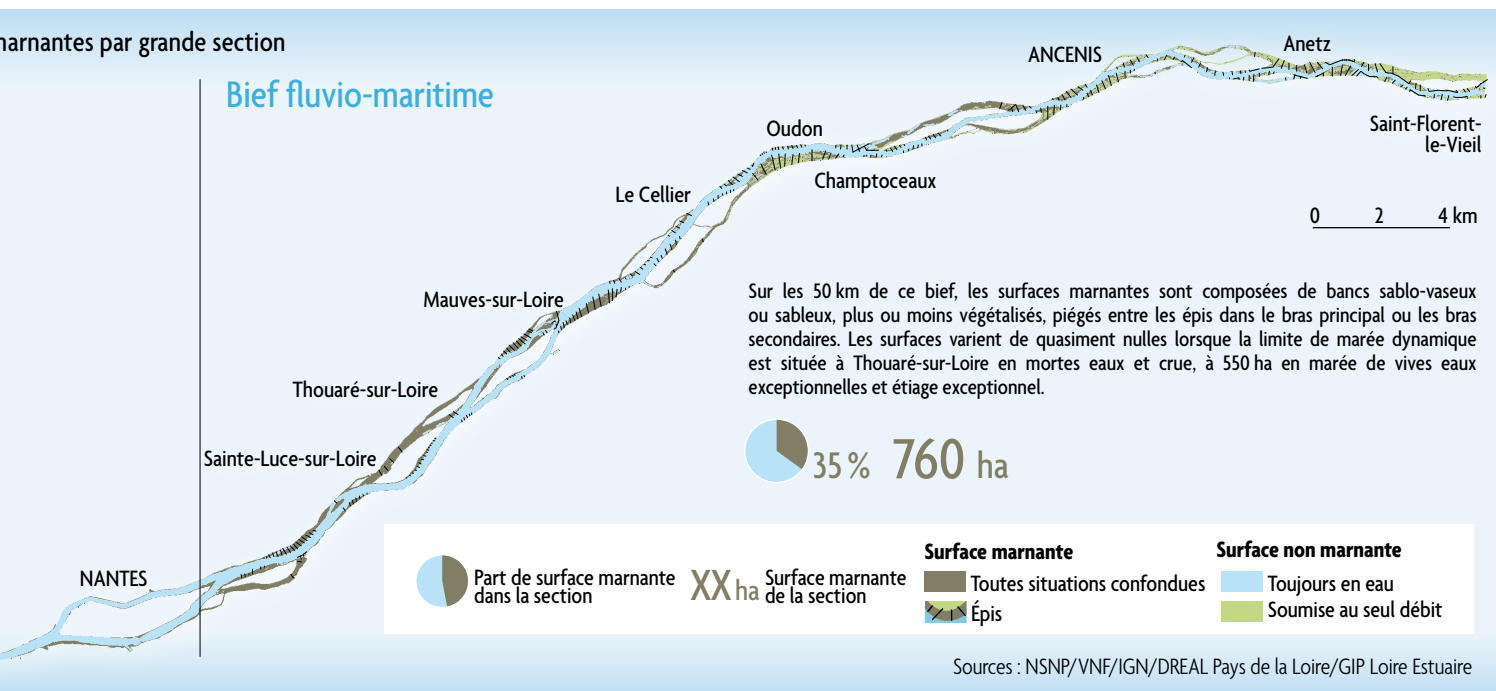


La topobathymétrie date de 2008.

— 28 sept. 2011 : coefficient 114/débit 151 m<sup>3</sup>/s  
— 30 janv. 2004 : coefficient 33/débit 3 990 m<sup>3</sup>/s

