



# Un nouvel équilibre pour la Loire

Programme Interrégional Loire Grandeur Nature Pays de la Loire – Février 2002

# Sommaire

Une approche globale de la Loire	page 2
Une démarche progressive	page 4
Le programme amont, de Nantes aux Ponts-de-Cé	page 6
– relever la ligne d'eau d'étiage	page 6
– calendrier de réalisation	page 7
– l'expérimentation du Fresne-sur-Loire	page 8
– la réduction des épis	page 11
Les études prospectives aval, de Nantes à l'océan	page 12
– la poursuite des études	page 13
– quatre phases jusqu'en 2006	page 14
– compléter les connaissances sur la sédimentation	page 16
Les activités de la Cellule de Mesures et de Bilans	page 18
Lexique des termes de Loire et d'estuaire	page 20
Organisation	page 22
Contacts utiles et sigles	page 23

## Une approche globale de la Loire

*L'estuaire de la Loire a connu au XX<sup>e</sup> siècle des modifications de géométrie qui ont provoqué une remontée importante de l'onde de la marée et de la salinité vers l'amont et une augmentation de l'envasement.*

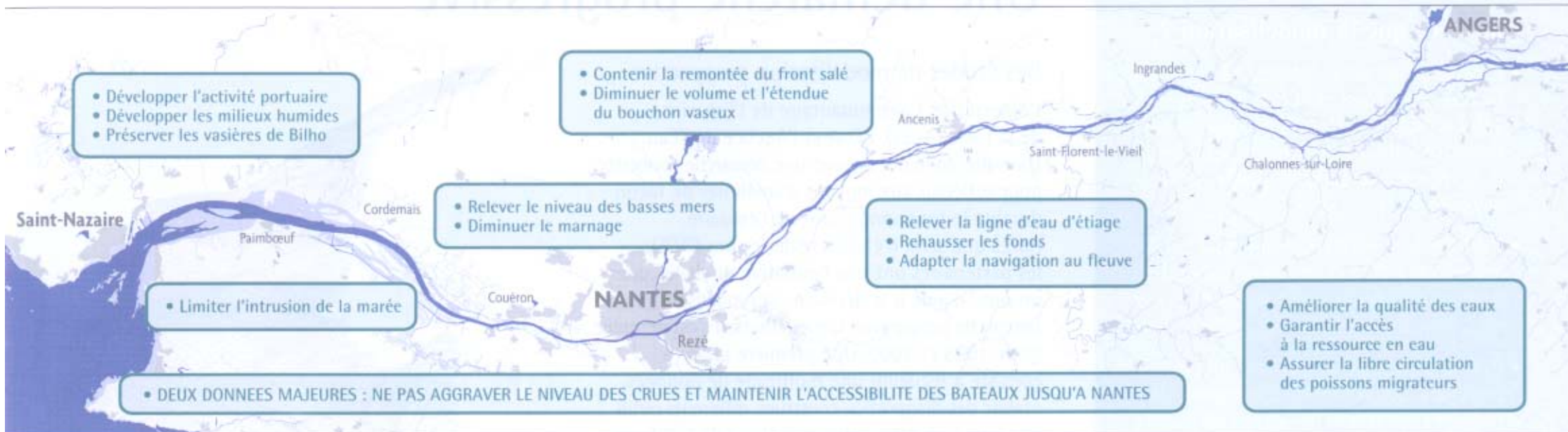
*Dans les années 1990, les principaux décideurs de l'estuaire ont établi un diagnostic scientifique de ces dysfonctionnements et proposé des premiers scénarios de restauration. Ils ont mis en place les conditions d'une réflexion collective et concertée.*

*Avec la démarche de modélisation prospective, ils se sont dotés d'outils pour approcher ces phénomènes de façon globale et non plus fragmentaire.*

*Aujourd'hui commence une nouvelle étape : celle des premières réalisations sur le terrain d'une part, et d'études complémentaires d'autre part, préalables et nécessaires aux décisions qui devront être prises à l'horizon 2005 pour l'estuaire aval.*

*La démarche engagée dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature a pour objet la recherche d'un nouvel équilibre pour l'estuaire de la Loire. Un équilibre qui doit composer avec toutes les dimensions de l'espace estuarien : économique, hydraulique, écologique, urbanistique, touristique...*

# Un nouvel équilibre pour la Loire : les objectifs



Synthèse des objectifs de la modélisation. Source AELB.

## Un grand nombre de dysfonctionnements

Plusieurs phénomènes rendent insatisfaisante la qualité globale de l'estuaire de la Loire :

- l'abaissement de la ligne d'eau d'*étiage*\* et de basses-eaux accroît le *marnage* qui se fait ressentir jusqu'à Ancenis ;
- l'augmentation du *volume oscillant* et l'accélération des courants détériorent le pied des ouvrages et les berges, et rendent plus compliquée la navigation ;
- la remontée vers l'amont de l'eau salée menace les prises d'eau potable et d'irrigation ;
- l'augmentation du volume et de l'extension du *bouchon vaseux* affecte les conditions de vie des poissons ;
- la réduction ou la disparition des *zones humides* met en danger le potentiel piscicole et halieutique et diminue la biodiversité.

## Les objectifs d'amélioration

La Loire ne retrouvera pas un fonctionnement équilibré de façon naturelle avant plusieurs décennies même si certains phénomènes se sont récemment stabilisés. Les partenaires ont pris conscience de la nécessité d'intervenir de façon globale, tant sont nombreux les phénomènes ou usages liés au fleuve. A partir des différentes fonctions prioritaires du fleuve par secteur géographique (voir carte en haut de page), les objectifs fixés pour améliorer le fonctionnement de la Loire et de son estuaire ont été réunis en plusieurs "fenêtres".

Deux données majeures doivent être prises en compte : la non aggravation des crues et le maintien de la navigation jusqu'à Nantes.

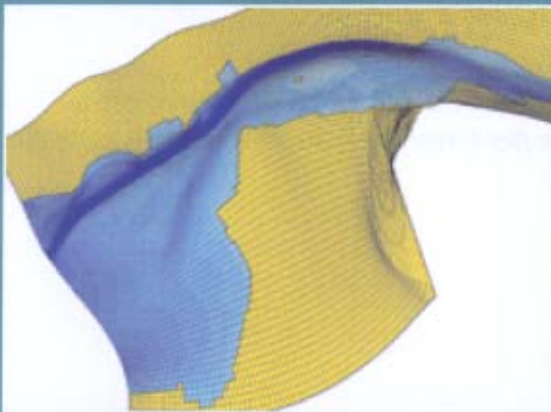
En outre, la recherche de solutions a intégré d'autres paramètres : les décisions du Plan Loire Grandeur Nature, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Loire Bretagne (SDAGE), les décisions en matière de développement portuaire.

\* Les noms en italique et en vert renvoient au lexique des termes de Loire et d'estuaire, page 20.

## Question >> réponse

### Qu'est-ce que la modélisation ?

- C'est une approche globale. La Loire est étudiée des Ponts-de-Cé à l'océan, soit 140 km de long. Tous les phénomènes sont pris en compte simultanément : sédimentation, régime hydraulique, qualité de l'eau, navigation, etc.
- C'est un outil mathématique (basé sur les logiciels MIKE 11 et 21 développés par DHI) qui reproduit les phénomènes physiques, chimiques et biologiques et peut en simuler l'évolution.
- C'est une démarche d'étude utilisant un processus progressif et convergent. Une première étape permet de collecter les données. Une deuxième étape consiste à choisir des aménagements autonomes et à les tester pour en analyser les impacts. Ensuite, des scénarios sont construits en combinant ces aménagements et en testant leurs effets conjugués. Enfin, les scénarios intéressants sont proposés aux décideurs.



Estuaire aval. Source DHI

## Une démarche progressive

### Des études de modélisation prospective

L'Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire (ACEL), l'Etat et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ont engagé une démarche concertée pour réfléchir aux moyens d'améliorer de façon durable le fonctionnement de l'estuaire.

Après une série d'études réalisées par l'ACEL, les partenaires ont pris l'initiative de développer un outil d'aide à la décision : la modélisation. Démarche progressive, la modélisation s'est déroulée entre 1995 et 2000. Une première phase a consisté à recueillir une multitude de données, établir des diagnostics, construire différents outils de simulation, tester plusieurs types de solutions. La seconde phase s'est achevée avec la présentation de deux propositions de programmes : l'un préconisant d'engager des actions pour l'amont de Nantes, l'autre de poursuivre les études pour l'aval de l'estuaire.

### Mieux connaître la Loire

Les partenaires de la modélisation ont souhaité regrouper toutes les données et mesures sur l'état du fleuve et de son estuaire, auparavant dispersées entre de nombreux organismes.

Ainsi a été créée en 1998 la Cellule de Mesures et de Bilans de la Loire estuarienne (CMB), chargée d'élaborer une grille de mesures et de suivi à partir des données scientifiques, statistiques et cartographiques sur le fleuve.

La Cellule a aussi pour mission d'informer et de communiquer aux différents publics intéressés les bilans et synthèses des données collectées.



Maille de modélisation. Source Université de Nantes.

# Les actions inscrites au Programme Interrégional Loire Grandeur Nature

A l'issue de la modélisation, trois séries d'actions ont été inscrites au Programme Interrégional Loire Grandeur Nature inclus dans le contrat Etat-Région Pays de la Loire 2000-2006.

## Restaurer la ligne d'eau d'étiage à l'amont de Nantes

La remontée de la ligne d'eau d'étiage est un objectif majeur pour améliorer le fonctionnement du fleuve. Le programme prévoit deux actions complémentaires : la construction de seuils et la réduction des épis entre Nantes et les Ponts-de-Cé. Le budget mis en place est de 15,24 M€ (100 MF). Il est financé par l'Etat et VNF (4,57 M€), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (3,05 M€), la Région (4,57 M€) et les deux départements de Loire Atlantique et du Maine et Loire (3,05 M€). Maître d'ouvrage : Voies Navigables de France.

## Poursuivre la démarche de modélisation à l'aval

Les modalités d'intervention possible entre Nantes et Saint-Nazaire doivent être approfondies. Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux connaître la dynamique sédimentaire, les milieux vivants.

Le coût de ce programme est estimé à 4,19 M€ (27,5 MF). L'Etat apporte 0,98 M€, la Région 0,37 M€ et l'ACEL 0,56 M€, l'Agence de l'Eau 0,92 M€.



L'Union Européenne a été sollicitée pour le reste.  
Maître d'ouvrage : Cellule de Mesures et de Bilans.

## Consolider la Cellule de Mesures et de Bilans

Le Programme Interrégional Loire Grandeur Nature prévoit la poursuite des activités de la CMB. Le montant du fonctionnement de la structure est estimé à 2,14 M€ (14 MF) sur 7 ans, financés par l'Etat (0,75 M€), l'ACEL (0,75 M€) et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (0,64 M€).

