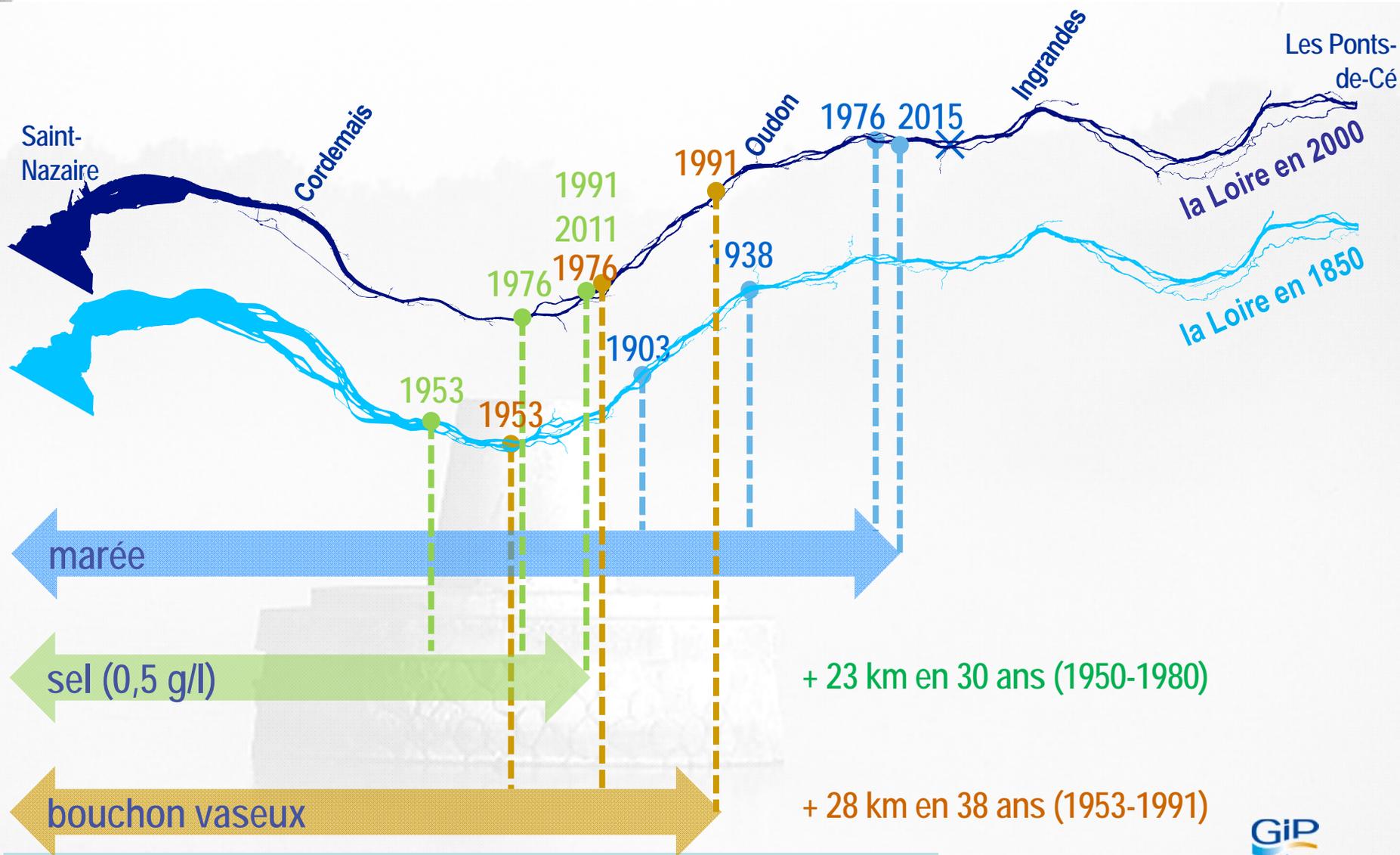


Les évolutions observées (conséquences des aménagements et du changement de géométrie)



Une intrusion maximale en condition de pleine mer de vives eaux et étiage

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

Les déséquilibres, un diagnostic partagé (CSEEL, APEEL, Delft, Port...)

- Des vases en augmentation
- Un estuaire plus salé
- Des lignes d'eau qui baissent
en amont du fleuve
- Des milieux humides menacés
(annexes latérales)
- Une eau de qualité médiocre
- Un manque de données.

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

Mobilisation des acteurs

Lancement du Plan Loire
Grandeur Nature de 1994

- un plan global d'aménagement de la Loire visant à concilier la sécurité des personnes, la protection de l'environnement et le développement économique

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

Diagnostic

Progressivité de la démarche

Objectifs

Définition des actions et des
scénarios

Pilotage et concertation

Résultats

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

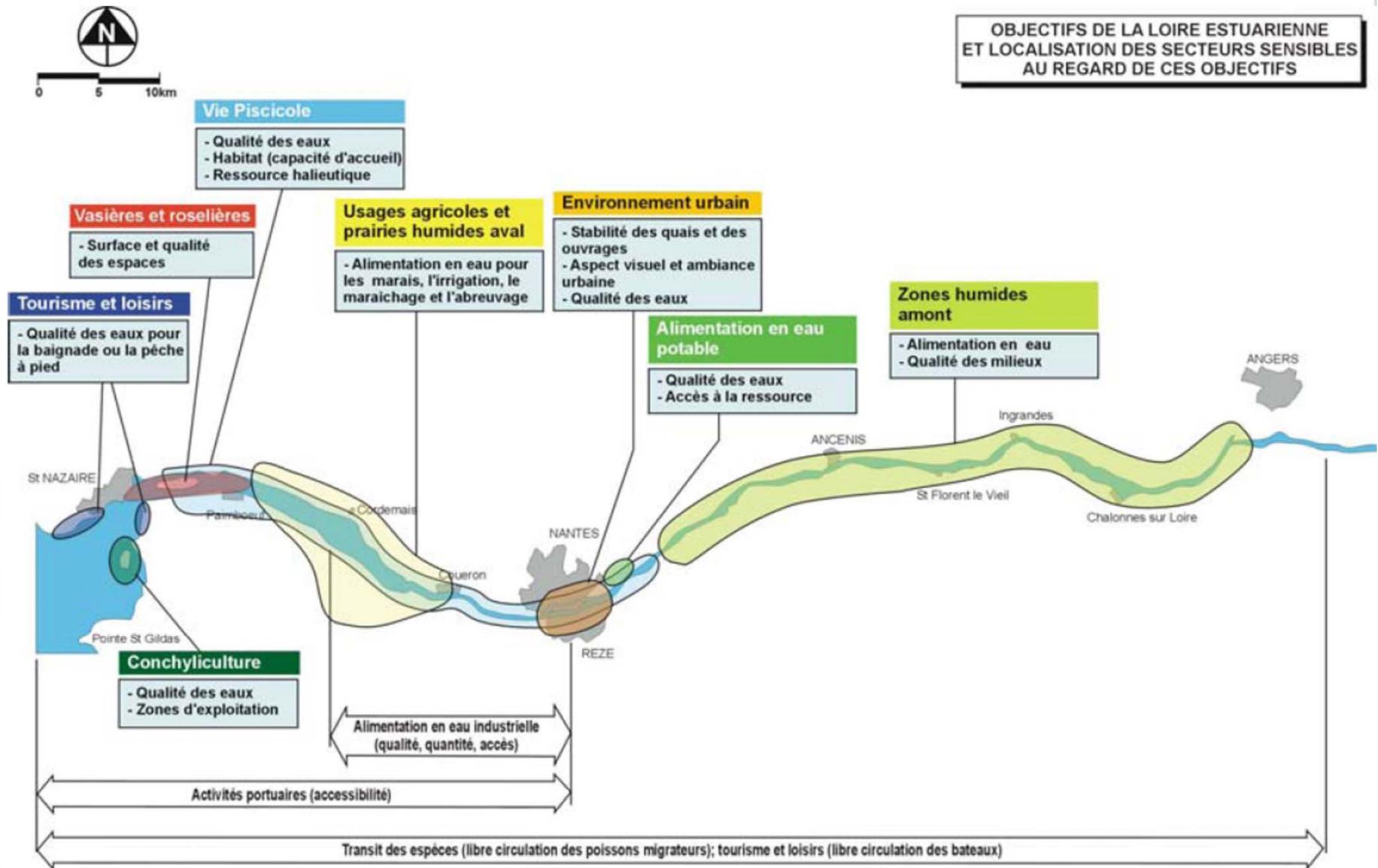
Un diagnostic partagé : les dysfonctionnements

- L'abaissement de la ligne d'eau d'étiage
- L'augmentation du volume oscillant
- La remontée vers l'amont de l'eau salée
- L'extension du bouchon vaseux
- La dégradation de la qualité de l'eau
- La réduction des zones humides

Progressivité de la démarche d'études de 1995 à 2000

- Recueil et analyse des données
- Première modélisation simplifiée, expertises
- Recherches et esquisses de solutions
- Quatre scénarios testés

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne



1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

Des objectifs quantifiés...

Rattachés aux usages

Environnement urbain

- stabilité des quais et des ouvrages,
- ambiance urbaine

Alimentation en eau potable

- qualité
- accès à la ressource

Tourisme

- baignade
- pêche à pied
- navigation de plaisance

Activités agricoles

- alimentation en eau
- conchyliculture

Industrie et port

- accessibilité portuaire
- alimentation en eau

Milieus naturels

Habitats piscicoles et usages halieutiques



Déterminés par 4 conditions principales

- Relever la ligne d'eau d'étiage - de basse mer
- Repousser le front de salinité
- Réduire la turbidité
- Restaurer les milieux naturels

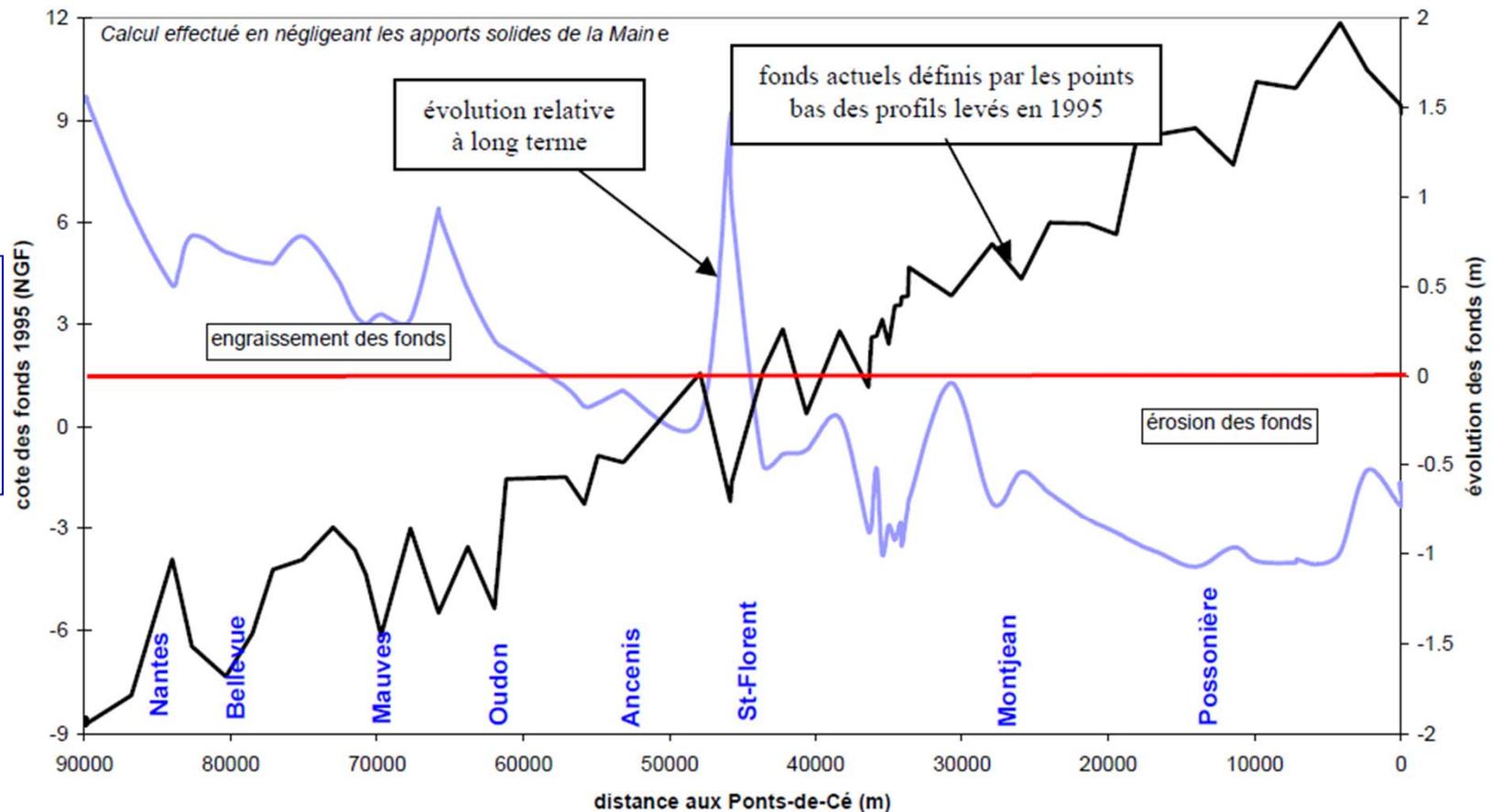
En respectant 2 données majeures

- Maintenir les accès aux zones portuaires
- Ne pas aggraver les crues

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

Le scénario tendanciel à 40 ans – modélisation mathématique

Evolution des fonds sur 40 ans



► comblement limité du bassin de marée et creusement des fonds à l'amont de Montjean