Sources : NSNP/VNF/IGN/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

## Marnantes par grande section

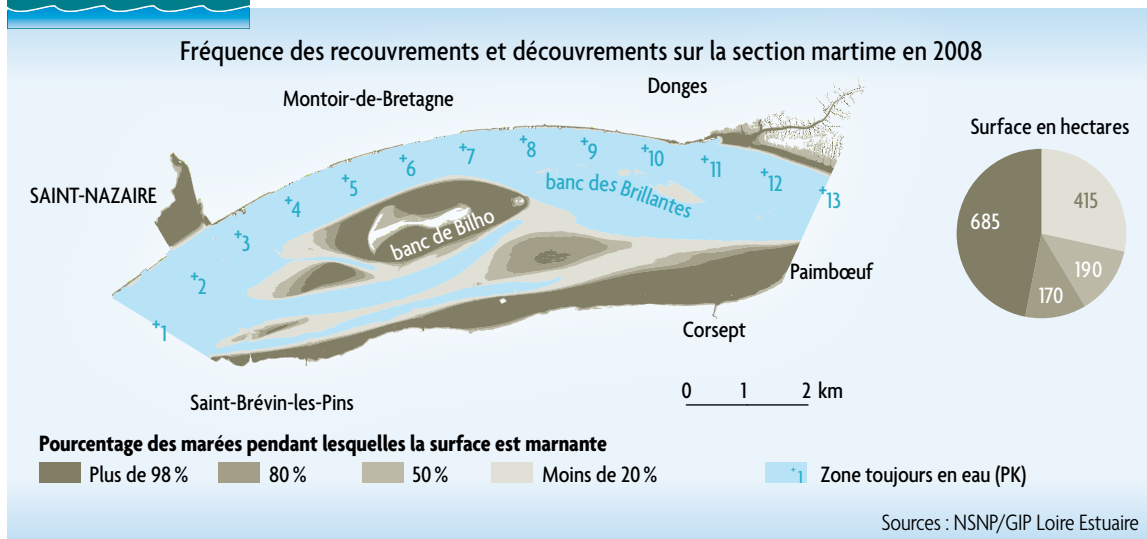


Plus le débit de la Loire augmente, plus l'influence marine est circonscrite à l'aval de l'estuaire, augmentant d'autant la part des sections aval dans le total des surfaces marnantes, aux dépens des sections plus amont.

Ainsi, **quelles que soient les conditions de marée, la section maritime représente toujours**

**au moins 50 % des surfaces marnantes** en étiage, plus de 65 % au-delà de 2 500 m<sup>3</sup>/s, jusqu'à 77 % en crue de 4 000 m<sup>3</sup>/s. Les surfaces marnantes de cette section varient de 450 à 1 460 ha en situations exceptionnelles. Près des 3/4 des surfaces sont marnantes au moins une marée sur 2, et près de 50 % sont marnantes à chaque marée.

### CARTE L1 D3 - 2



## De 2002 à 2008 : des surfaces stables, un stock sédimentaire moins important

Les données bathymétriques utilisées pour compiler le Modèle Numérique de Terrain Unifié (MNTU) de 2002 s'étendent de Saint-Nazaire à Cordemais. Les étiers ne sont pas intégrés à l'analyse, car les modalités d'acquisition des données LIDAR diffèrent entre 2002 et 2008. Ainsi, l'emprise comparable des MNTU de 2002 et de 2008 représente 56 % de

la totalité des surfaces marnantes en 2008. **Les surfaces marnantes totalisent 1 650 ha en 2008 contre 1 700 ha en 2002**, soit une diminution de 3 % (-50 ha), principalement localisée sur le banc des Brillantes (-35 ha). La différence de leur stock sédimentaire est de 1,7 millions de m<sup>3</sup> sur 27 km, soit l'équivalent d'un abaissement moyen généralisé de leur altitude