## Les partenaires mobilisés pour la Loire

Depuis le début de la modélisation, les collectivités, les usagers, les acteurs économiques et les riverains de la Loire sont étroitement associés à la démarche partenariale pilotée ou financée par les institutions suivantes :

- l'Etat :
    - Préfecture de la région Pays-de-la-Loire (SGAR)
    - Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (DIREN)
    - Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (DRE)
  - l'Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire (ACEL) :
    - Conseil Régional des Pays-de-la-Loire
    - Conseil Général de Loire-Atlantique
    - Communauté Urbaine de Nantes
    - Ville de Saint-Nazaire
    - Chambre de Commerce et d'Industrie de Nantes
    - Chambre de Commerce et d'Industrie de Saint-Nazaire
    - Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire
    - Union Maritime de la Basse-Loire
  - l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne
  - le Port autonome de Nantes-Saint-Nazaire
  - Voies Navigables de France
  - l'Union Européenne
- En 2000, ils ont été rejoints par :
- le Conseil Général du Maine-et-Loire
  - l'Établissement Public Loire

# Le programme amont, de Nantes aux Ponts-de-Cé

## Le problème :

### l'abaissement de la ligne d'eau d'étiage

Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, l'aménagement du chenal au moyen d'épis et les extractions massives de sable en Loire ont provoqué des abaissements des fonds, de 2 à 5 mètres selon les endroits entre Nantes et les Ponts-de-Cé.

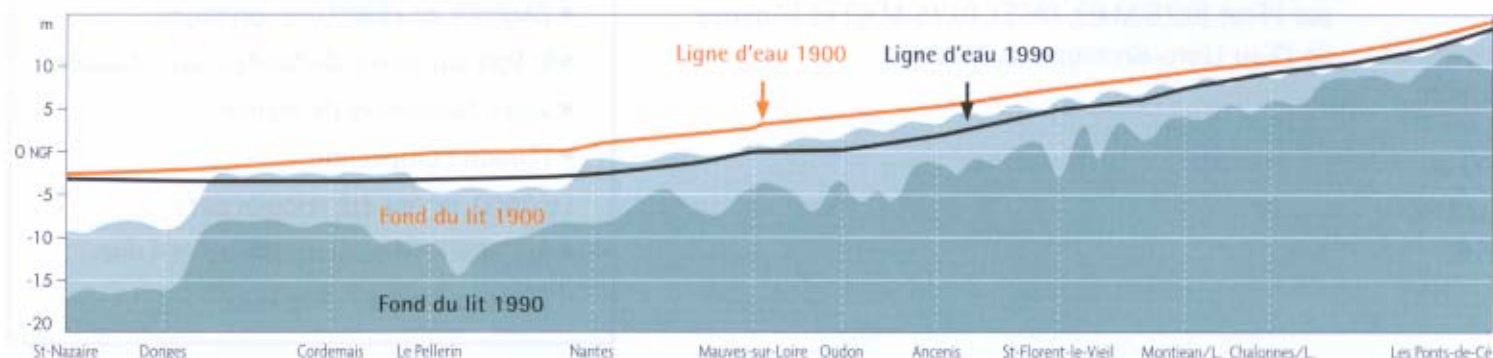
La diminution du niveau d'étiage a atteint jusqu'à 3,5 m dans l'agglomération nantaise.

Ce phénomène s'était accéléré depuis plusieurs décennies. Il a fragilisé les quais, les ponts, les berges. Il a provoqué, en amont de Nantes, un assèchement des boires et des zones humides, éléments essentiels de l'hydrosystème fluvial.

## Deux solutions

En l'absence de toute intervention, la Loire ne pourra restaurer son lit de façon naturelle dans des délais acceptables. Deux solutions techniques ont été retenues : la réalisation de *seuils à échancrure* et la réduction des *épis*.

Six localisations pour les seuils à échancrure sont envisagées : à Chalonnnes, au Fresne-sur-Loire, Saint-Florent-le-Vieil, Ancenis, Oudon et Bellevue. L'objectif est de relever la ligne d'eau d'étiage, limiter l'intrusion de la marée et d'améliorer l'alimentation en eau des *boires* et des prairies. En association avec les seuils, la réduction des épis va contribuer au rehaussement du lit du fleuve. En raison de la complexité des processus hydrauliques et sédimentologiques en jeu, le programme commence par un aménagement expérimental au Fresne-sur-Loire. Les études complémentaires et préopérationnelles du programme amont sont engagées en parallèle.

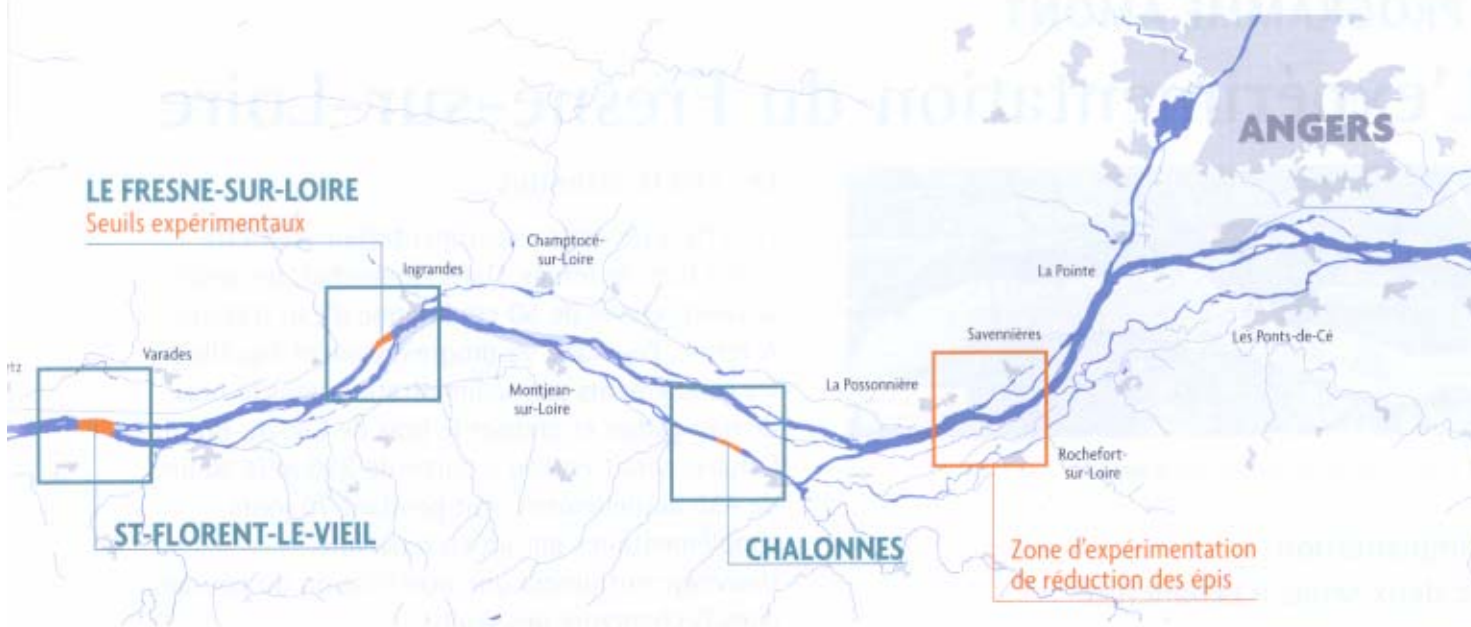


Enfoncement du lit du fleuve et abaissement de la ligne d'eau d'étiage et de basse mer depuis un siècle. Source CMB.

## Question >> réponse

### Que va-t-on faire à Bellevue ?

Le seuil de Bellevue n'a jamais été supprimé. Les travaux réalisés dans les années 70 étaient destinés à déplacer l'ancien chenal (situé au nord du fleuve, sur du rocher) pour le mettre au sud (sur des fonds sableux plus meubles). L'érosion et les extractions de sable ont ensuite rapidement enfoncé le chenal (de plus de 8 mètres) et abaissé la ligne d'eau. Un des scénarios de la modélisation recommande de commencer la réalisation des seuils près de Nantes et de la poursuivre vers l'amont. Le seuil de Bellevue pourrait donc être une des premières actions à être mise en œuvre. Mais rien n'est encore décidé. Il convient de mieux connaître les effets dans l'agglomération nantaise. Ce n'est qu'au terme des études en cours que la localisation et la programmation exactes des seuils seront déterminées.



Localisation des 6 seuils du programme amont et expérimentation épis. Source VNF.

### Calendrier de réalisation du programme

- 2000 Enquête publique et autorisation pour l'opération expérimentale du Fresne-sur-Loire.
- 2001 Concours et sélection de l'équipe de maîtrise d'œuvre pour les cinq autres seuils. Mise en place du suivi des impacts de l'opération Le Fresne.
- 2002 Recueil des données topographiques et géotechniques - Etudes préliminaires pour les cinq seuils. Réalisation des seuils du Fresne-sur-Loire.
- 2003 Enquêtes publiques pour les cinq autres seuils et la réduction des épis.
- 2004 Début de réalisation des seuils et expérimentation de la réduction des épis.
- 2005/06 Travaux et mise en place des suivis.

### Les partenaires

Le programme amont est co-présidé par l'Etat, la Région et l'ACEL. La maîtrise d'ouvrage a été confiée à Voies Navigables de France. La CMB est chargée du suivi des impacts de l'expérimentation du Fresne-sur-Loire. Inscrites au Programme Interrégional Loire Grandeur Nature 2000-2006, les actions prévues s'élèvent à 15,24 M€, financés par l'Etat et VNF, la Région, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et les deux départements de Loire Atlantique et de Maine et Loire.

## Question >> réponse

### Quel sera le niveau des crues ?

Dans tous les cas, la réalisation du programme amont doit prendre en compte l'obligation de la non aggravation des niveaux de crues de référence. Compte-tenu de l'évolution naturelle du lit, les simulations effectuées pour la réalisation du programme avec une crue de type 5400 m<sup>3</sup>/s donnent un rehaussement de la ligne d'eau de moins de 10 cm : Ces niveaux restent inférieurs aux PHEC\* sur toute la zone étudiée. Pour une crue de type centennale de 6600 m<sup>3</sup>/s, la ligne d'eau est équivalente aux PHEC à Montjean et aux Ponts-de-Cé.

Dans les autres secteurs et dans l'agglomération nantaise l'aggravation des niveaux induite par les seuils est faible et reste toujours inférieure à la crue de 1910. Les études de modélisation ont montré que les seuils conçus pour avoir des effets sur la ligne d'eau d'étiage n'aggravent pas les niveaux des crues.



\*Les Plus hautes eaux connues (PHEC) correspondent aux niveaux maximaux atteints aux échelles lors de la crue de 1910 avec un débit moyen journalier de 6400 m<sup>3</sup>/s, jour où le débit a été le plus élevé.