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

	Scénario A 'Tendanciel'	Scénario B 'Epis'	<i>Test scientifique</i>	Scénario C 'Seuils'	<i>Test scientifique</i>	Scénario D 'Déconnexion'	<i>Variante Sc. D</i>
Eléments permanents	SDAGE - Plan Loire Dépollution Donges Est Gestion des prairies	id. référence		id. référence		id. référence	
Amont de Nantes	Situation actuelle	Enlèvement des épis		Enlèvement des épis et mise en place de seuils		Enlèvement des épis + seuil de blocage des sédiments	
Zone Centrale	Situation actuelle	Néant		Seuils dans le bassin de marée		Ouvrage de déconnexion à La Martinière	<i>Ouvrage à Trentemoult</i>
Aval	Situation actuelle	Enlèvement des épis	<i>Test arrêt des dragages</i>	Mise en place de seuils ou épis	<i>Test arrêt des dragages</i>	Seuil éventuel de compensation	
Bilho		Bilho "léger"		Bilho "léger"		Bilho "lourd"	

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

Pilotage et concertation

La coprésidence ETAT – ACEL prend toutes les décisions politiques et stratégiques dans le cadre de l'étude (choix d'actions et de scénarios, d'objectifs prioritaires...). Elle est conseillée par :

- Un groupe technique qui regroupe tous les principaux services et collectivités concernés sous la présidence du DRE et prépare les décisions de la coprésidence
- Un groupe technique restreint, qui prépare toutes les décisions techniques
- Le comité des financeurs
- Le maître d'ouvrage (AELB) aidé par des experts qui suit "au jour le jour" les prestations des bureaux d'études (groupement DHI / BCEOM) et s'assure du bon déroulement du marché
- Un comité consultatif qui comprend trois collèges : Etat, Elus et Usagers, Associations et personnes compétentes. Ce comité se réunit à chaque phase importante de l'étude. Il constitue un lieu d'information et d'échange.

1995-2000 - La modélisation prospective de la Loire estuarienne

Les résultats



- La volonté d'intervenir ensemble de manière globale et non parcellaire aussi bien géographiquement que thématiquement
- La volonté des partenaires de se doter d'un référentiel « commun » pour la Loire et son estuaire, de capitaliser la connaissance « utile »
- Le souci de tester les solutions, d'expérimenter en grandeur nature avant de s'engager, de quantifier l'efficacité, de concevoir la réversibilité, de mettre en place des suivis sur le long terme
- Aucun des quatre scénarios étudiés ne répond à l'ensemble des objectifs fixés
- Bilan à 2 vitesses – 2 programmes :
 - un programme d'études à l'aval de Nantes
 - un programme opérationnel à l'amont de Nantes

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

Les enseignements

- Une situation qui restera dégradée sans action correctrice
- La nécessaire solidarité du bassin de la Loire
- Des objectifs formalisés pour l'estuaire
- Un premier niveau de réponse en terme de scénarios

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (GIPLE)

Programme Interrégional Loire Grandeur Nature 2000-2006

- exploration des principes d'intervention possibles
- explicitation des perspectives à donner à l'estuaire
- construction d'outils de connaissance et d'expertise
- développement d'un mode de travail partenarial

Bilan à 2 vitesses – 2 programmes :

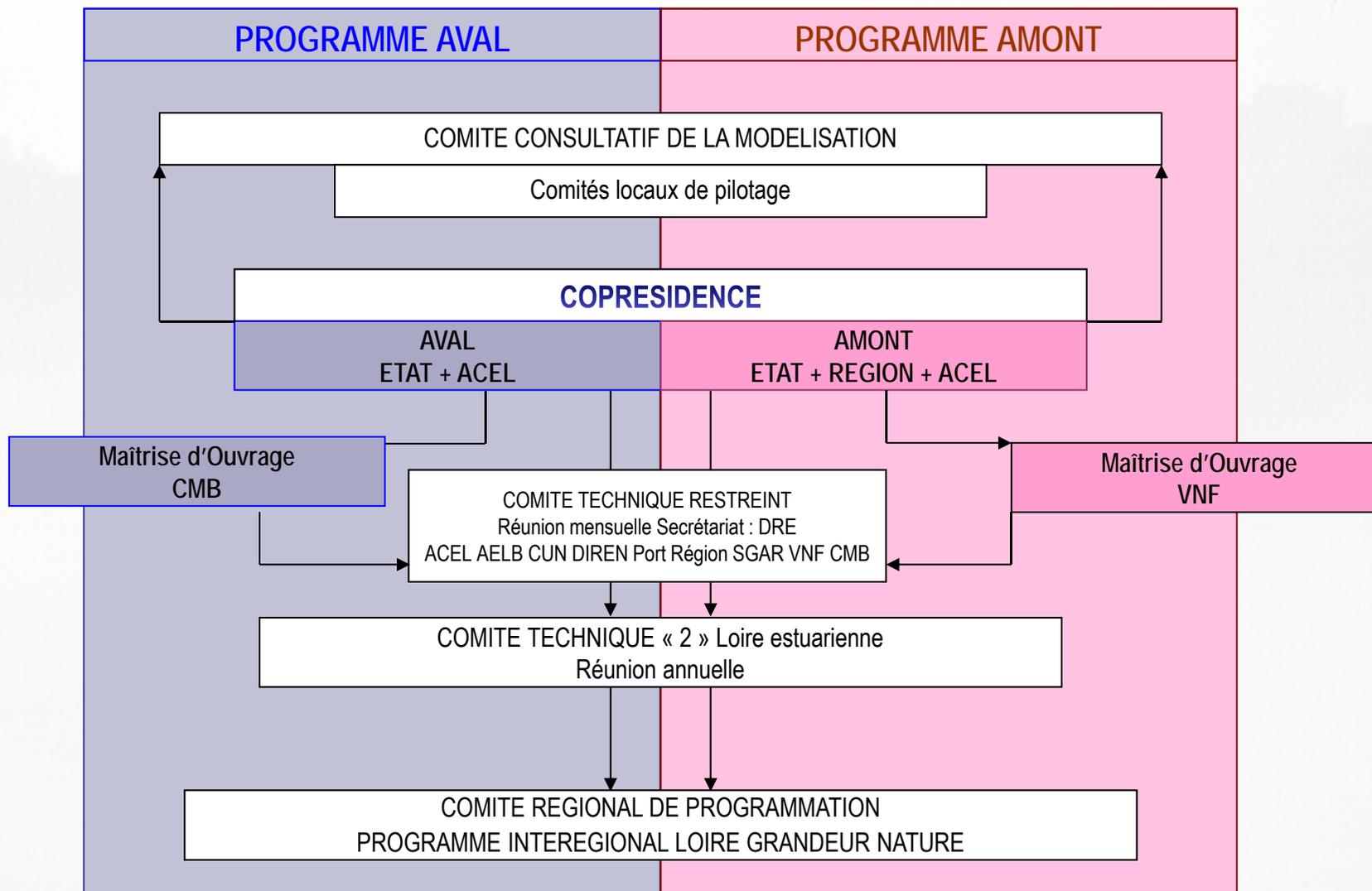
- un programme d'études à l'aval de Nantes
- un programme opérationnel à l'amont de Nantes



←————→
ÉTUDES PROSPECTIVES AVAL
maître d'ouvrage : GIP Loire Estuaire

←-----→
PROGRAMME AMONT
maître d'ouvrage : VNF

L'organisation des programmes



1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (CMB/GIPLE)

2006 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (GIPLE)

Etudes prospectives aval

Phase 1

Acquisition de données

Phase 2

Faisabilité de la déconnexion
Recherche d'un scénario
alternatif

*Phases
3 et 4*

Approfondissements et choix
d'une orientation

2000-2006 - Les études prospectives aval

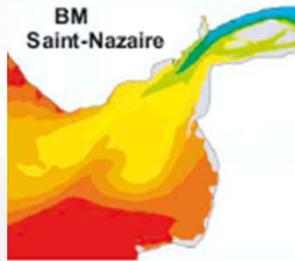


2000-2006 - Les études prospectives aval

- Encadrement scientifique et technique de la démarche
 1. Une connaissance renouvelée
 2. La démarche - Les objectifs
 3. Évolutions tendanciennes à 2040
 4. Description des 2 scénarios, et impacts hydro sédimentaires
 5. Évaluation comparée des deux scénarii selon 3 critères :
 - Réponses aux objectifs
 - Risques
 - Faisabilité
- Conclusion

2000-2006 - Les études prospectives aval

L'encadrement scientifique et technique de la démarche



Les comités d'experts hydrosédimentaires et «modélisations»

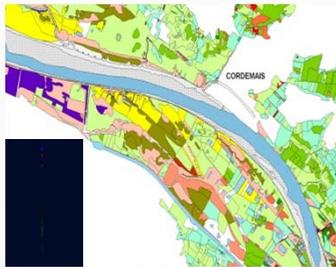
P. Le Hir (Ifremer) - J. Berlamont (Univ Louvain) - Job Dronkers - JN. Gautier EpLGN) - B. Latteux - A. Labrosse (DHI)

Associés SOGREAH - DELFTS
DHI - Wallingford - Hydroprojecto

Les structures de programmation mises en place dans le cadre de l'exécution du PILGN 2

- les comités techniques restreints de la modélisation
- le comité Consultatif Loire estuarienne (Sous Présidence État-Région)

L'équipe du GIP Loire Estuaire



Les experts fonctionnalités environnementales

Université Rennes (L. Marion)
Université Brest (F. Bioré)
Université Nantes (AL. Barillé)

Associés Ouest Aménagement
(D. Montfort)
Créocéan

Les acteurs de l'estuaire

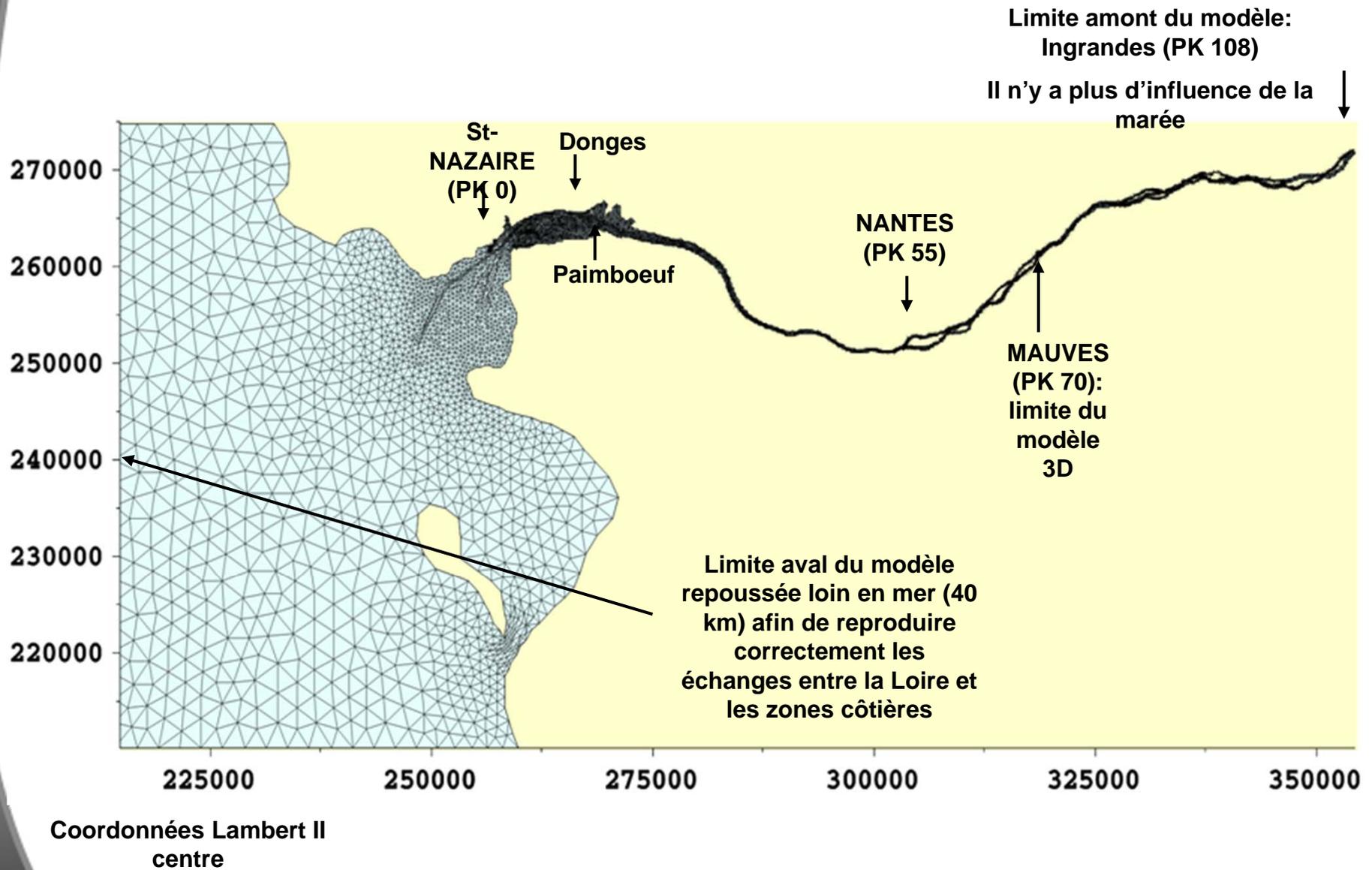
Les interviews
Les tables-rondes

Estuaire de la Loire

- 1 Une connaissance renouvelée
 - Les outils : les données
 - Les outils : les modèles
 - L'estuaire en 2006