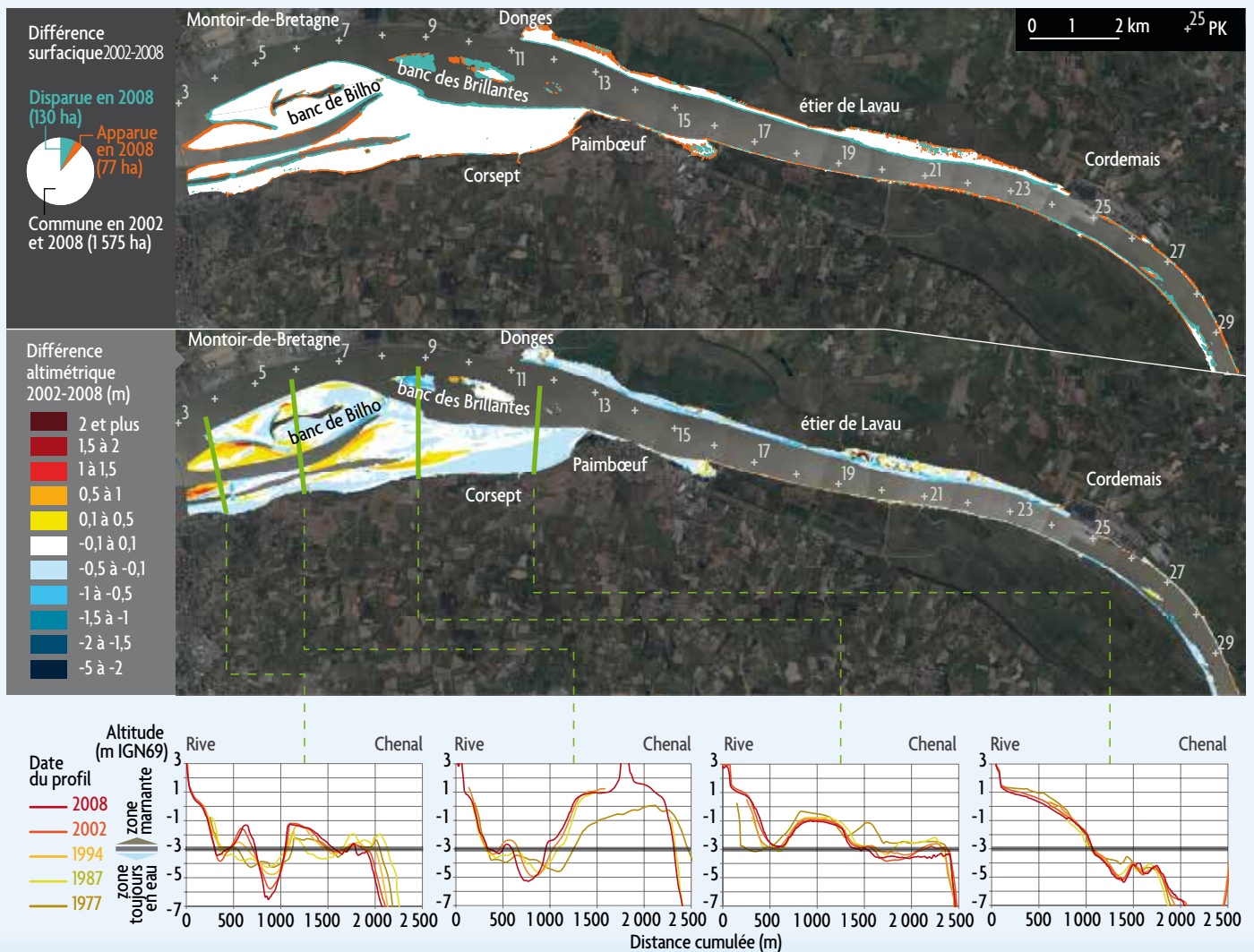
de plus de 10 cm, valeur comparable aux variations saisonnières observées durant les suivis altimétriques réalisés en continu en 2009 et 2010, sur deux vasières entre Cordemais et Donges.

**Cet abaissement de l'altitude des surfaces marnantes est plus prononcé en amont de Paimbœuf et atteint 24 cm, soit l'équivalent d'une perte de 900 000 m<sup>3</sup> de sédiment. L'érosion s'y traduit par un recul du pied des vasières continues, en rive gauche à l'amont et au droit**

de Cordemais, puis en rive droite entre Cordemais et Donges. L'équilibre surfacique global s'explique par l'érosion des massifs de roselières qui, en haut de vasière, créent de nouvelles surfaces marnantes. Entre 2002 et 2008, les évolutions altimétriques les plus importantes sont localisées au débouché des étiers, avec des différences d'altitude des vasières de 3 à 4 mètres au débouché de l'étier de Lavau marqué par un méandrement dynamique.