## LE PROGRAMME AMONT

# L'expérimentation du Fresne-sur-Loire



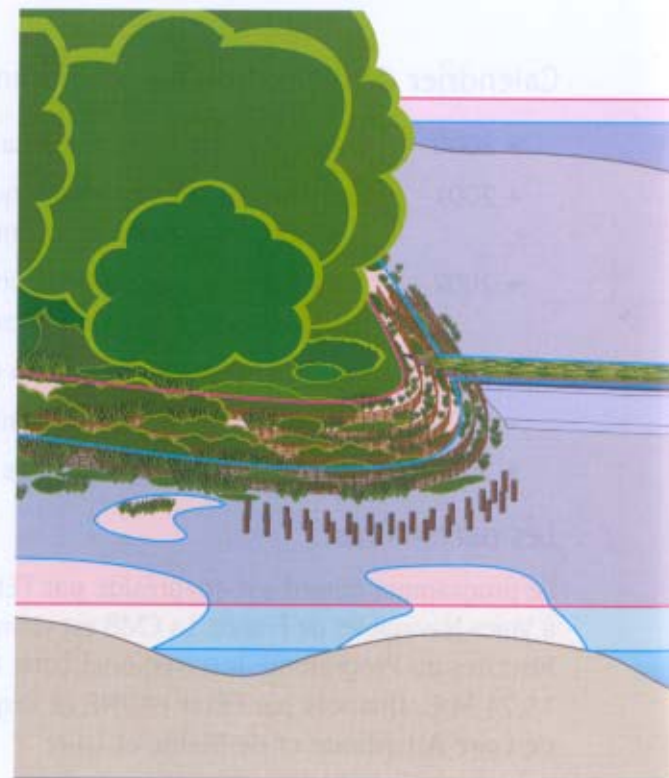
Le site, en aval du Fresne-sur-Loire.

### L'implantation de deux seuils à échancrure

En aval du Fresne-sur-Loire, la Loire forme deux bras de part et d'autre de l'île Meslet : au nord, le bras navigable, au sud le bras secondaire de Cul-de-Bœuf. L'expérimentation consiste à planter deux seuils à échancrure distants de 400 mètres, en travers de la partie amont du bras navigable. Chaque seuil repose sur une semelle en enrochements et est constitué de poches en géotextile remplies de sable prélevé sur place. Les échancrures en forme de trapèze sont calibrées de façon à freiner les écoulements dans le chenal navigable pour des débits compris entre 300 et 1000 m<sup>3</sup>/s. Pour des débits supérieurs, les seuils seront entièrement submergés, donc invisibles et ne modifieront plus la répartition des écoulements. Pour les débits de crues, au-delà de 2500 m<sup>3</sup>/s, les ouvrages n'ont plus d'influence sur le niveau de l'eau.

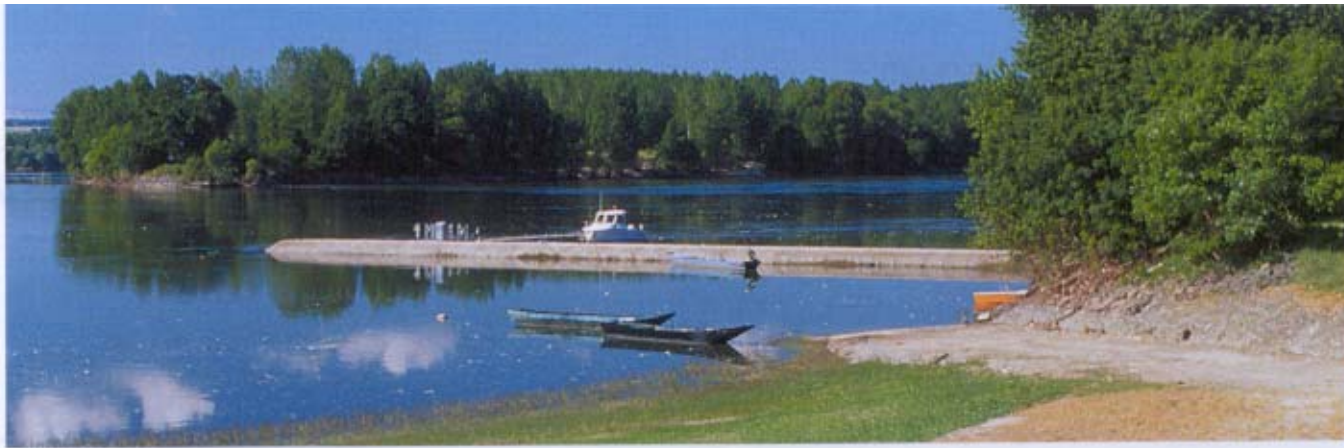
### Les effets attendus

Les effets de cette expérimentation vont être étalés dans le temps. Dans l'immédiat, les seuils doivent relever de 50 cm la ligne d'eau d'étiage. A terme, l'ouvrage va progressivement équilibrer les écoulements par sédimentation dans le bras de navigation et creuser le bras de Cul-de-Bœuf. Celui-ci serait en eau à partir de 350 m<sup>3</sup>/s au lieu de 450 actuellement, soit pendant 70 jours supplémentaires par an en moyenne. L'ouvrage entraînera une accélération du courant dans l'échancrure des seuils.



Perspective du seuil en amont du Fresne-sur-Loire. Source VNF.





L'embarcadère du Fresne-sur-Loire

Le courant ne devrait pas dépasser 2,70 m/s, ce qui demeure du même ordre que les vitesses connues sur d'autres secteurs (Saint-Florent-le-Vieil ou le bras de Lalleud). Les bateaux de pêche et les poissons migrateurs pourront le franchir.

La réalisation des deux seuils est prévue pour l'été 2002, dès que la ligne d'eau atteindra la cote d'étiage requise

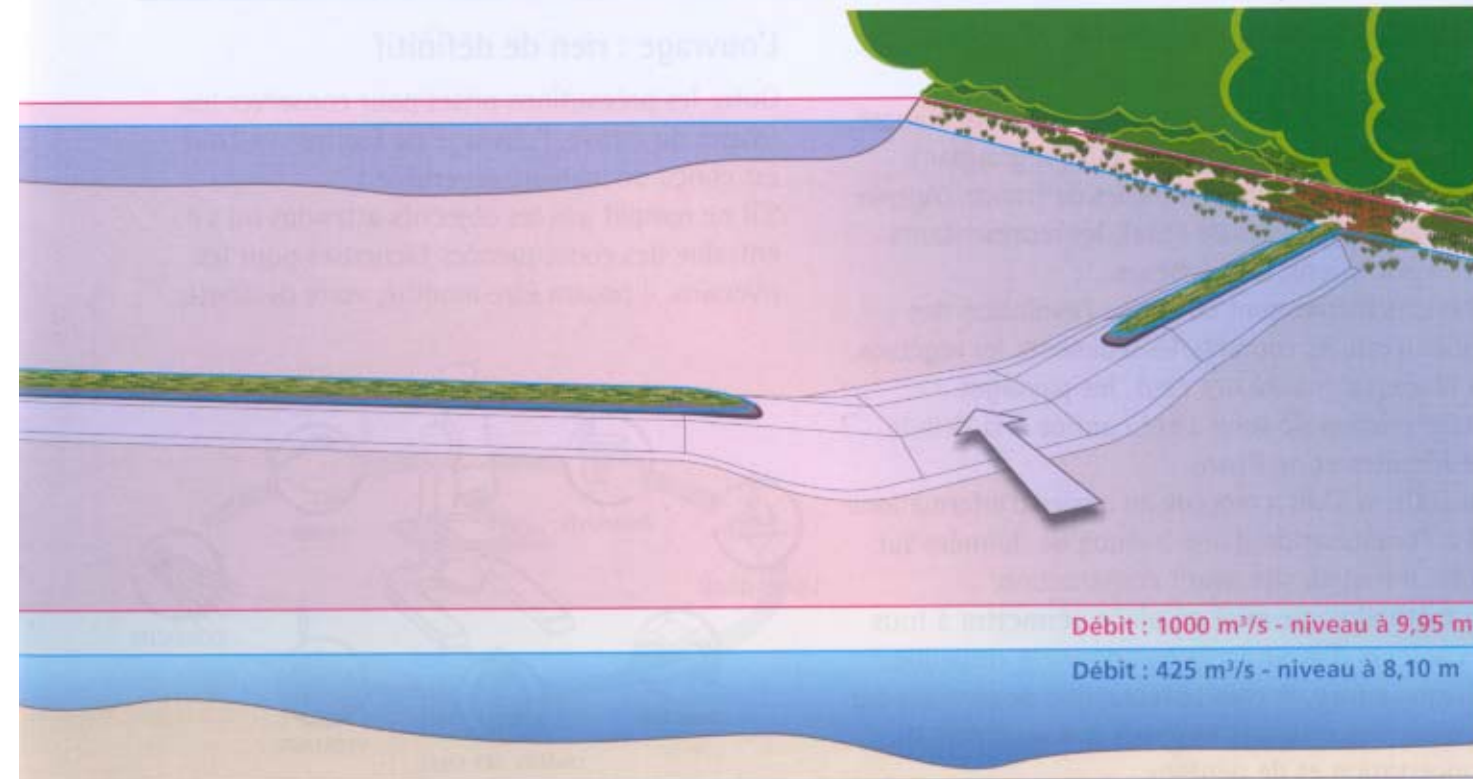
## Question >> réponse

### Quelles seront les conséquences sur la navigation ?

Depuis longtemps, la navigation n'est possible entre Nantes et Angers que pour les bateaux à faible tirant d'eau et à motorisation puissante. Elle requiert expérience et vigilance. Elle n'est pas garantie aujourd'hui en période estivale, en raison de la faiblesse des niveaux d'eau. Elle est souvent interrompue de novembre à mars à cause des crues. Néanmoins, en fonction des tirants d'eau, les principaux *biefs* sont et resteront navigables.

Les seuils garantiront au moins 1,5 m de hauteur d'eau au radier du seuil, en étiage (débit 150 m<sup>3</sup>/s).

La réalisation des seuils provoquera des accélérations locales de courant pouvant rendre la navigation de plaisance plus difficile. Toutefois, ces vitesses se rencontreront au centre de l'échancrure sur une faible distance, et non sur les bords où le passage sera plus aisé pour les bateaux et les poissons.



## Question >> réponse

### Que vont devenir les paysages ?

Actuellement, les nombreux épis ponctuant les berges du bras principal restent visibles, même à débit moyen.

Les épis ont été construits au début du XX<sup>e</sup> siècle en Loire et font désormais partie du paysage ligérien. De même, les seuils à échanture qui seront construits s'intégreront à terme au paysage.

L'impact visuel des seuils dépendra surtout de leur localisation par rapport aux principaux points de visibilité (secteurs d'habitation, voies de circulation).

L'équipe chargée des études amont a recours aux compétences d'un paysagiste.