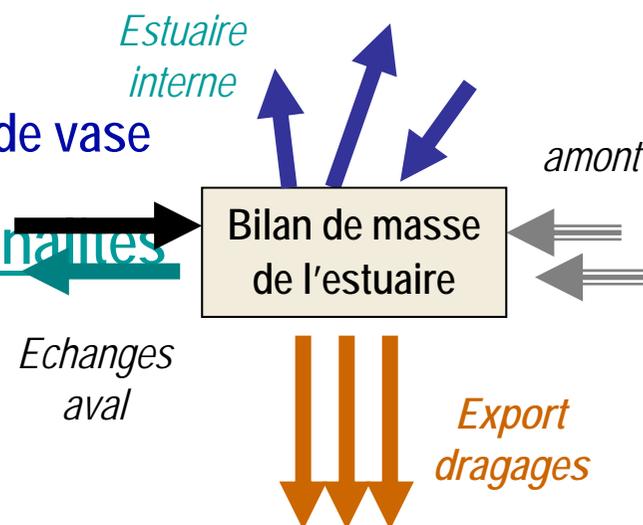
Les outils : les modèles mathématiques



L'estuaire en 2006

- La persistance des déséquilibres
- De nouvelles délimitations
 - o La limite externe – interne
 - o Les deux estuaires de l'aval
- Meilleure connaissance de la dynamique sédimentaire
 - Le rôle de l'asymétrie de marée dans le piégeage de la vase
 - Le bilan de masse de l'estuaire
 - Un estuaire conditionné par la crème de vase