CARTE L1 D3 - 3

Différence des surfaces marnantes entre 2002 et 2008



Sources : NSNP/BD ORTHO® 2009-IGN/GIP Loire Estuaire

**Les surfaces marnantes situées à l'aval de Paimbœuf présentent un abaissement moyen de 6 cm entre 2002 et 2008 (-795 000 m<sup>3</sup>), moins important qu'à l'amont. L'érosion est plutôt localisée sur les surfaces recouvertes et découvertes à chaque marée, tandis que le dépôt est localisé sur les surfaces qui sont marnantes moins d'une marée sur deux. Parmi ces dernières, le banc des Brillantes fait exception avec une**

perte de 114 000 m<sup>3</sup> de sédiment en 2008 (par rapport à 2002), soit une érosion moyenne de 22 cm se traduisant par la perte d'une trentaine d'hectares.

**Au sud du banc de Bilho, la tendance à la continentalisation (approfondissement des chenaux et accroissement des pentes) observée depuis 1977 perdure entre 2002 et 2008.**

Dans l'estuaire, entre Saint-Nazaire et Nantes, le niveau de la marée est enregistré en continu par 6 stations marégraphiques (7 depuis juillet 2011), gérées par Nantes Saint-Nazaire Port (NSNP). Entre Nantes et Saint-Florent-le-Vieil, le niveau de la marée est enregistré en continu par 8 stations limnigraphiques (7 depuis 2012) gérées par la DREAL des Pays de la Loire.

**Les statistiques surfaciques** reposent sur des situations hydrologiques sans effet de surcote ou décote, et pour un débit stable. La méthode consiste à modéliser, pour chaque situation, la ligne d'eau de basse mer et la ligne d'eau de pleine mer, en interpolant les données de hauteur d'eau, puis à soustraire les modèles de ligne d'eau obtenus aux Modèles Numériques de Terrain Unifié (MNTU). L'effet d'obstacle que forment les chevrettes sur les écoulements en deçà d'un certain niveau d'eau, n'est pas intégré à la modélisation. Sur la période, la forme générale des enveloppes de marée ayant peu évolué depuis 1996, les différentes situations sont drapées sur les données topo-bathymétriques existantes.

La superposition des surfaces marnantes lors de différentes situations hydrologiques entre le 09/03/1999 et le 09/02/2013 permet d'estimer l'ensemble des surfaces marnantes toutes situations hydrologiques confondues.

**La fréquence des recouvrements et découverts** sur la section maritime est cartographiée en superposant les surfaces marnantes de situations hydrologiques représentatives et en les pondérant par leur occurrence sur l'année 2008.

**La comparaison topographique des surfaces marnantes** entre le pont de Saint-Nazaire et Cordemais repose sur **2 Modèles Numériques de Terrain Unifié** :

- **pour 2008**, compilation de données du GIP Loire Estuaire issues de levés bathymétriques multifaisceaux entre octobre 2008 et février 2009, et du levé laser aéroporté (LIDAR) d'avril et mai 2008 ;
- **pour 2002**, compilation des données issues de levés bathymétriques monofaisceaux (NSNP) de mai à septembre, et des données issues du levé LIDAR du GIP Loire Estuaire en août 2002.

Afin d'étendre la caractérisation des surfaces marnantes de l'agglomération nantaise jusqu'à Saint-Florent-le-Vieil, les données de 2008 sont complétées avec le levé LIDAR de l'IGN réalisé en 2010 dans le cadre de Litto3D, et avec la campagne 2009-2010 de levés bathymétriques multifaisceaux et LIDAR de Voies Navigables de France de Nantes aux Ponts-de-Cé.

Les valeurs historiques de surfaces marnantes proviennent du rapport de synthèse volume I, "Hydrosédimentaire", de l'APEEL, C. Migniot, P. Le Hir, avril 1984-1994.

L'évolution altimétrique saisonnière des vasières intertidales est présentée dans l'étude du GIP Loire

Estuaire réalisée par GEO-transfert et l'UMR EPOC 5805 de l'université Bordeaux 1 en janvier 2011 : "Analyse des mesures enregistrées par 6 altimètres implantés sur des vasières de la Loire".