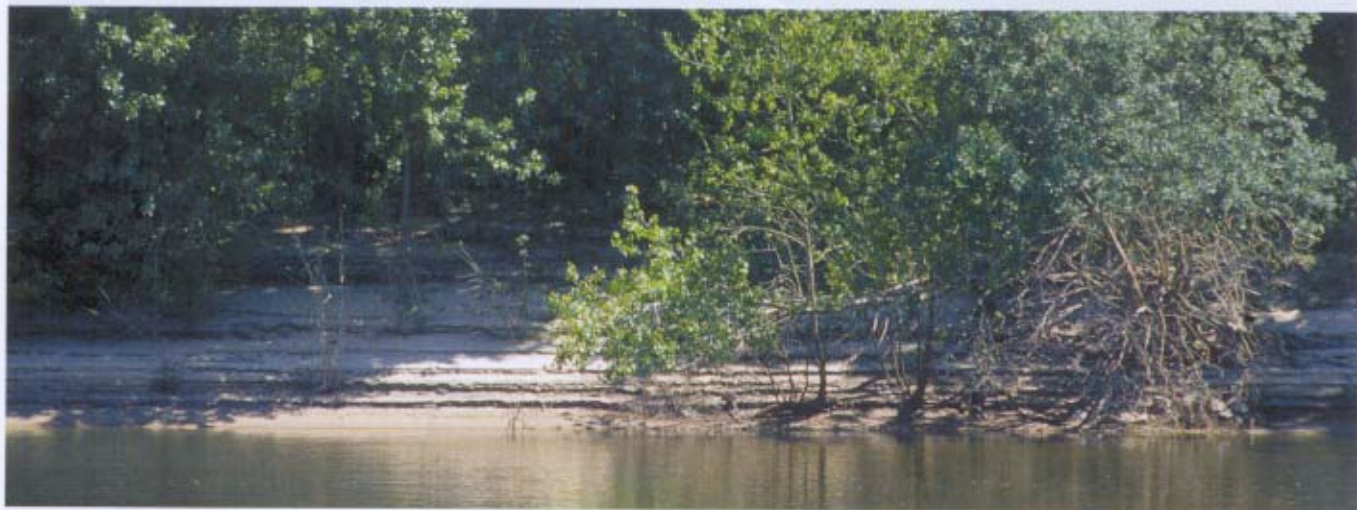
Classée au patrimoine mondial de l'Unesco en amont de Chalonnes, la Loire doit retrouver un équilibre visuel entre les perceptions d'un fleuve de "sable" et celles d'un fleuve "d'eau" ce qui est la nature même d'un fleuve.

La mission de suivi des impacts de l'expérimentation du Fresne-sur-Loire prévoit en outre d'étudier les effets de l'ouvrage et de la remontée de la ligne d'eau sur le paysage, à partir de prises de vue sur site.



## LE PROGRAMME AMONT

# Le suivi de l'expérimentation du Fresne/L.



Les impacts de l'expérimentation du Fresne-sur-Loire vont faire l'objet d'un suivi minutieux.

Un programme prévu pour trois ans a été élaboré par un comité technique de suivi, regroupant les collectivités, Voies Navigables de France, l'Agence de l'Eau, les services de l'Etat, les représentants des associations, les pêcheurs.

Plusieurs thèmes sont observés : l'évolution des lignes d'eau, les courants, les sédiments, les végétaux, la faune, la qualité des eaux, les paysages...

Cette mission de suivi a été confiée à la Cellule de Mesures et de Bilans.

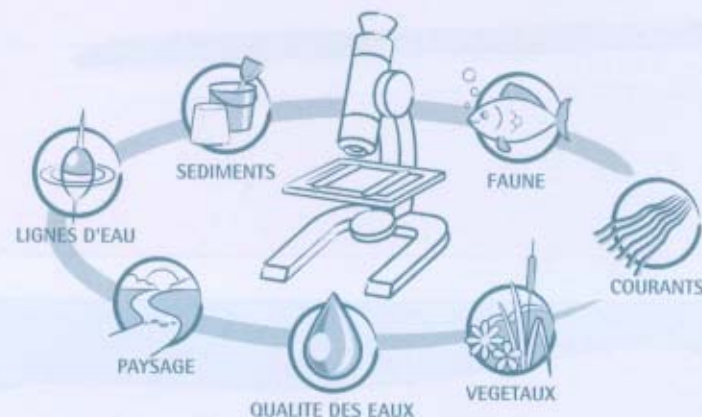
En 2001, la CMB a procédé au recueil d'informations et à l'organisation d'une banque de données sur l'état initial du site avant construction.

La méthodologie mise en place permettra à tous les acteurs d'avoir accès aux données recueillies. Chaque année, le comité technique de suivi rendra compte des résultats observés aux instances de concertation et de pilotage.

### L'ouvrage : rien de définitif

Outre les précautions prises pour conserver les usages du fleuve, l'ouvrage du Fresne-sur-Loire est conçu de manière réversible.

S'il ne remplit pas les objectifs attendus ou s'il entraîne des conséquences fâcheuses pour les riverains, il pourra être modifié, voire démonté.



# La réduction des épis

Les épis ont été aménagés pour rétrécir le lit de la Loire et approfondir le chenal de navigation. Par ailleurs, ils ont permis de limiter l'érosion latérale. On sait maintenant que l'approfondissement du lit a eu pour conséquence l'abaissement de la ligne d'eau d'étiage, sans gains pour la navigation. Il est nécessaire d'inverser le processus.

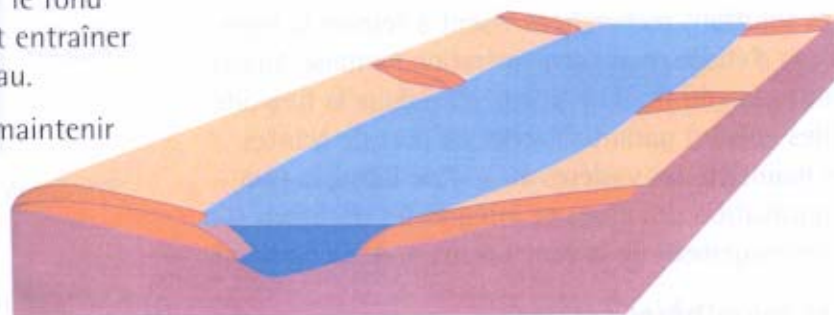
La réduction des épis est une opération de renaturation du milieu fluvial. En réduisant les épis, les sections où l'eau s'écoule vont s'agrandir et les vitesses moyennes des courants diminuer.

Les sédiments venant de l'amont ainsi que ceux piégés entre les épis vont se déposer sur le fond du lit et, par conséquent, le rehausser et entraîner un relèvement progressif de la ligne d'eau.

Cette opération suppose cependant de maintenir l'enracinement des épis pour ne pas remettre en cause la stabilité des berges et du lit. La quantité de sédiments piégés entre les épis du bras navigable a été estimée à environ 17 millions de m<sup>3</sup> dans les premières études de la modélisation. Une quantité de sédiments du même ordre de grandeur serait stockée dans les bras morts mais n'a pas été prise en compte dans cette phase.

Une expérimentation de réduction des épis pourrait se situer dans le secteur de Chalonnnes la Pointe avec, là aussi, un programme de suivi précis des impacts de l'opération comprenant des mesures de hauteur d'eau, des profils en travers et d'évolution des berges. Voilà pourquoi il n'est pas prévu d'enlèvement total des épis sur l'ensemble du cours.

AVANT REDUCTION



APRES REDUCTION

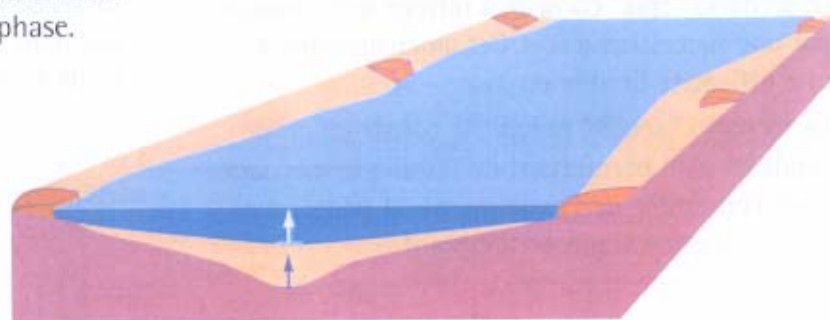


Schéma de fonctionnement de la réduction des épis. Source AELB.

## Question >> réponse

### Comment vont évoluer les mouvements de sable ?

Schématiquement, deux catégories de sédiments transitent dans la Loire : les sables et les vases. Présents surtout en amont du fleuve, les sables sont transportés près du fond lorsque les vitesses sont suffisamment fortes, principalement en crue.

Les apports de sable provenant de l'amont étaient importants au début du XX<sup>e</sup> siècle. On évalue à environ 70 millions de m<sup>3</sup> les quantités de sable extraites depuis 1900. Avec l'arrêt des extractions de granulats depuis 1996, les apports de sable devraient être identiques à ceux du début du siècle, néanmoins le lit de la Loire mettra plusieurs siècles à se rétablir.

La connaissance des mouvements de sable est difficile à acquérir : les méthodes sont encore empiriques. Pour l'instant, on sait qu'il faut un an au sable pour parcourir un kilomètre dans la Loire amont. Et le volume de sable emprisonné entre les épis est estimé à 17 millions de m<sup>3</sup>.

L'expérimentation du Fresne-sur-Loire et le suivi très précis des phénomènes granulométriques permettront de mieux connaître les processus hydrosédimentaires et l'évolution des fonds sableux à long terme.

# Les études prospectives aval, de Nantes à l'océan

## Les problèmes à résoudre

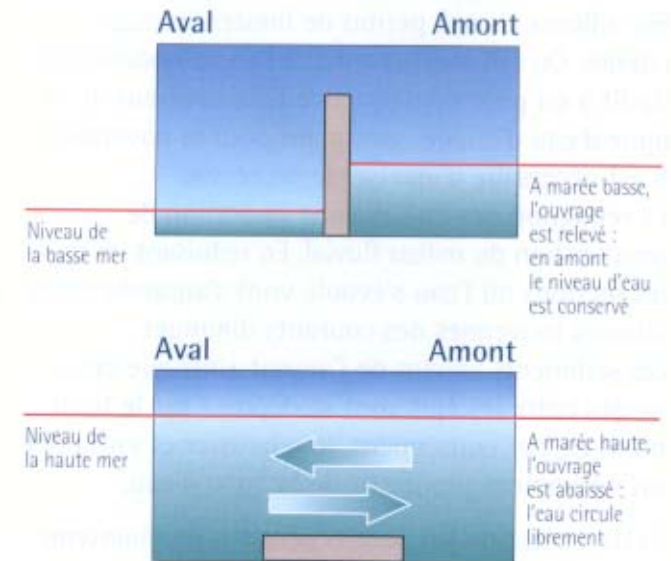
La modélisation a permis de mieux comprendre les mécanismes de dégradation de la partie aval de l'estuaire. L'abaissement de la ligne d'eau d'étiage engendre des problèmes de tenue des berges et des quais dans l'agglomération nantaise. L'augmentation du volume oscillant et du marnage ont contribué à la dégradation générale du système estuarien. La remontée vers l'amont des fronts de salinité et de turbidité a des conséquences négatives pour l'alimentation en eau.

Les solutions recherchées visent à relever la ligne d'eau d'étiage dans l'agglomération nantaise, limiter l'intrusion du front de salinité et réduire la turbidité. Elles doivent garantir l'accès au port de Nantes, le maintien des vasières au sud de Bilho, la non aggravation des crues et intégrer les décisions sur l'aménagement de la zone portuaire de Donges-Est.

## Les hypothèses testées

Plusieurs actions ont été testées puis combinées dans des scénarios :

- Le scénario "épis" consiste à rétrécir le lit mineur par une succession d'épis. Cet aménagement a une efficacité limitée en aval.
- Le scénario "seuils" prévoit la construction de seuils en aval permettant de réduire le marnage dans l'ensemble de l'agglomération nantaise et dans la section Nantes-Paimbœuf. Cet aménagement comporte de trop grands risques d'érosion pour la partie aval de l'estuaire.



Principe de fonctionnement de l'ouvrage de déconnexion

- Le scénario "déconnexion" s'appuie sur la construction d'un ouvrage amovible à la Martinière. Cet ouvrage permettrait, outre le relèvement en amont de la ligne d'eau de basse mer d'étiage, de réduire le volume oscillant et de repousser les fronts de salinité et de turbidité vers l'aval.