- Une approche dynamique des fonctionnalités environnementales



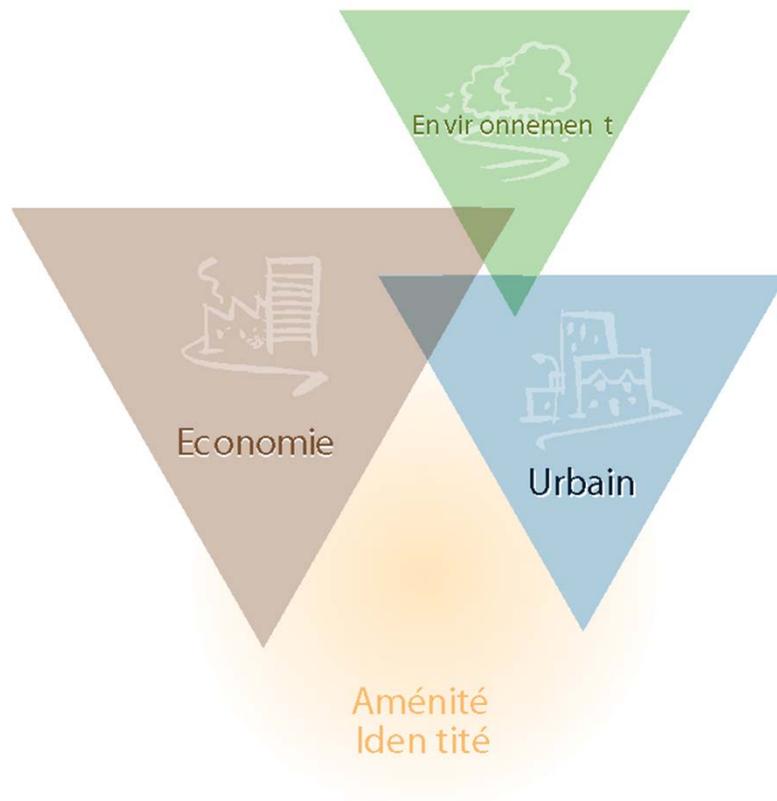
Estuaire de la Loire

2 La démarche, les objectifs

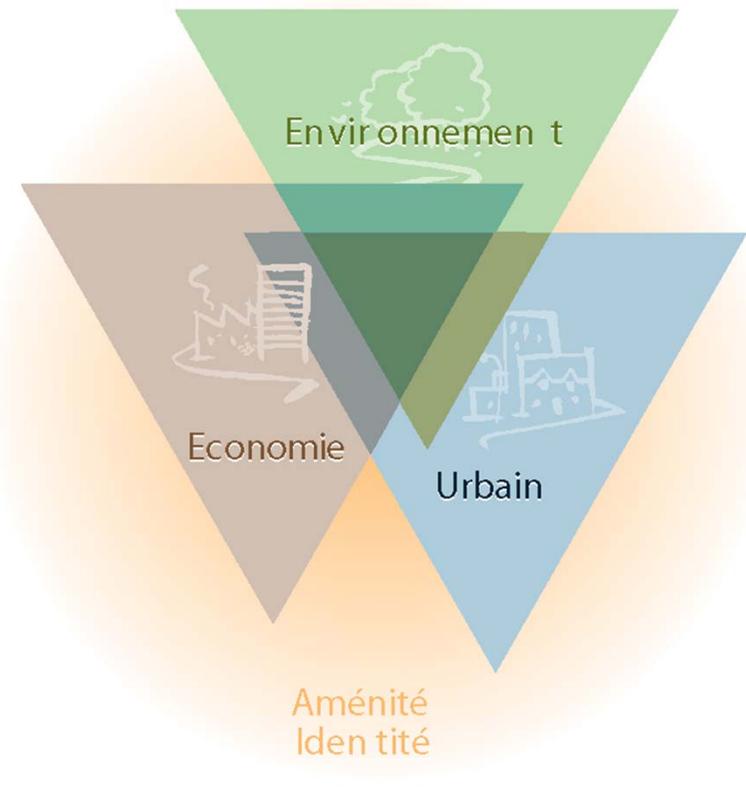


Les objectifs - synthèse

Quatre grandes fonctions à rééquilibrer



Situation actuelle



Situation souhaitée

Dynamique
sédimentaire

Intrusion
salinité

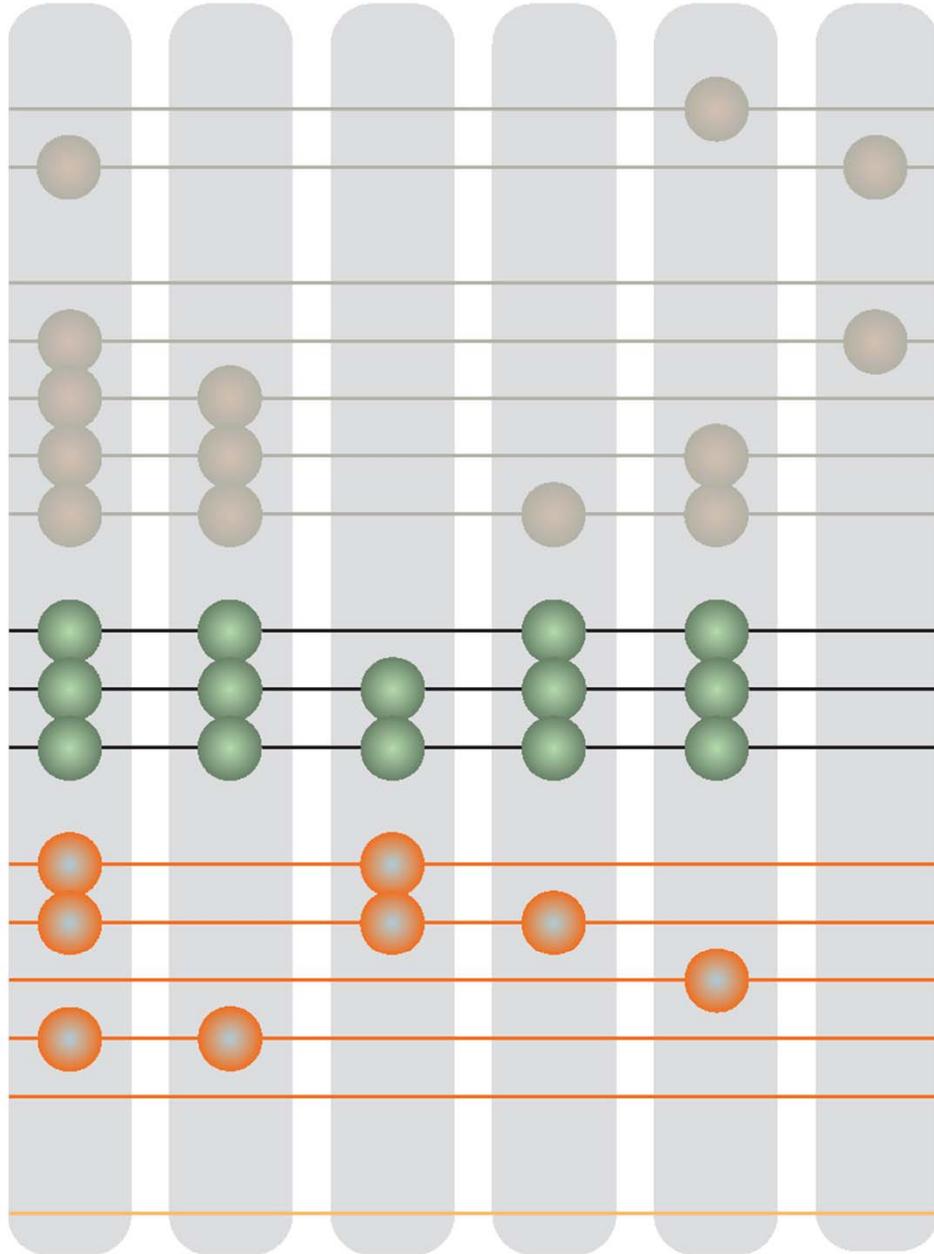
Niveau des
basses
eaux

Courants

Surface
et répat.
Milieux

Profondeur

Les fonctions



Développement portuaire aval

- Nouveaux sites
- Tirant d'eau - dragages

Place portuaire à Nantes

- Trafic fluvial
- Tirant d'eau - dragages

Eau industrielle

Agriculture

Pêche - cultures marines

Transit piscicole

Nourricerie

Biodiversité

Projets urbains

Développer les usages

Non aggravation des crues

Eau potable

Image portuaire

Appropriation de l'estuaire

Estuaire de la Loire

- Les perspectives à 40 ans

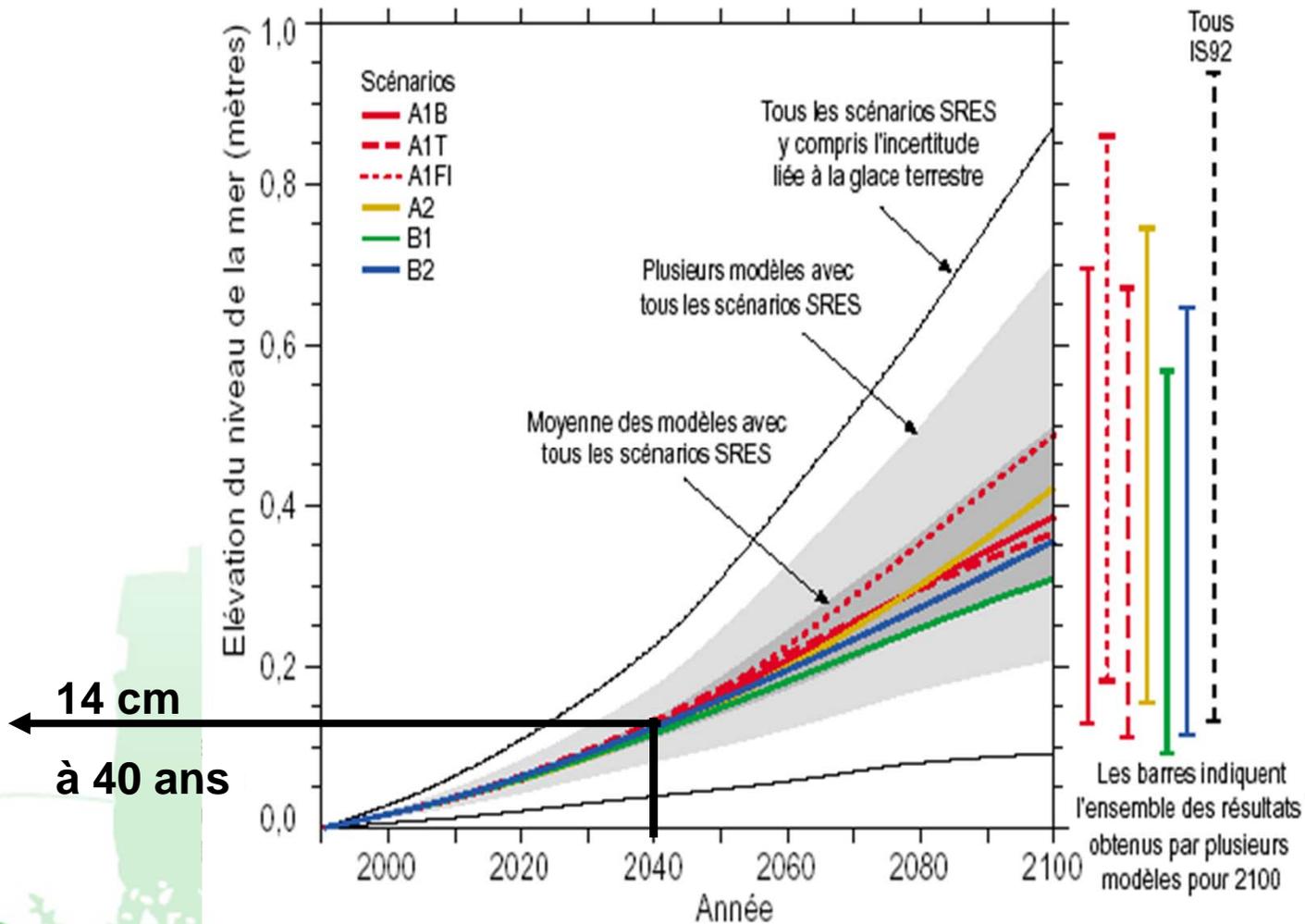
L'écriture du tendancier



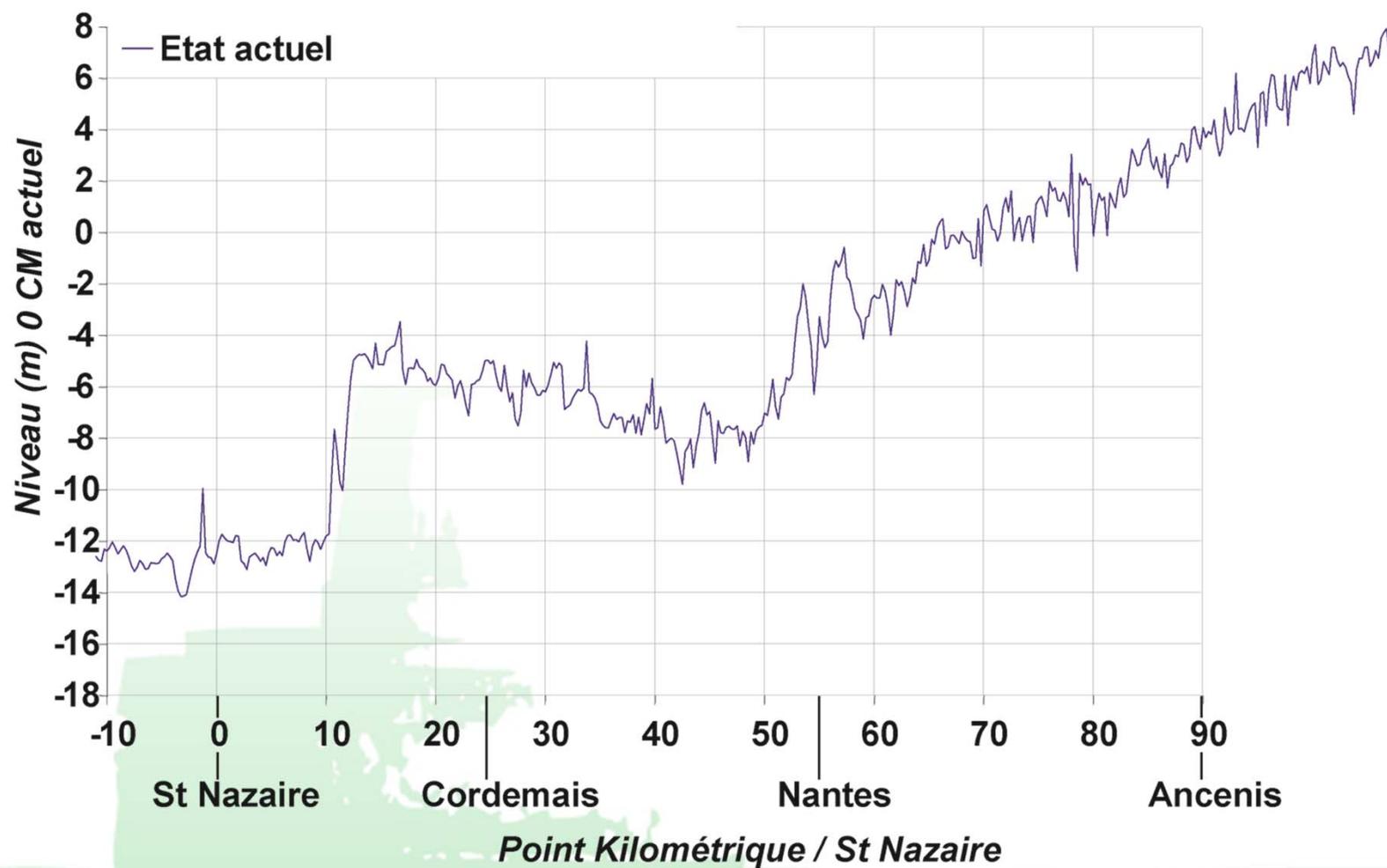
Les perspectives à 40 ans

Les évolutions climatiques

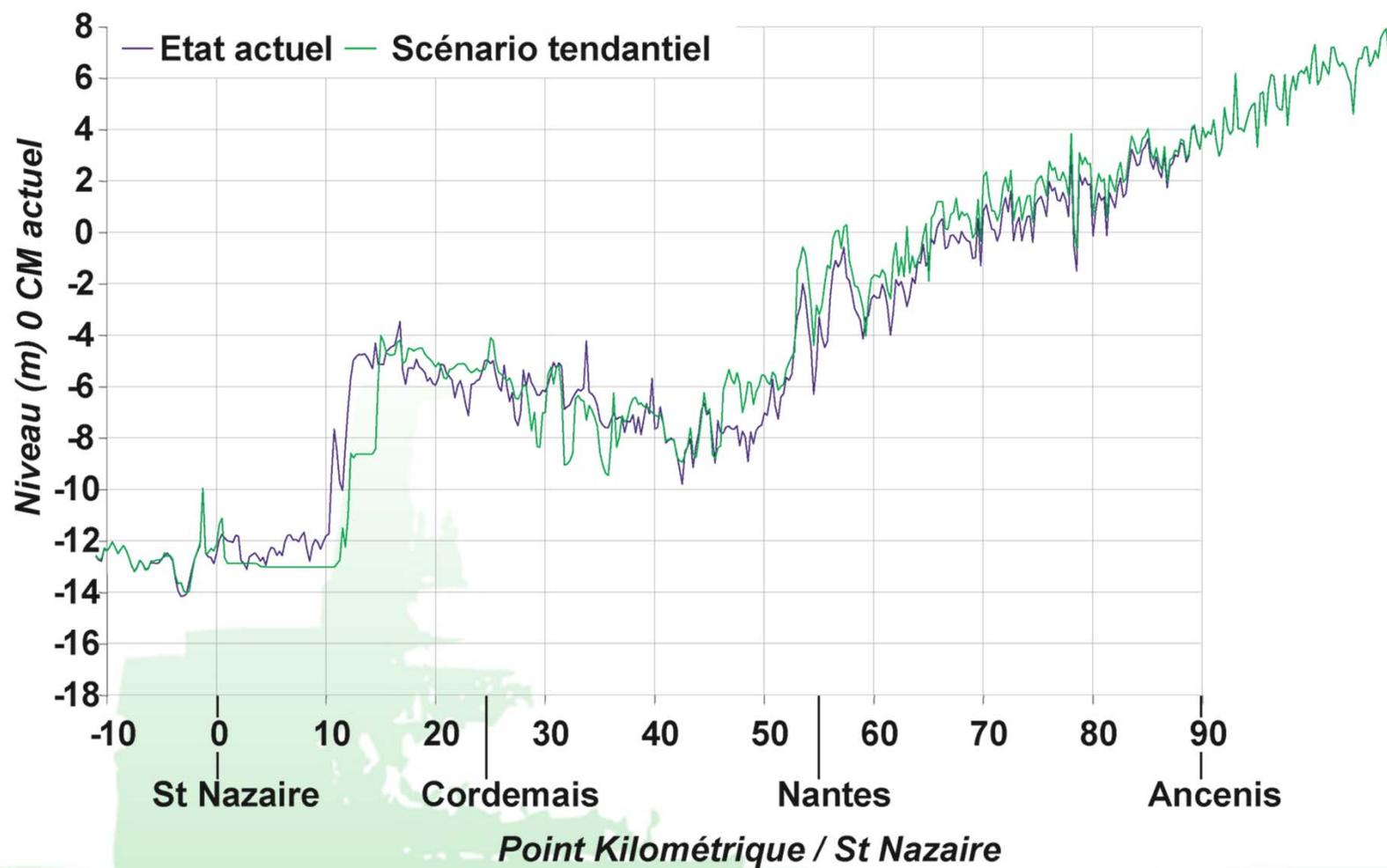
Élévation du niveau de la mer



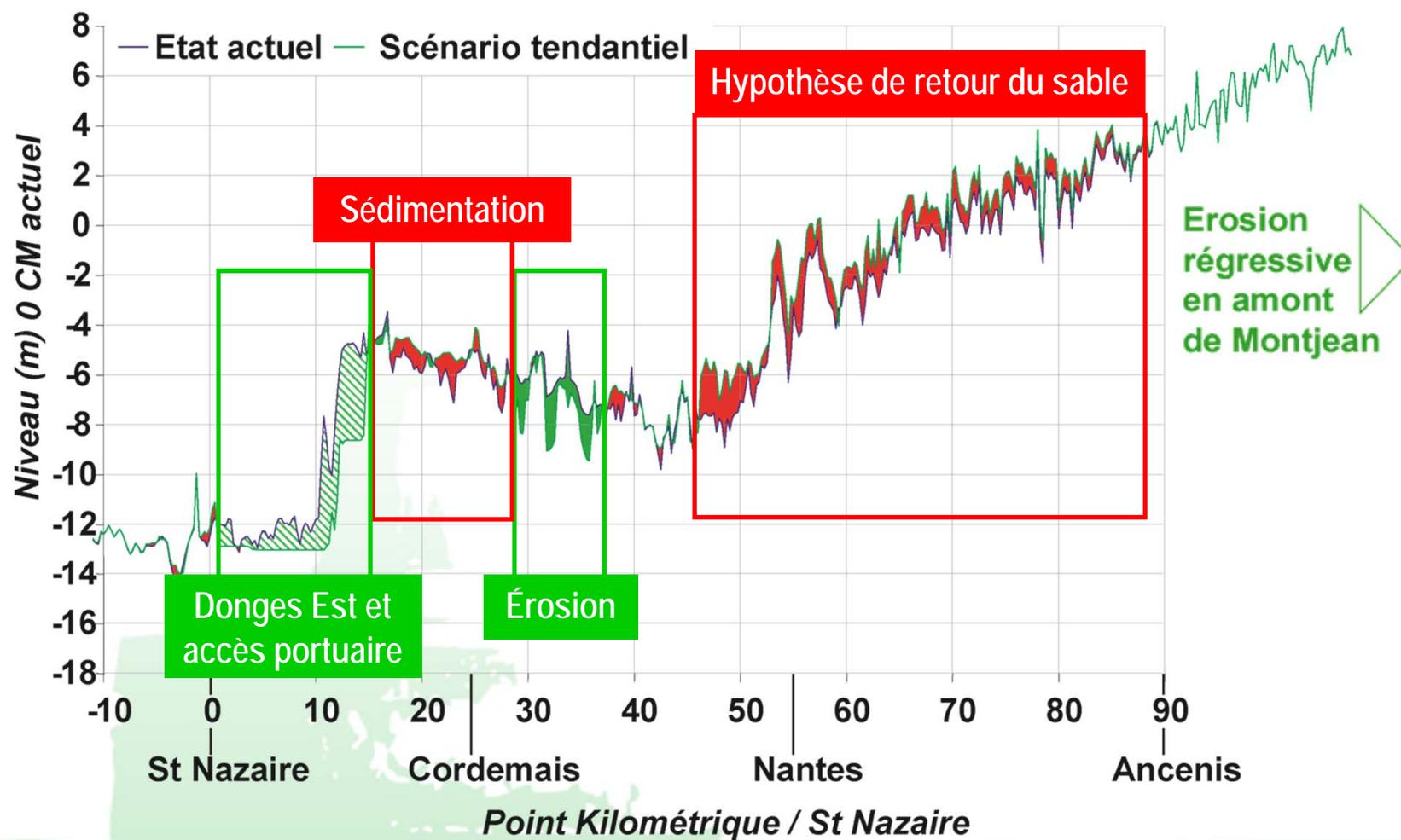
Scénario tendanciel – l'évolution des fonds



Scénario tendanciel – l'évolution des fonds



Scénario tendanciel – l'évolution des fonds



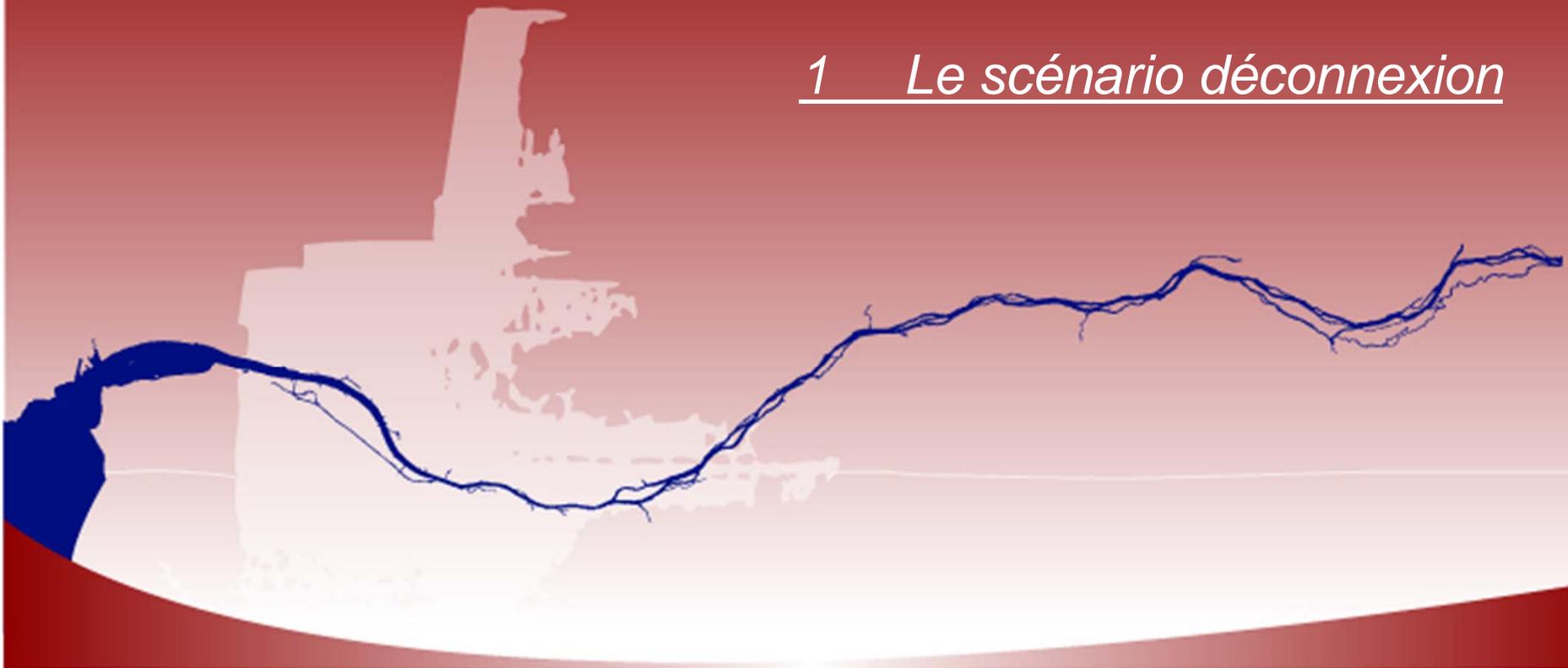
Les enseignements

- Une persistance des dégradations
 - Poursuite de la remontée du sel et du bouchon vaseux vers l'amont
 - Perte significative de milieux naturels (vasières)
 - Augmentation du marnage à l'aval de Nantes
- Un seul élément à effet positif qui reste à confirmer
 - L'hypothèse du retour du sable et la remontée des fonds en amont de Nantes...
- Des enseignements quels que soient les scénarios
 - Une cohérence d'intervention à rechercher avec l'amont : gestion des apports de sable
 - Une action correctrice nécessaire au sud de Bilho

Estuaire de la Loire

Description des 2 scénarios et impacts hydro sédimentaires

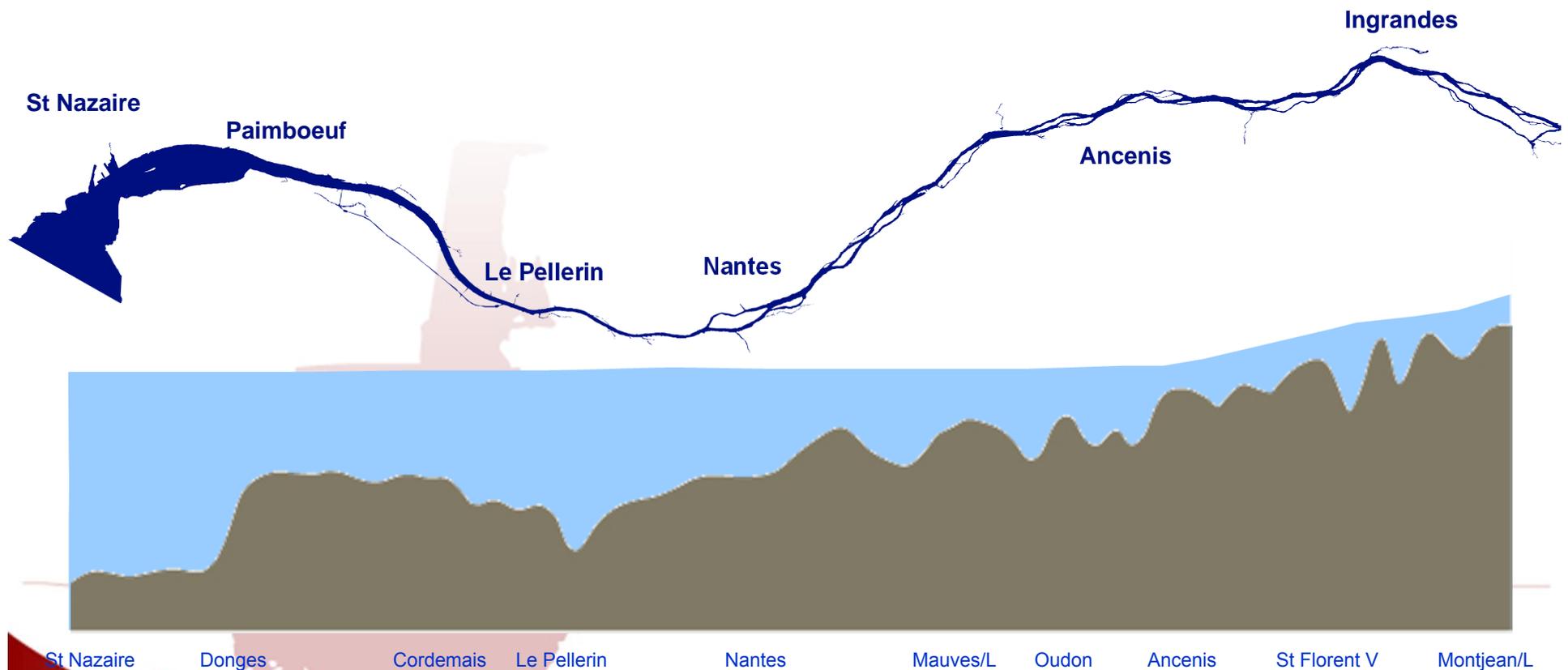
1 Le scénario déconnexion



L'approche « hydraulique »

Les principes :

- agir sur la pénétration de la mer par réduction du volume oscillant
- agir sur la ligne d'eau de basse mer



L'approche « hydraulique »

Les principes :

- agir sur la pénétration de la mer par réduction du volume oscillant
- agir sur la ligne d'eau de basse mer

Les leviers:

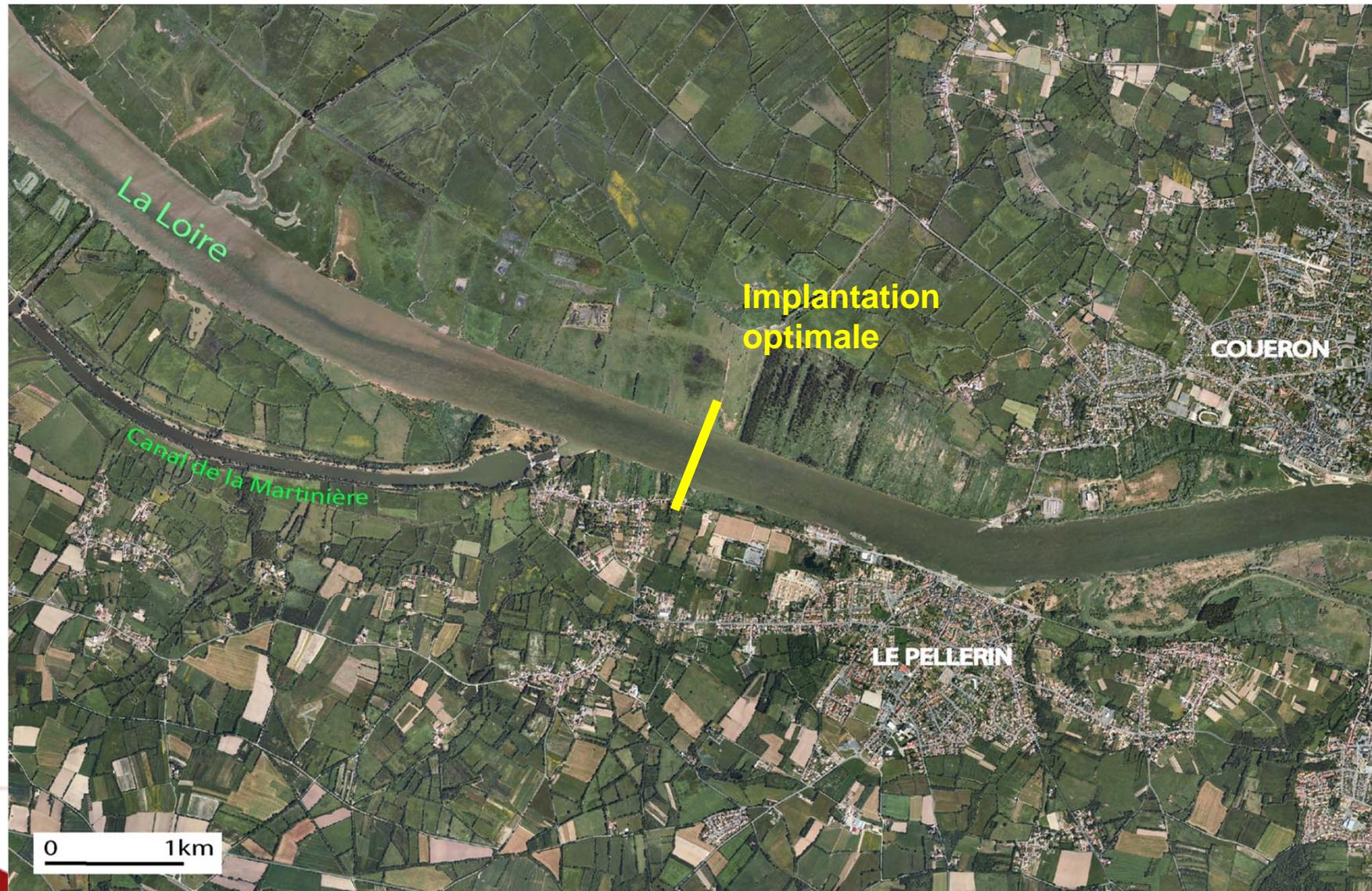
- une action de régulation hydraulique forte : un ouvrage de retenue