Ces études ont montré que la réduction du volume oscillant est un objectif essentiel pour l'estuaire.



## Question >> réponse

### Comment évolue le bouchon vaseux ?

Le bouchon vaseux est un phénomène rencontré dans la plupart des estuaires à marée. Il résulte de la rencontre des eaux du fleuve avec les eaux marines : les organismes vivant dans les eaux douces meurent au contact des eaux salées et forment avec les sédiments une masse en suspension. Le régime des marées et le débit du fleuve contribuent à faire migrer cette masse vaseuse dans l'estuaire, modifiant ainsi son étendue et son volume.

Dans l'estuaire de la Loire, le bouchon vaseux aurait doublé de volume depuis 1982 (selon certains experts) et il s'étend fréquemment en amont de Nantes. Il contribue très largement à la dégradation de la qualité des eaux et constitue un problème pour la vie piscicole et l'alimentation en eau des marais. La poursuite des études prospectives aval va permettre de savoir comment évoluent plus précisément le bouchon vaseux et les phénomènes de sédimentation dans l'estuaire.

### La décision : poursuivre les études prospectives

Cependant, aucun des scénarios testés ne peut satisfaire l'ensemble des objectifs définis à l'origine de la démarche, même si le scénario "déconnexion" s'est avéré le plus efficace notamment pour la remontée de la ligne d'eau dans l'agglomération nantaise et la réduction de l'intrusion du front de salinité. Dès lors, il a été proposé de rechercher une autre solution, plus "progressive" qui permettrait réellement d'apporter une réponse aux dysfonctionnements de l'estuaire et pas seulement d'en limiter les conséquences. Les partenaires de la modélisation ont décidé de poursuivre les études pour approfondir la faisabilité du scénario "déconnexion", mieux connaître ses impacts sur l'accumulation de sédiments et explorer le scénario "progressif".

### Les partenaires du programme aval

Les études prospectives aval sont co-présidées par l'Etat et l'Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire. La maîtrise d'ouvrage a été confiée à la Cellule de Mesures et de Bilans. Ces études sont inscrites au Programme Interrégional Loire Grandeur Nature 2000-2006. Son financement, d'un montant de 4,19 M€, est assuré par l'Etat, la Région des Pays-de-la-Loire, l'ACEL, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et l'Union Européenne.



Illustration du bouchon vaseux

## LES ETUDES PROSPECTIVES AVAL

# Quatre phases jusqu'en 2006

Le comité technique de la modélisation a défini quatre grandes phases pour la poursuite des études prospectives aval, entre Nantes et l'océan.

### Phase 1 : acquisitions de données (2000-2001)

Cette phase a commencé par le lancement de deux séries de campagnes d'acquisitions de données nouvelles sur la dynamique sédimentaire et le milieu vivant. Ces données sont recueillies en période d'étiage et en période de crue.

Leurs résultats vont être exploités au-delà de la simple validation : ils seront utilisés pour caler les modèles mathématiques et regroupés dans un "état de références". Ils sont indispensables à la compréhension du bilan sédimentaire. Par ailleurs, cette phase permet d'organiser la maîtrise d'ouvrage et de préparer le lancement des appels d'offres.

Coût de réalisation de cette phase :  
0,945 M€ (6,2 MF).

### Phase 2 : préparation des deux scénarios (2002)

L'appel d'offres des études prospectives aval va être lancé en 2002. Il portera sur la préparation des outils et modèles de simulation pour les deux scénarios. Pour le scénario "déconnexion", les éléments suivants vont être étudiés : faisabilité simplifiée du scénario, reconnaissance géotechnique, recherche de sites alternatifs. Pour le scénario "progressif", il conviendra de le

définir techniquement, d'en cerner les différentes composantes, d'effectuer des simulations sur le modèle existant et de tester les hypothèses à court et à long terme.

L'objectif est d'avoir à la fin 2002 début 2003 les deux scénarios au même niveau pour les modélisations futures.

Le budget prévu pour cette phase est de 0,793 M€ (5,2 MF).

### Phase 3 : étude des deux scénarios (de 2003 à mi-2005)

Des simulations seront réalisées au cours de cette phase. Il est prévu de conduire une série d'investigations identiques pour les deux hypothèses : efficacité à court et long terme, impacts sur les usages, les milieux naturels, les paysages. Des études spécifiques seront engagées : recherche de règles de gestion pour le scénario "déconnexion", optimisation du système pour le scénario "progressif", analyse des coûts et des risques.

Vers la mi-2005, les résultats pourront être présentés et étudiés dans la préparation du futur Contrat Etat-Région.

Budget prévisionnel pour cette phase :  
1,92 M€ (12,6 MF).



#### Phase 4 : approfondissements et débats (fin 2005-2006)

Des compléments d'études seront nécessaires pour nourrir les débats publics préalables aux prises de décisions.

Le maître d'ouvrage prévoit d'intensifier au cours de cette phase la diffusion des informations nécessaires à la compréhension des débats.

Budget prévu pour cette phase : 0,26 M€ (1,7 MF).

#### Transparence et communication

La co-présidence du programme aval attache une grande importance à la communication des résultats tout au long de la réalisation des phases de l'étude. L'ensemble des acteurs concernés par la Loire (élus, techniciens des institutions, responsables d'associations, riverains) participent à un comité consultatif qui sera réuni tous les ans et informé du déroulement des études.

La CMB mettra les bilans et synthèses des données recueillies à disposition de tous. En outre, la CMB va engager d'autres formes de communication pour sensibiliser un public plus large au programme d'études.

## Question >> réponse

### Quand seront prises les décisions pour l'aval de Nantes ?

Aucune décision n'est prise à ce jour. Les études prospectives aval sont destinées à explorer les différentes possibilités d'amélioration du fonctionnement de l'estuaire de la Loire. Le programme d'études a pour objet à la fois d'approfondir le scénario qui prévoit la construction d'un ouvrage de déconnexion et parallèlement d'étudier et de simuler les hypothèses d'un autre scénario "progressif". Les décisions pourront être prises fin 2005.

## LES ETUDES PROSPECTIVES AVAL

# Compléter les connaissances sur la sédimentation

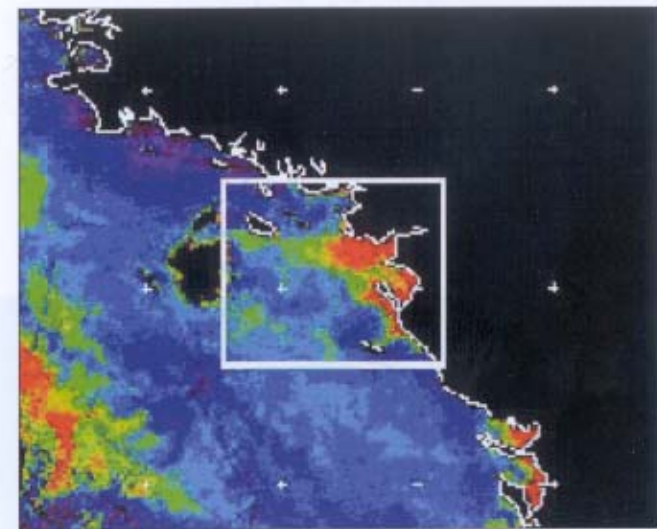
La première phase des études prospectives aval a commencé par la réalisation en 2000 et 2001 de deux séries de campagnes d'acquisitions de données. Ces campagnes répondent à la nécessité d'actualiser l'état des connaissances sur le fonctionnement hydrosédimentaire et le milieu vivant de l'estuaire aval. L'analyse des résultats obtenus et les comparaisons avec les situations antérieures vont permettre de constituer un "état de références" et de réaliser le calage des modèles qui seront utilisés durant le programme d'études. Ces campagnes ont utilisé des techniques innovantes permettant d'atteindre une précision inconnue auparavant.

### Quatre campagnes d'étiage

Une série de campagnes a été réalisée à l'automne 2000 pour connaître, lors des basses eaux, où, quand et comment se répartissent, se déposent et transitent les sédiments. La première campagne est destinée à relever très précisément l'altitude des zones basses de l'estuaire et les cartographier.

La deuxième campagne a permis de cartographier la sédimentation sur trois sites de référence : le banc de Bilho, et les étiers de Rohars et de Saint-Jean-de-Boiseau. Cette approche servira de base au suivi saisonnier ultérieur des sites.

La troisième campagne a permis la cartographie de la répartition des sédiments grâce aux données recueillies par sonar sur l'estuaire externe et interne d'une part, et l'étude du volume et de l'évolution



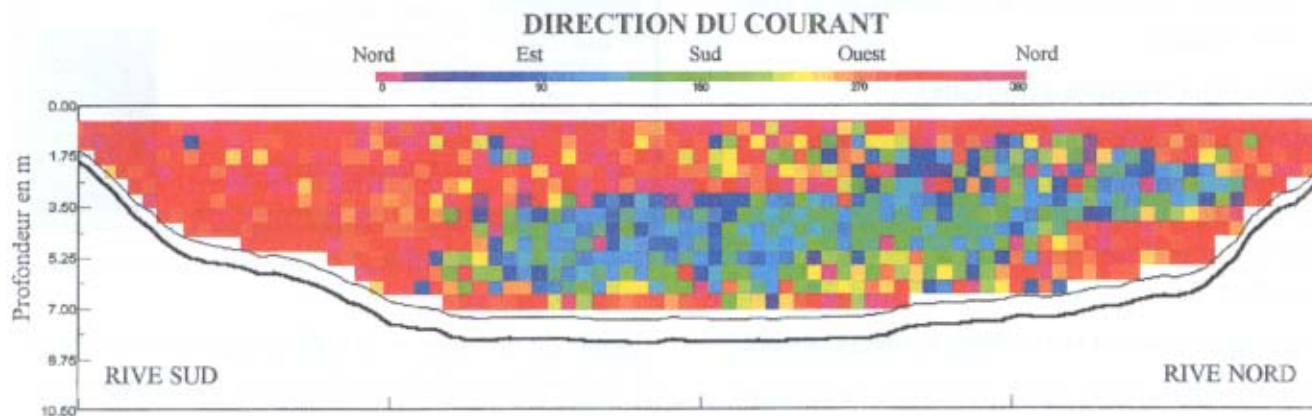
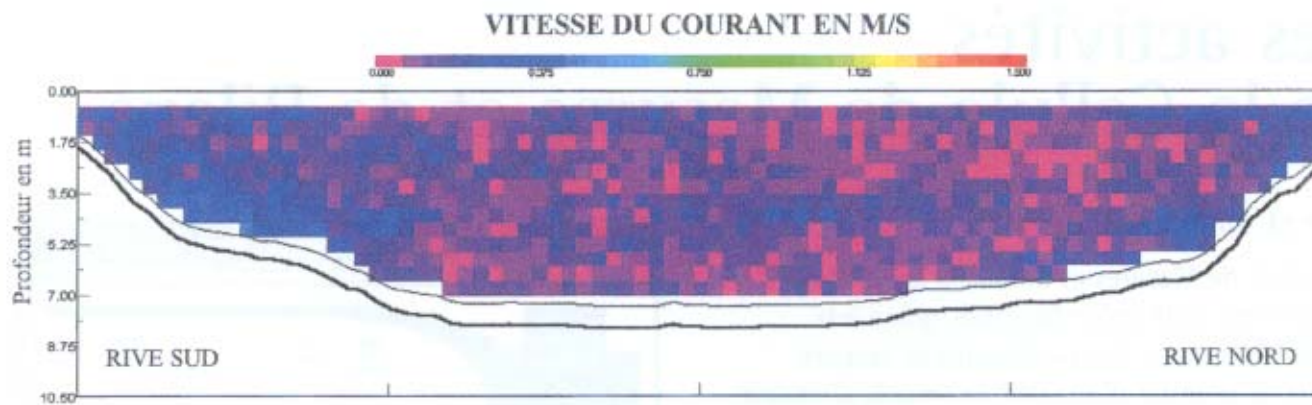
Opération 2 : Image satellite SEAWIFFS du panache turbide de la Loire, Mai 2000

de la crème de vase d'autre part.