Les questions de faisabilité :

- Géotechnique et localisation
- Navigation
- Transit piscicole
- Impact sédimentaire

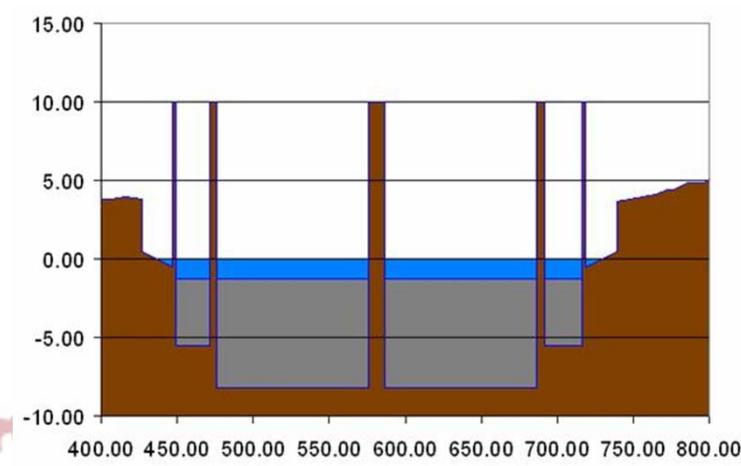
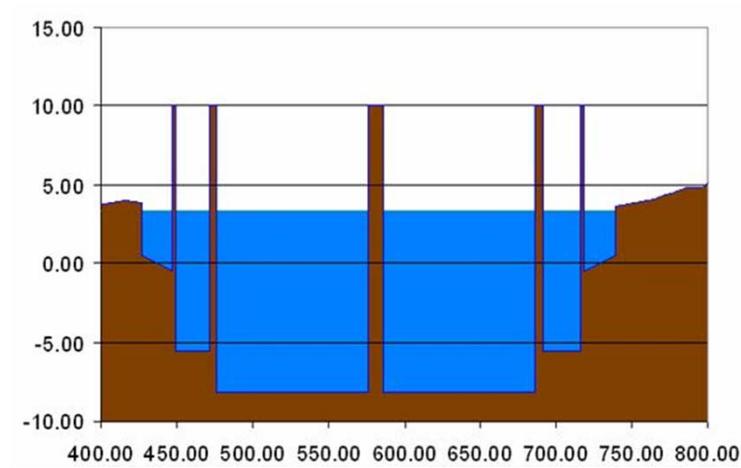


Réponse technique : Localisation



Le cahier des charges fonctionnel

- Deux passes navigables de 100 m
- Les contraintes de gestion pour permettre le chenalage
- Les contraintes de maintenance et de réalisation
- Le franchissement piscicole

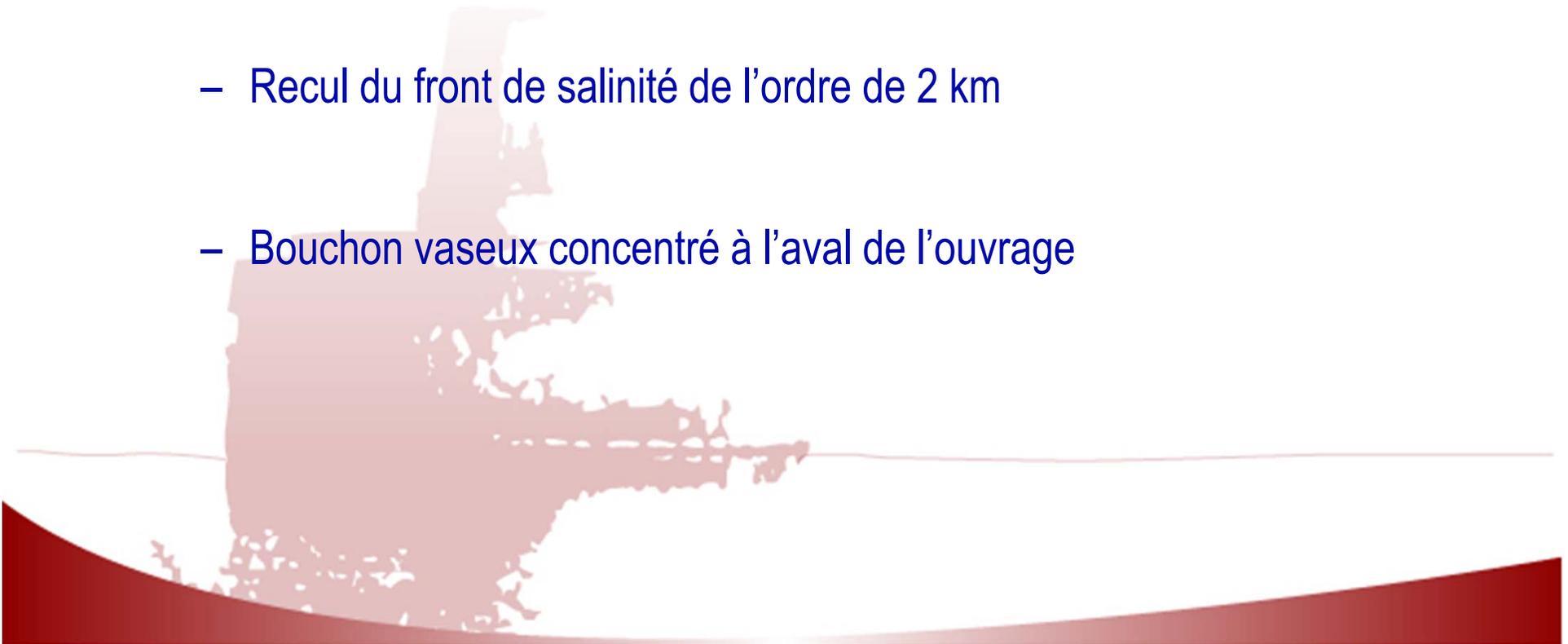


Type de bouchures



La réponse du scénario

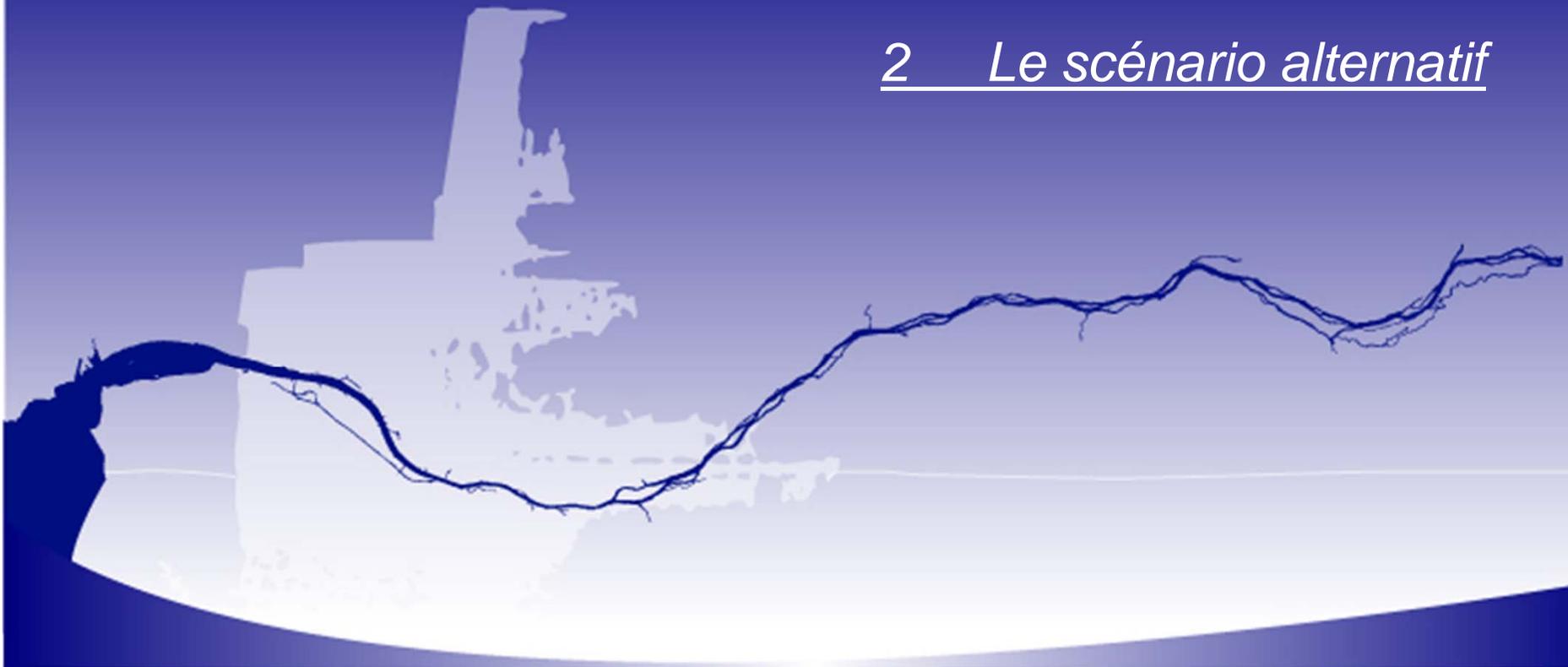
- **Résultats hydro sédimentaires**
 - Relèvement de la ligne d'eau à Nantes mais augmentation du marnage à l'aval de l'ouvrage
 - Recul du front de salinité de l'ordre de 2 km
 - Bouchon vaseux concentré à l'aval de l'ouvrage



Estuaire de la Loire

- Description des 2 scénarios et impacts hydro sédimentaires

2 *Le scénario alternatif*



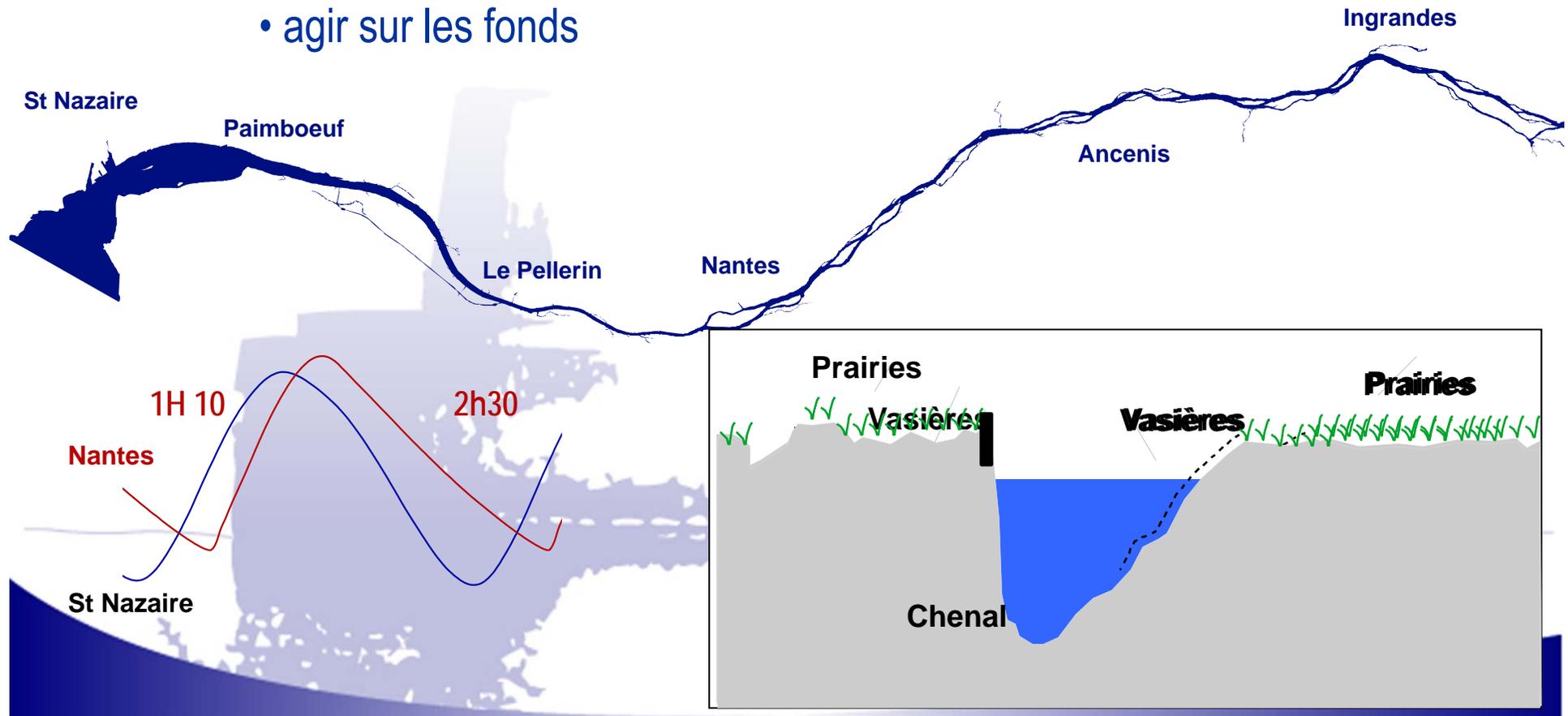
L'approche « morphologique »