La quatrième campagne, la plus complexe, a concerné les mesures de paramètres de la qualité physico-chimique de l'eau (matières en suspension, oxygène, etc...) et des mesures de courant simultanément en de nombreux lieux, à différentes profondeurs :

- des mesures en continu sur un cycle complet de marées (16 jours) à Donges, Cordemais et Chantenay, à raison d'une mesure toutes les 15 minutes ;
- des mesures simultanées sur trois cycles de marée pour neuf profils de Saint-Nazaire à Champtoceaux.





Campagne 4 : image instantanée des Courants sur la section Cordemais le 6 octobre 2000 à 12h36. Source CMB.

### Six opérations en période de crue

L'acquisition des données s'est poursuivie en 2001 et 2002 par le lancement d'une série d'opérations en période de hautes eaux.

L'opération 1 concerne la mesure du flux de matières en suspension expulsées de l'estuaire. Ce flux est mesuré dans la partie interne de l'Estuaire, entre Donges et Saint-Nazaire et dans la partie externe au droit du banc de Mindin.

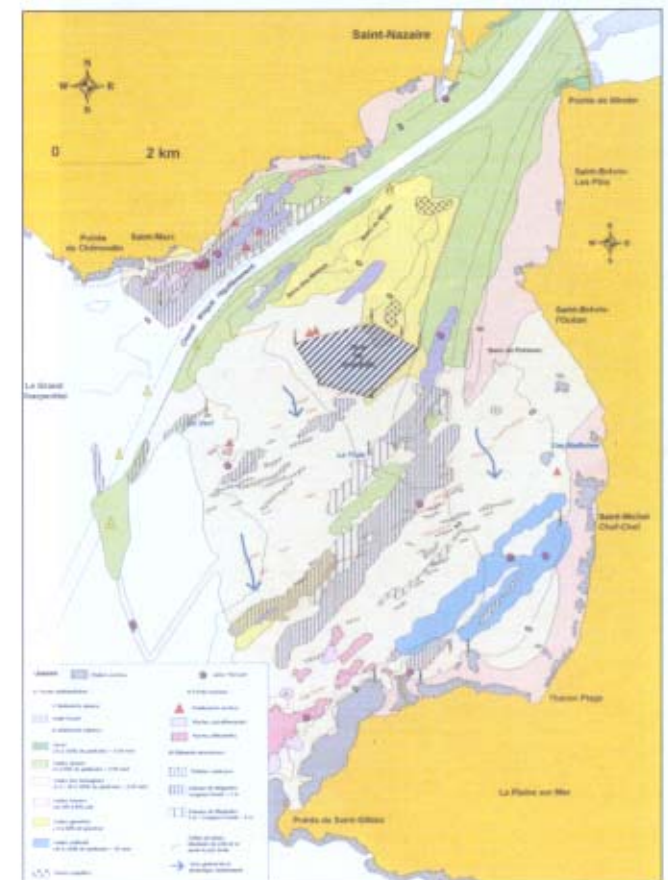
L'opération 2 a pour objet l'acquisition d'images par satellites pour suivre le déplacement des particules sédimentaires expulsées par la Loire en crue.

L'opération 3 va permettre de réactualiser les connaissances sur le comportement mécanique de la crème de vase dans l'estuaire. L'arrêt des extractions en amont dans le lit du fleuve a pu avoir des répercussions sur la sédimentation dans le secteur aval.

L'opération 4 est destinée à recueillir des données sur les communautés d'animaux (le benthos) et d'algues occupant les fonds estuariens.

L'opération 5 étudie et suit l'évolution de la sédimentation sur les sites de référence (banc de Bilho, étiers de Rohars et de Saint-Jean-de-Boiseau).

L'opération 6 porte sur la recherche de micro-polluants dans les prélèvements de sédiments vaseux effectués sur les parties latérales de la Loire lors de la campagne d'octobre 2000.



Campagne 3 : Faciès sédimentaires de l'estuaire externe. Octobre 2000. Source CMB.

# Les activités de la Cellule de Mesures et de Bilans

## Rôle et missions de la CMB

La Cellule de Mesures et de Bilans de la Loire estuarienne a été créée fin 1998, grâce à la volonté commune des partenaires et acteurs locaux de se doter d'un outil de recueil, d'analyse et de synthèse des données d'évolution de la Loire et de son estuaire.

La CMB a deux missions prioritaires :

- élaborer une grille d'indicateurs permettant d'observer à long terme les évolutions des milieux,
- informer et diffuser les synthèses des données recueillies.

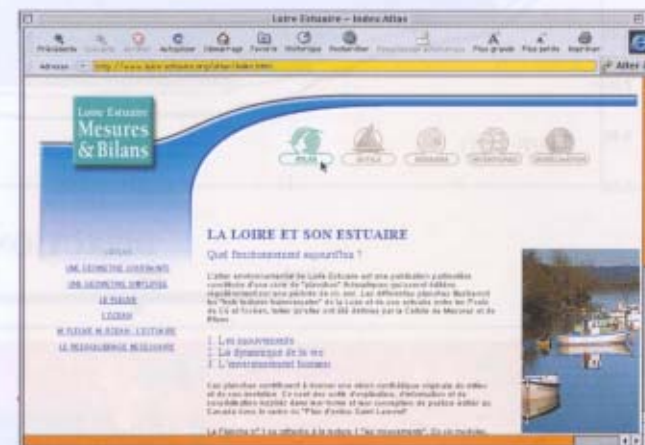
D'autres missions lui ont été confiées, consécutivement :

- la maîtrise d'ouvrage de la poursuite des études prospectives aval du Programme Interrégional Loire Grandeur Nature 2000-2006,
- le suivi des impacts de la réalisation expérimentale des seuils du Fresne-sur-Loire.

## Grille : douze indicateurs réalisés fin 2001

En 1999, La CMB a proposé une grille d'indicateurs fondée sur une vision transversale du fonctionnement de la Loire estuarienne. Depuis début 2000, la CMB s'est attachée à construire les indicateurs et à vérifier leur faisabilité. Sur 55 indicateurs sélectionnés au total, la Cellule en a conçus une douzaine fin 2001 : qualité de l'eau, biodiversité des milieux, évolution des lignes d'eau, etc...

Un travail important a été effectué avec les four-



Bienvenue sur le site de la CMB : [www.loire-estuaire.org](http://www.loire-estuaire.org)

nisseurs de données et la CMB a signé une quinzaine de conventions de fournitures ou d'échanges avec les producteurs et des laboratoires universitaires.

## Système d'informations géographiques

Parallèlement, la CMB poursuit la mise en place progressive d'un système relationnel de bases de données et d'un système d'informations géographiques. En 2001 les données ont été récupérées et informatisées. La structure du système d'informations géographiques a été définie. La constitution de cartographies originales a commencé. Il est prévu de développer ensuite les cartographies liées au suivi de l'évolution du milieu naturel et physique.

## Communication : intensification à partir de 2002

Depuis sa création, la CMB publie la Lettre de l'Estuaire, qui aborde à chaque numéro un thème d'investigation. Les indicateurs font l'objet d'un document spécifique. La CMB édite aussi chaque année une planche de l'Atlas environnemental. La Cellule est présente sur le WEB. Le contenu de son site ([www.loire-estuaire.org](http://www.loire-estuaire.org)) s'élargit progressivement au résultat des études en cours. A partir de 2002 seront édités des Dossiers thématiques sur l'état des connaissances acquises et des programmes de recherche. Le premier aura pour thème "Biodiversité des milieux estuariens".

Par ailleurs, la Cellule va multiplier les rencontres avec différents publics, notamment par l'animation de conférences, la réalisation d'expositions et l'organisation de journées scientifiques.

## La CMB bientôt Groupement d'Intérêt Public

Dans sa phase de préfiguration, la CMB était portée juridiquement par l'ACEL. Il a été proposé de la transformer en Groupement d'Intérêt Public (GIP) compétent en matière d'environnement. Le projet de convention constitutive prévoit que la composition du GIP sera équilibrée entre :  
- d'une part les représentants de l'Etat et ses

établissements publics : Voies Navigables de France, Port Autonome, Université.

- d'autre part les collectivités et acteurs économiques locaux : ACEL, Région des Pays-de-la-Loire, Département de Loire-Atlantique, Communauté Urbaine de Nantes, Ville de Saint-Nazaire, CCI de Nantes et de Saint-Nazaire, Union Maritime de la Basse-Loire.

L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne s'est engagée à soutenir financièrement le GIP pour la durée du Contrat Etat-Region 2000-2006.

### Documents CMB

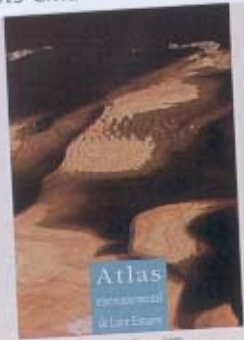


Planche N°2 juillet 2001  
L'Estuaire de la Loire

### LA LOIRE ET SON ESTUAIRE QUEL FONCTIONNEMENT AUJOURD'HUI ?

#### PRESENTATION DE L'ATLAS ENVIRONNEMENTAL

L'Atlas environnemental de la Loire Estuaire est une publication pluridisciplinaire coordonnée par la Cellule de l'Estuaire de la Loire. Elle est destinée à l'ensemble des acteurs de l'estuaire de la Loire. Elle est le fruit d'un travail collectif de la Cellule de l'Estuaire de la Loire et de ses partenaires. Elle est le résultat de nombreuses études et de la participation de nombreux acteurs de l'estuaire de la Loire.

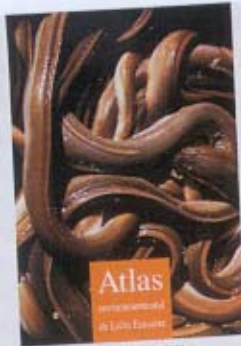


Planche N°2 juillet 2001  
L'Estuaire de la Loire

### PÊCHES PROFESSIONNELLES DE LA MAINE À LA MER



### 1 Une adaptation permanente



Les pêcheurs professionnels de la Loire ont dû s'adapter à de nombreuses évolutions de leur environnement. Ces adaptations ont été le résultat de la pression de la concurrence internationale, de la réglementation européenne, de la dégradation de l'environnement et de la diminution des stocks de poissons. Les pêcheurs ont dû modifier leurs pratiques, leurs équipements et leurs zones de pêche pour continuer à exercer leur métier.