Les principes :

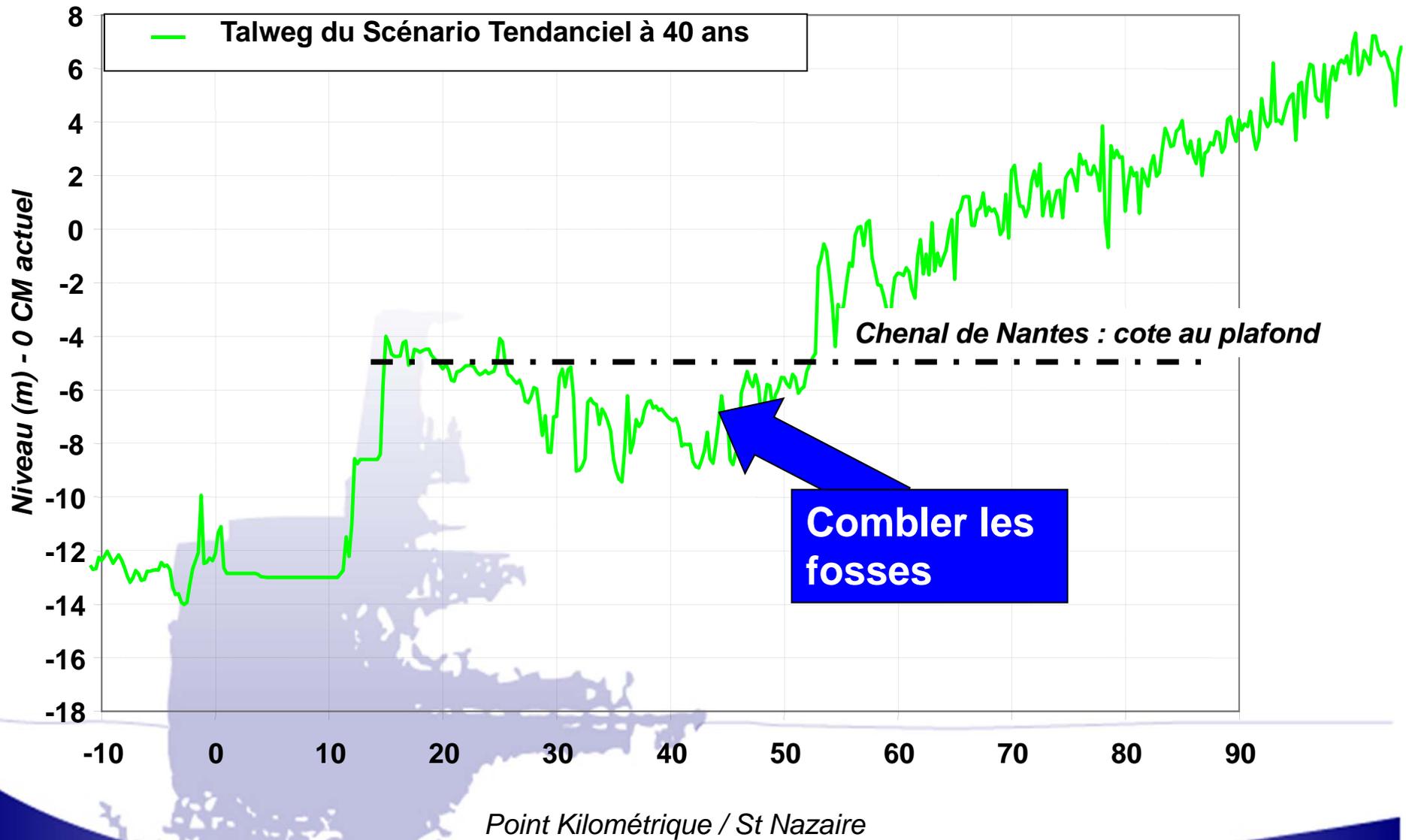
- freiner l'onde de marée
- diminuer les mécanismes de piégeage de l'estuaire en agissant sur l'asymétrie de l'onde de marée

Les leviers :

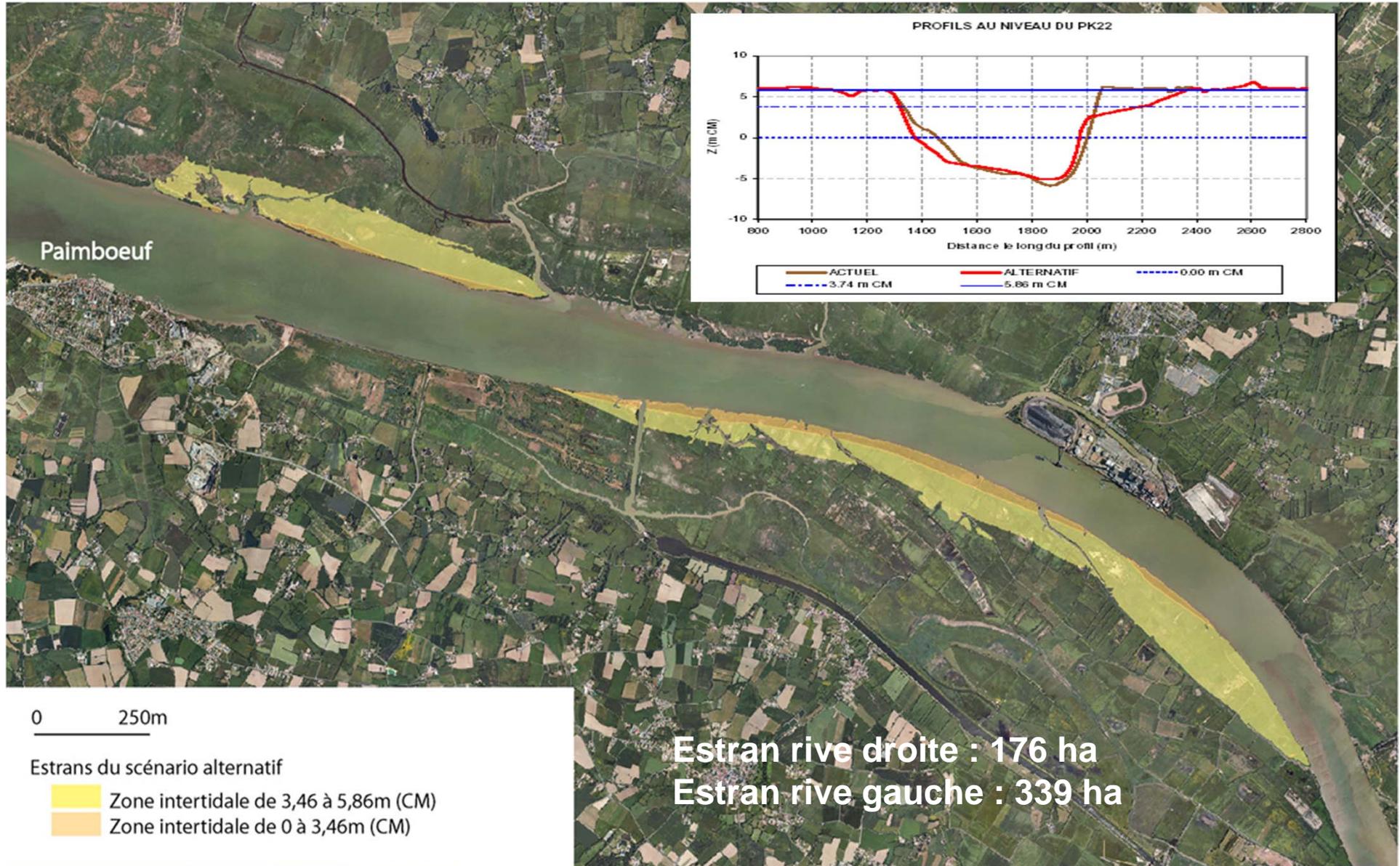
- créer des estrans
- agir sur les fonds



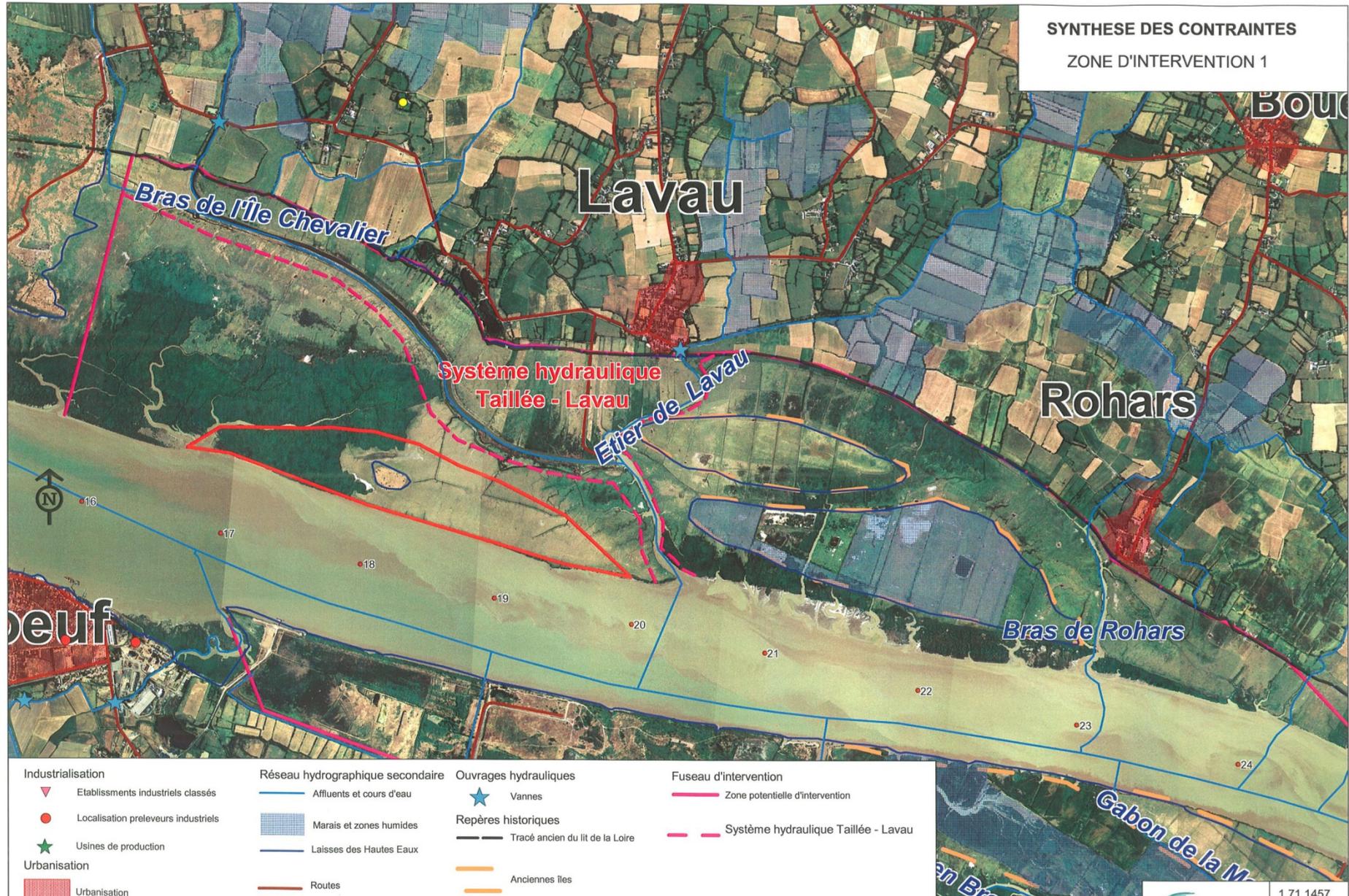
Scénario alternatif



Scénario alternatif : deux estrans « aval »