LA CREVETTE GRISE



## La lettre de Loire Estuaire

### DE LA MAINE À LA MER

**3 Quelques repères chi**

Magasin de produits frais de l'Estuaire de la Loire, 100 rue de la République, 44300 Nantes. Ouvert de 9h à 19h. Téléphone : 02 51 82 12 12.

**La lettre de Loire Estuaire** est une publication trimestrielle de la Cellule de l'Estuaire de la Loire. Elle est destinée à l'ensemble des acteurs de l'estuaire de la Loire. Elle est le fruit d'un travail collectif de la Cellule de l'Estuaire de la Loire et de ses partenaires. Elle est le résultat de nombreuses études et de la participation de nombreux acteurs de l'estuaire de la Loire.

**LES PÊCHES PROFESSIONNELLES DE LA MAINE À LA MER**

**Territoires et procédures**

**LES POSSIBLES BIANCS**

**FOCUS**

**19**

# Lexique des termes de Loire et d'estuaire

## *Bief*

Section du fleuve entre deux points remarquables.

## *Boire*

Ancien bras secondaire de Loire à l'écart des courants actifs, en marge du lit mineur. En période d'étiage, les boires s'assèchent. Elles se réalimentent soit par débordement soit par infiltration avec la remontée de la ligne d'eau.

## *Bouchon vaseux*

Masse vaseuse formée par les sédiments en suspension et matières organiques qui s'accumulent à la rencontre des eaux marines et des eaux du fleuve. Elle bouge d'amont en aval ou inversement en fonction du débit du fleuve et des marées.

## *Bras mort*

Bras plus ou moins déconnecté du lit principal de la Loire du fait du déplacement des chenaux, de la sédimentation ou des aménagements.

## *Coefficient de marée*

Nombre compris entre 20 et 120 et qui, en France, est associé à l'amplitude de la marée.

Au dessus d'un coefficient de 90, ce sont les vives eaux. En dessous d'un coefficient de 45, ce sont les mortes eaux. Entre ces deux coefficients, ce sont les eaux moyennes.

## *Crue*

Augmentation importante du débit de la Loire (au-dessus de 2000 m<sup>3</sup>/s), liée aux précipitations et à la fonte des neiges, le plus souvent en hiver ou au printemps. Opposé : étiage.

## *Débit*

Volume d'eau écoulé dans un temps donné : L'unité de mesure est le nombre de m<sup>3</sup> par seconde. Le débit de la Loire à la station de référence de Montjean est quotidiennement donné par minitel ou internet. Le débit de la Loire est suivi en permanence à la station de Montjean-sur-Loire. Le débit moyen sur un an y est de 850 m<sup>3</sup>/s. Ce débit est appelé : module.

## *Epis*

Ouvrages généralement constitués de pieux et d'enrochements disposés perpendiculairement au fleuve et permettant de canaliser le courant.

## *Estuaires*

Ils relient les rivières et fleuves à la mer. Ils sont le domaine de transition entre le monde continental et le monde marin. "L'origine latine de ce terme est très significative : aestus (la marée) est le substantif du verbe aesto (je bouillonne), ce qui suggère bien l'effet bouillonnant de la marée montante à l'embouchure du fleuve...[...]"

## *Etiage*

Le plus bas niveau des eaux associé aux plus faibles débits.

## *Flot*

Marée montante. Opposé : jusant.

## *Halieutique*

Qui se rapporte à la pêche.

## *Jusant*

Marée descendante. Opposé : flot.

## *Levées*

Digues en terre ou maçonnerie élevées sur les berges du fleuve pour éviter les débordements des eaux lors des crues. On dit aussi "turcies".

## *Lit majeur*

Espace maximum qu'occupe un cours d'eau lorsqu'il déborde de son lit mineur très temporairement en période de grandes crues.

## *Lit mineur*

Partie du lit compris entre des berges franches ou marquées. La quasi totalité du temps (hors période de très hautes eaux et crues débordantes) l'eau s'y écoule dans un ou plusieurs bras.



## Marais

Définit des milieux et des pratiques différentes selon les lieux. Ce peuvent être des prairies humides en estuaire, des étendues d'eaux stagnantes, des zones propres au maraîchage ou à l'élevage.

## Marnage

Différence de hauteur de l'eau entre les niveaux de basse mer et les niveaux de haute mer : de 2 à 6 mètres dans l'estuaire de la Loire selon les coefficients de marée.

## Mortes eaux et vives eaux

Sous l'action de la lune et du soleil qui s'ajoutent ou se contrarient, le niveau de la mer enregistre des marnages plus ou moins importants. A chaque pleine lune et à chaque nouvelle lune, les amplitudes de marée passent par un maximum, la marée est dite de "Vives eaux". A chaque premier et dernier quartier de la lune, le marnage passe par un minimum, la marée est dite de "Mortes eaux". La période de mortes eaux à vives eaux (ou les coefficients de marée passent de minimum à maximum) est appelé : revif. Le déchet est la période suivante : les coefficients de marée décroissent des marées de vives eaux aux marées de mortes eaux.

## Mulet

Indicateur involontaire de mauvaise qualité des eaux lorsqu'il défile en cortège, le ventre en l'air.

## PK

Point kilométrique le long d'un fleuve. Pour la Loire, le PK 0 se situe traditionnellement en amont, aux Ponts-de-Cé. Le PK 140 est en aval, à Saint-Nazaire. Pour des commodités techniques la modélisation avait inversé l'échelle kilométrique le point zéro se situant à Saint-Nazaire.

## Seuils à échancrure

Ouvrages implantés dans le fond du lit. Pour ne pas pénaliser le passage des bateaux en laissant un "mouillage" suffisant (épaisseur de la lame d'eau), une échancrure est conçue dans la largeur du seuil. La partie la plus basse du seuil dans cette échancrure est appelé le radier.

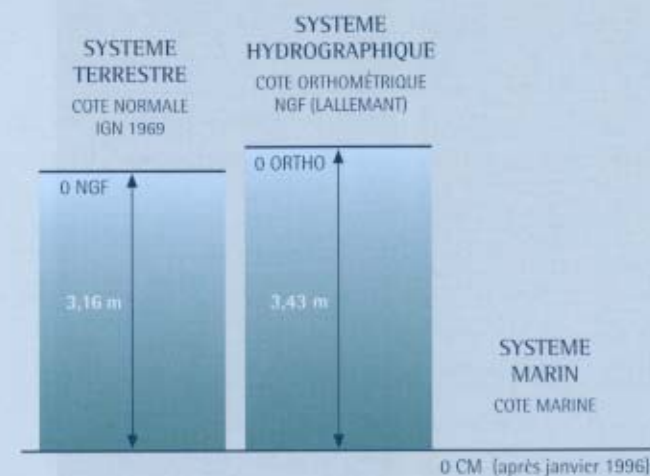
## Volume oscillant

Quantité d'eau entrant et sortant de l'estuaire ou dans une section définie à chaque marée.

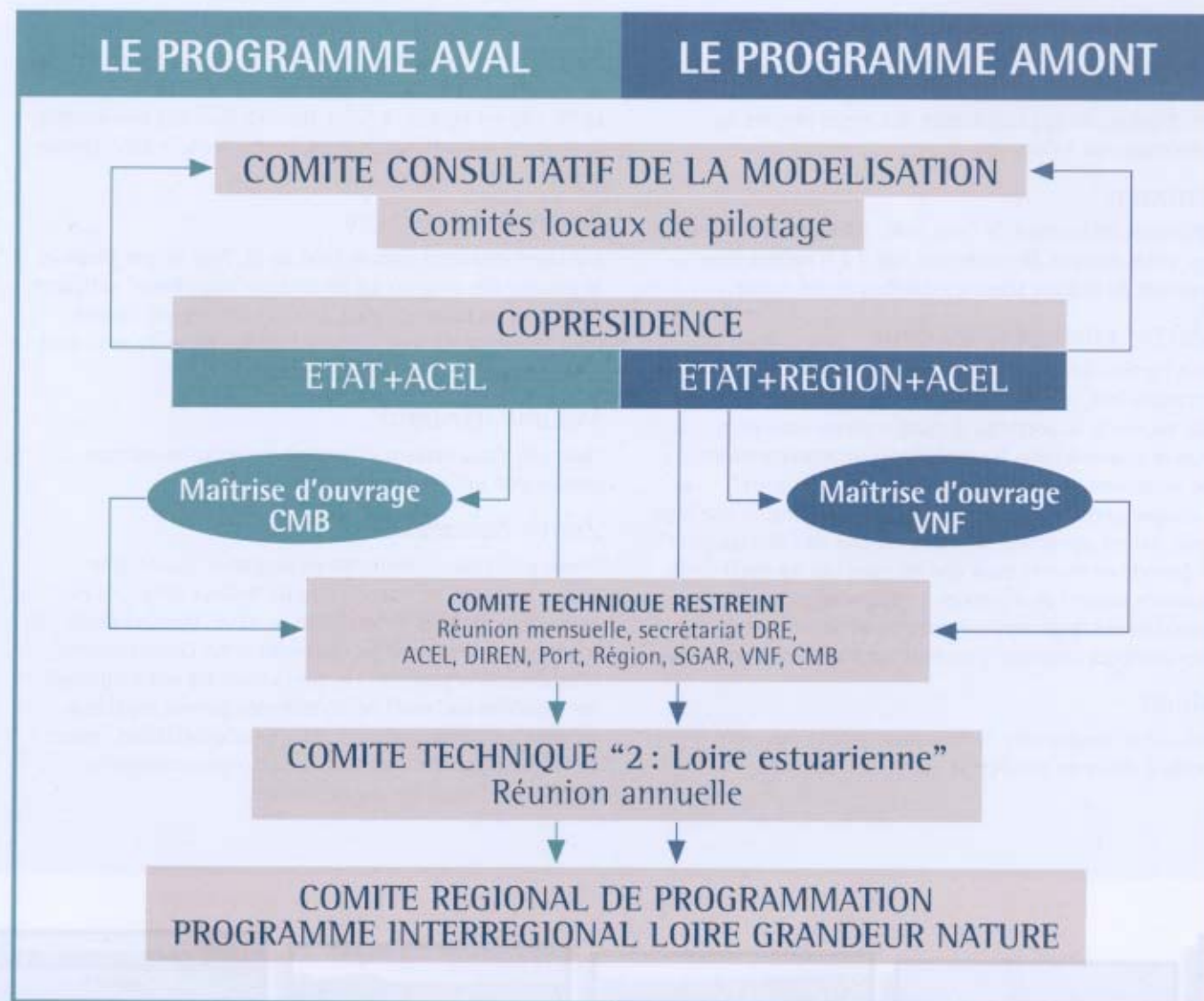
## Zones humides

Terme générique – wetlands en anglais – qui désigne toutes les zones de transition entre milieux terrestres et aquatiques : marais d'eau douce ou salée, marais salants, tourbières, marécages, prés humides selon l'emplacement, la salinité, la végétation. Les zones humides ont longtemps été associées au "mal" ou considérées comme espaces à récupérer, assainir, convertir pour des exploitations variées. En France a été lancé en 1995 un plan gouvernemental d'action en faveur des zones humides.

## Les principaux systèmes de cotes



# Organisation



Pour tout renseignement :

- Programme amont – Voies Navigables de France – E.mail : [SMN-nantes@equipement.gouv.fr](mailto:SMN-nantes@equipement.gouv.fr)
- Programme aval – Cellule de Mesures et de Bilans – E.mail : [cel.loire@dial.oleane.com](mailto:cel.loire@dial.oleane.com)

# Contacts utiles et Sigles

## *ACEL*

- Association Communautaire de l'Estuaire de la Loire  
10 rue Charles Brunellière  
44100 Nantes  
Tél: 02 40 69 27 20

## *AELB*

- Agence de l'Eau Loire-Bretagne  
Avenue Buffon  
45100 Orléans cedex 02  
Tél.: 02 38 51 73 73

## *CMB*

- Cellule de Mesures et de Bilans de la Loire estuarienne  
22 rue de la Tour d'Auvergne  
44200 Nantes  
Tél.: 02 51 72 93 65
- Conseil Général de Loire-Atlantique  
3, quai Ceneray BP 94109  
44041 Nantes cedex 01  
Tél. : 02 40 99 10 00
- Conseil Général de Maine-et-Loire  
rue St-Aubin  
49100 Angers  
Tél.: 02 41 81 49 49
- Conseil Régional des Pays-de-la-Loire  
1 rue de la Loire  
44266 Nantes cedex 02  
Tél.: 02 40 41 41 41

- Communauté Urbaine de Nantes  
Tour de Bretagne  
44047 Nantes cedex 01  
Tél.: 02 40 99 48 48

## *DHI*

- Danish hydraulic Institute  
2 rue Robert le Ricolais CP 60486  
44304 Nantes cedex 03  
Tél.: 02 40 52 02 23

## *DIREN*

- Direction Régionale de l'Environnement  
3 rue Menou BP 61219  
44012 Nantes Cedex 01  
Tél.: 02 40 99 58 00

## *DRE*

- Direction Régionale de l'Équipement  
16 rue Gaëtan Rondeau BP 90409  
44204 Nantes cedex 02  
Tél: 02 51 82 55 55

## *EPALA*

- Etablissement Public Loire  
3 avenue Claude Guillemain  
45100 Orléans  
Tél: 02 38 64 38 38

## *PANSM*

- Port autonome de Nantes Saint-Nazaire  
18 quai Ernest Renaud BP 18609  
44186 Nantes cedex 04  
Tél.: 02 40 44 20 20

- Programme Interrégional Loire Grandeur Nature MATE  
20 avenue de Ségur  
75302 Paris 07 SP

## *SGAR*

- Secrétariat Général pour les Affaires Régionales  
6 quai Ceineray BP 33515  
44035 Nantes cedex 01  
Tél.: 02 40 08 64 40

## *SMN*

- Service Maritime et de Navigation  
2 rue Marcel Sembat BP 80240  
44102 Nantes cedex 04  
Tél.: 02 40 71 02 00

## *VNF*

- Voies Navigables de France  
18 quai Ernest Renaud BP 80240  
44102 Nantes cedex 04  
Tél.: 02 40 71 02 00

Une publication Programme Interrégional Loire Grandeur Nature, février 2002

Responsables de publication : ACEL/CMB

Conception-rédaction : Philippe Petit

Maquette : Jean-Luc Hubiche

Documentation : CMB

Illustrations : AELB/CMB/VNF

Photos : D. Drouet<sup>©</sup>, F. Douaud<sup>©</sup>, C. Petiteau<sup>©</sup>, M. Guyot<sup>©</sup>, IGN, CMB, ACEL

Imprimeur : Cartoffset

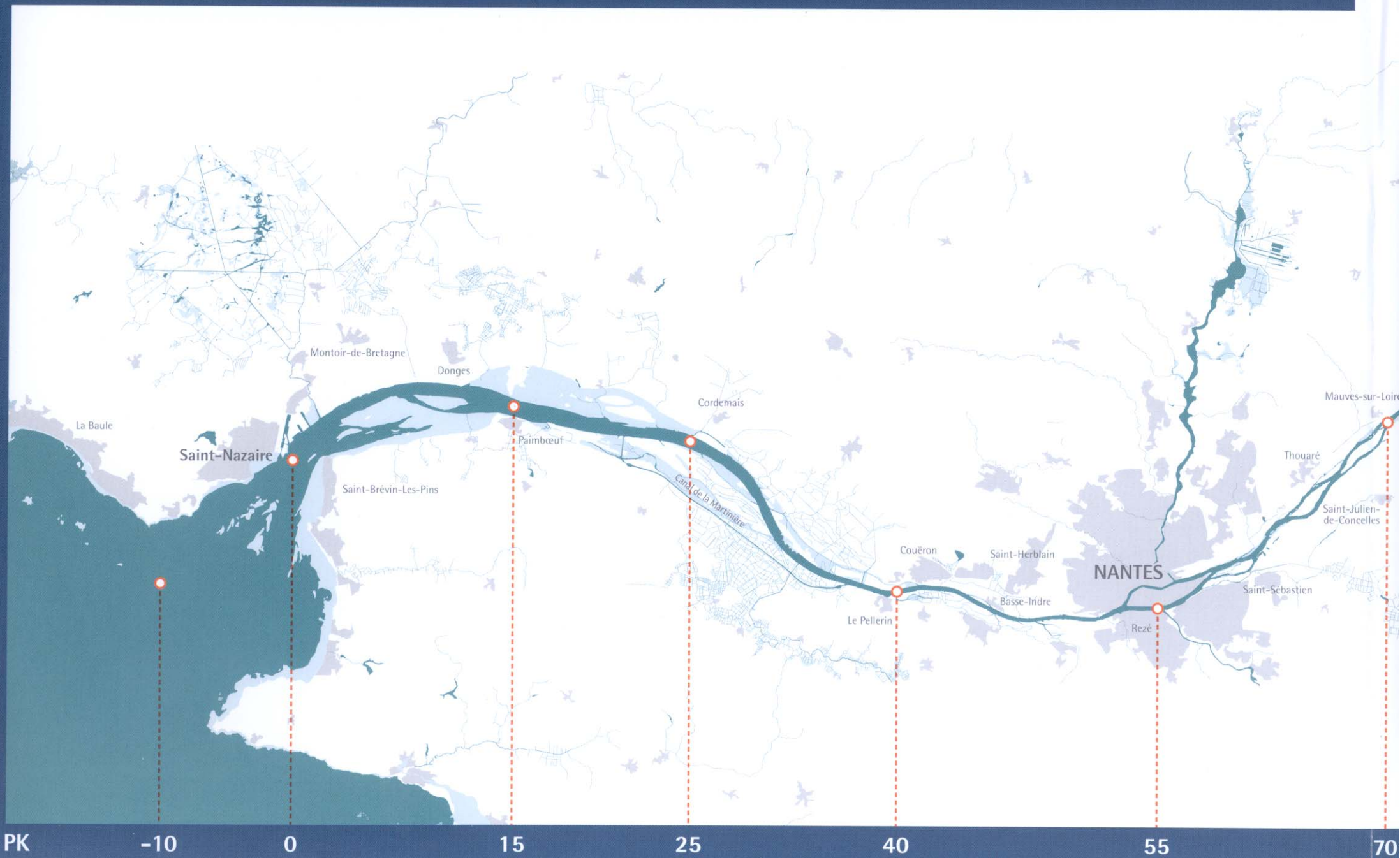


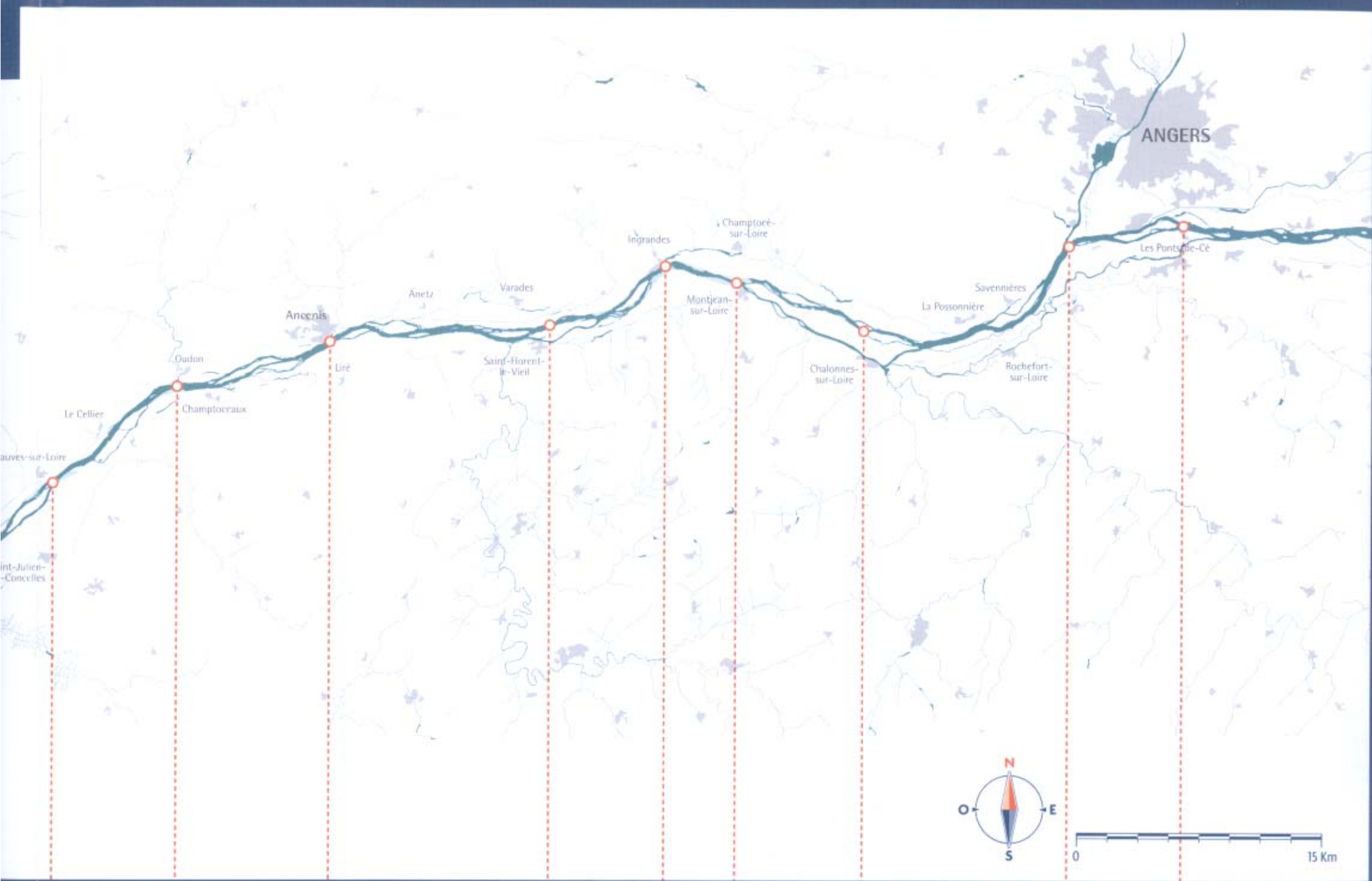
COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE  
Fonds européen  
de développement régional





# Carte des points kilométriques de la Loire : de l'estuaire aux Ponts-de-Cé





70 80 90 100 108 112 120 134 140 PK