Scénario alternatif : identification d'une première phase



La réponse du scénario

- **Les résultats hydro sédimentaires**

- Turbidité : une baisse sensible de la capacité de piégeage et des turbidités
- La question de la stabilité des estrans
- Ligne d'eau de basse mer : + 60 cm à Nantes
- Salinité : neutre en moyenne
- Création de milieux

- **L'identification d'une première phase**

- Un estran de 110 ha sur l'aval et un comblement de fosses
- Permet de premiers résultats sur la dynamique sédimentaire et la ligne d'eau

Estuaire de la Loire

Évaluation comparée des deux scénarios selon 3 volets :

- Réponses aux objectifs
- Risques
- Faisabilité



Exemple : Réponses aux objectifs urbains

Les objectifs exprimés :

- Articulation avec les projets urbains
 - Accès et perception de l'eau
- Développer les usages
 - Navettes, pontons, bassins
- Ne pas aggraver les incidences des crues
- Garantir les prises d'eau potable
- Maintenir une image portuaire

Les éclairages apportés :

- Un contexte déjà favorable
 - une dynamique démographique forte
 - des projets fortement engagés
- D'autres approches concernant la relation de la ville à l'eau
 - L'importance croissante de l'estuaire dans l'attractivité métropolitaine
 - Une valorisation de la Loire par le projet urbain
- Une évolution tendancielle de la ligne d'eau positive pour Nantes
- Des conditions qui restent dégradées pour le développement des usages de l'eau

Exemple : Réponses aux objectifs urbains

Les objectifs exprimés :

	Scénario Déconnexion	Scénario Alternatif
<ul style="list-style-type: none"> • Articulation avec les projets urbains <ul style="list-style-type: none"> – Accès et perception de l'eau 	Le scénario déconnexion répond aux attentes sur la ligne d'eau à Nantes)  6 heures/jour de ligne d'eau plus haute	Un impact plus limité 
<ul style="list-style-type: none"> • Développer les usages <ul style="list-style-type: none"> – Navettes, pontons, bassins 	Des usages facilités (baisse de la turbidité, baisse des courants de 8 à 10 %) sans pour autant créer un plan d'eau 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas aggraver les incidences des crues 	Légère élévation à Nantes de 15 à 30 cm <<PHEP 	
<ul style="list-style-type: none"> • Garantir les prises d'eau potable 		Neutre 
<ul style="list-style-type: none"> • Maintenir une image portuaire 	Un risque pour la remontée des paquebots à Nantes 	Neutre 

Estuaire de la Loire

Évaluation comparée des deux scénarios selon 3 critères :

Réponses aux objectifs

Risques

Faisabilité

Analyse des risques

	Scénario Déconnexion	Scénario Alternatif
• Fiabilité de la réponse	Non réversibilité 	Une capacité de prédiction limitée : nécessité d'opérations expérimentales 
• Adaptabilité	Un ouvrage conçu pour les conditions actuelles 	une progressivité de l'intervention 
• Risque juridique	Faisable 	Justification à développer 
• Réalisation	Une réalisation opérationnelle délicate 	Une ingénierie de projet à approfondir 

Estuaire de la Loire

Évaluation comparée des deux scénarios selon 3 critères :

Réponses aux objectifs

Risques

Faisabilité

Évaluation comparée de faisabilité

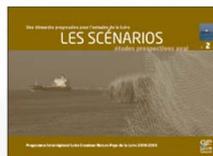
	Scénario Déconnexion	Scénario Alternatif
Faisabilité		
• Coût	<ul style="list-style-type: none">▪ Investissement de 336 M€▪ Fonctionnement de 0,75 M€/an▪ Un investissement important même pour des collectivités financièrement solides	<ul style="list-style-type: none">▪ Investissement de 156 M€▪ Un investissement non négligeable mais progressif▪ Financements « environnementaux » ?
• Portage	<ul style="list-style-type: none">▪ Demande une capacité de maîtrise d'ouvrage dédiée : structure dédiée	<ul style="list-style-type: none">▪ Portage volontariste des acteurs impliqués▪ Peut s'appuyer sur une première phase expérimentale démonstrative
• Acceptabilité sociale	<ul style="list-style-type: none">▪ Crainte des effets d'une intervention forte, notamment à l'aval de l'ouvrage	<ul style="list-style-type: none">▪ Un projet qui satisfait davantage les attentes sociales (développement durable, principe de précaution)

Estuaire de la Loire

- Conclusions

Conclusions

Restitutions globales de toutes les études, les rapports, les fichiers de données, les illustrations, les cartographies, etc...



- De l'orientation à la construction d'un programme
 - Un enjeu de bassin (Plan Loire / SDAGE) mais un grand enjeu local
 - Une définition pré opérationnelle des leviers et des phasages pour une opération expérimentale
- Poursuivre l'environnement du programme
 - Les connaissances : suivis, acquisitions, réseaux (suivis et évaluations)
 - Les expertises : formalisation du comité scientifique
 - La recherche à développer sur l'estuaire de la Loire
 - L'entretien des outils de modélisation
- Mettre en œuvre les modalités du débat

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2007 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

PILGN 2007-2014

- mettre en œuvre le scénario de restauration sur l'aval
- construire un plan de gestion intégrée et durable des milieux
- assurer la protection et l'information vis-à-vis du risque inondation
- faire du patrimoine culturel et naturel de la Loire un moteur de développement
- développer et partager une connaissance globale du fleuve
- faire vivre les structures de gouvernance

1976 – 1994 :

La prise de conscience
Les premiers diagnostics

1995 – 2000 :

La modélisation
prospective de la Loire
estuarienne (MO-AELB)

2000 – 2006 :

Les études prospectives
aval (MO-CMB/GIPLE)

2007 – 2014 :

Le programme de
restauration aval (MO-
GIPLE)

- Engagement de démarches d'études pré opérationnelles
 - Mise en place d'un comité de pilotage
 - Groupe de travail d'acteurs de terrains pour les logiques d'aménagement de vasières + démarche technique
 - Etude technique pré opérationnelle sur le chenal de Nantes
- Connaissance et outils : l'environnement scientifique et technique du projet
- Faisabilité : travail sur la maîtrise d'ouvrage + concertation

Programme de restauration aval

Vasière expérimentale

Les études de faisabilité de la vasière expérimentale ont montré qu'une telle opération est techniquement réalisable ; des solutions peuvent être dégagées pour assurer sa pérennité et minimiser ces incidences sur les usages. L'absence d'effet positif sensible sur le fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire, à son échelle, relativise cependant son rôle démonstratif vis-à-vis du programme.

Le 30 novembre 2011, le CA se prononce en faveur d'une première intervention réaliste et raisonnable en faveur des vasières existantes préférentiellement à une démarche expérimentale au coût élevé dont les résultats sont limités et le financement incertain : vers des mesures de maintien des vasières.

Programme de restauration aval

Vers des mesures de maintien des vasières

Rappel

- Enseignements issus des études de faisabilité pour la vasière expérimentale : bénéfice des échanges hydrauliques sur la pérennité des vasières existantes

Objectifs

- Favoriser une plus grande dynamique des vasières existantes
- Optimiser les échanges hydrauliques sur les prairies
- Disposer d'un retour d'expérience pour les éventuelles opérations futures de restauration

Démarche d'étude

- Mobilisation du cadre scientifique développé pour l'étude du scénario d'ensemble
- Groupe de travail « acteurs et usagers locaux »

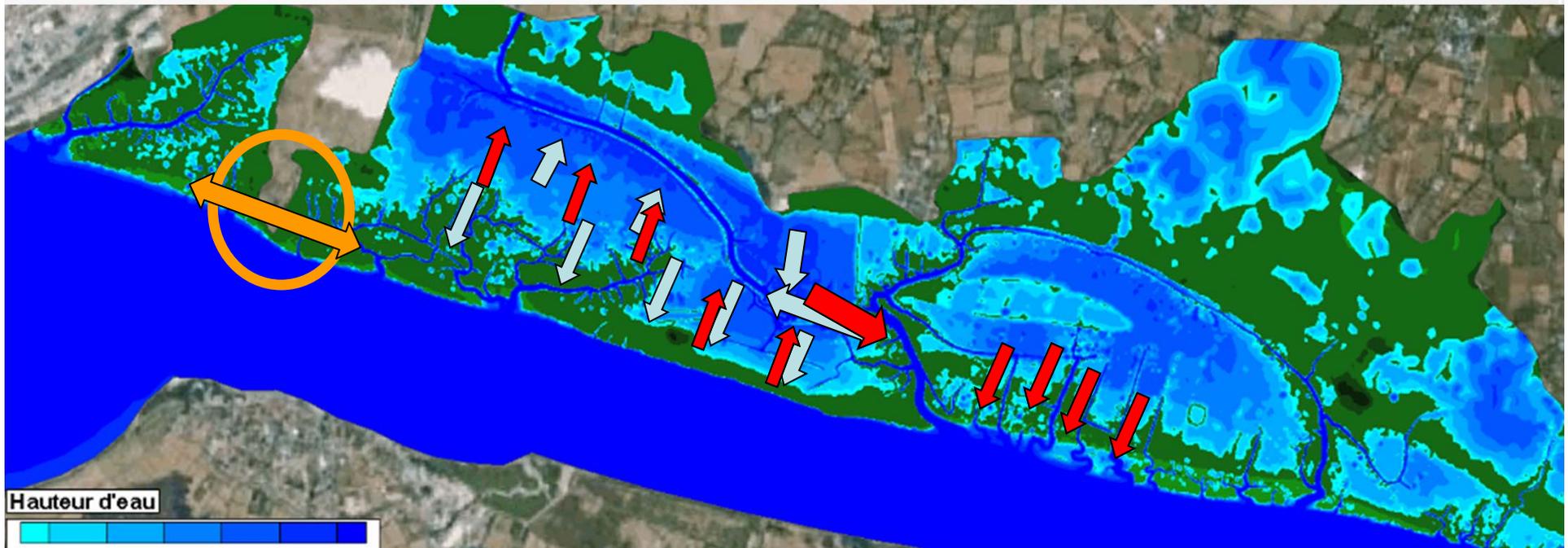
Programme de restauration aval

Vers des mesures de maintien des vasières

Amélioration des échanges entre les prairies de Pierre Rouge-Chevalier et les vasières

Réouverture du canal de la Taillée à la marée

Suppression de l'épis sableux en extrémité du remblais de Donges-Est



Programme de restauration aval

Vers des mesures de maintien des vasières

Etude des 2 scénarios

	Secteur Donges Est	Secteur Pierre Rouge – Ile Chevalier
Efficacité	Efficacité sur les systèmes de vasière devant le site de Donges Est	Efficacité très limitée sur les vasières Permet d'anticiper l'évolution du site avec la dégradation de l'ouvrage de la taillée
Incidences	Incidences sur l'exploitation agricole limitée Intérêt vis-à-vis des milieux	Implique une évolution des pratiques pour la gestion du canal de la Taillée et des modalités de gestion agricole
Coût	3.6 à 4,2 M€ TTC	3.6 à 4 M€ TTC
Faisabilité juridique	Autorisation Loi sur l'eau + Permis d'aménager	Autorisation Loi sur l'eau + Autorisation sites



Vers une saisine du GPMNSN sur le portage



Intégration au PACTE ?



Pas d'intérêt pour les vasières

Attente des acteurs pour une amélioration des échanges hydrauliques : mobilisation des gestionnaires ?

Programme de restauration aval

Le scénario tendanciel à 2040 – modélisation mathématique

Réinvestissement de quatre scénarios tendanciels dans le cadre du programme de recherche C3E2 *Ifremer, UBO, Artelia, GIPLE*

Nom de ScENARIO	Niveau moyen	Débit amont	Houle	Vent	Débit solide
Scénario 1 : SSCC	3.57 mCM (actuel)	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Loi de Mes actuelle (1.56 Mtonnes /an)
Scénario 2 : NM3	Forçage +1m en 2100 (scénario extrême révison post-GIEC)	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Loi de Mes actuelle (1.56 Mtonnes /an)
Scénario 3 : HY1	3.57 mCM (actuel)	Forçage issu du projet hydroqual (scénario A2, Arpege/Eros)	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Loi de Mes actuelle (1,17 Mtonnes/an en 2040)
Scénario 4 : NM3-HY1	Forçage +1m en 2100 (scénario extrême révison post-GIEC)	Forçage issu du projet hydroqual (scénario A2, Arpege/Eros)	Forçage moyen actuel	Forçage moyen actuel	Loi de Mes actuelle (1,17 Mtonnes/an en 2040)

Tableau 5.1 : Récapitulatif des forçages appliqués pour chaque scénario

Résultats sur 2 paramètres (tous scénarios) – en 2040 – lit mineur

- remontée de la salinité de 1 à 5 km
- remontée du bouchon vaseux de 1 à 20 km (rôle dominant de l'hydrologie amont)

