

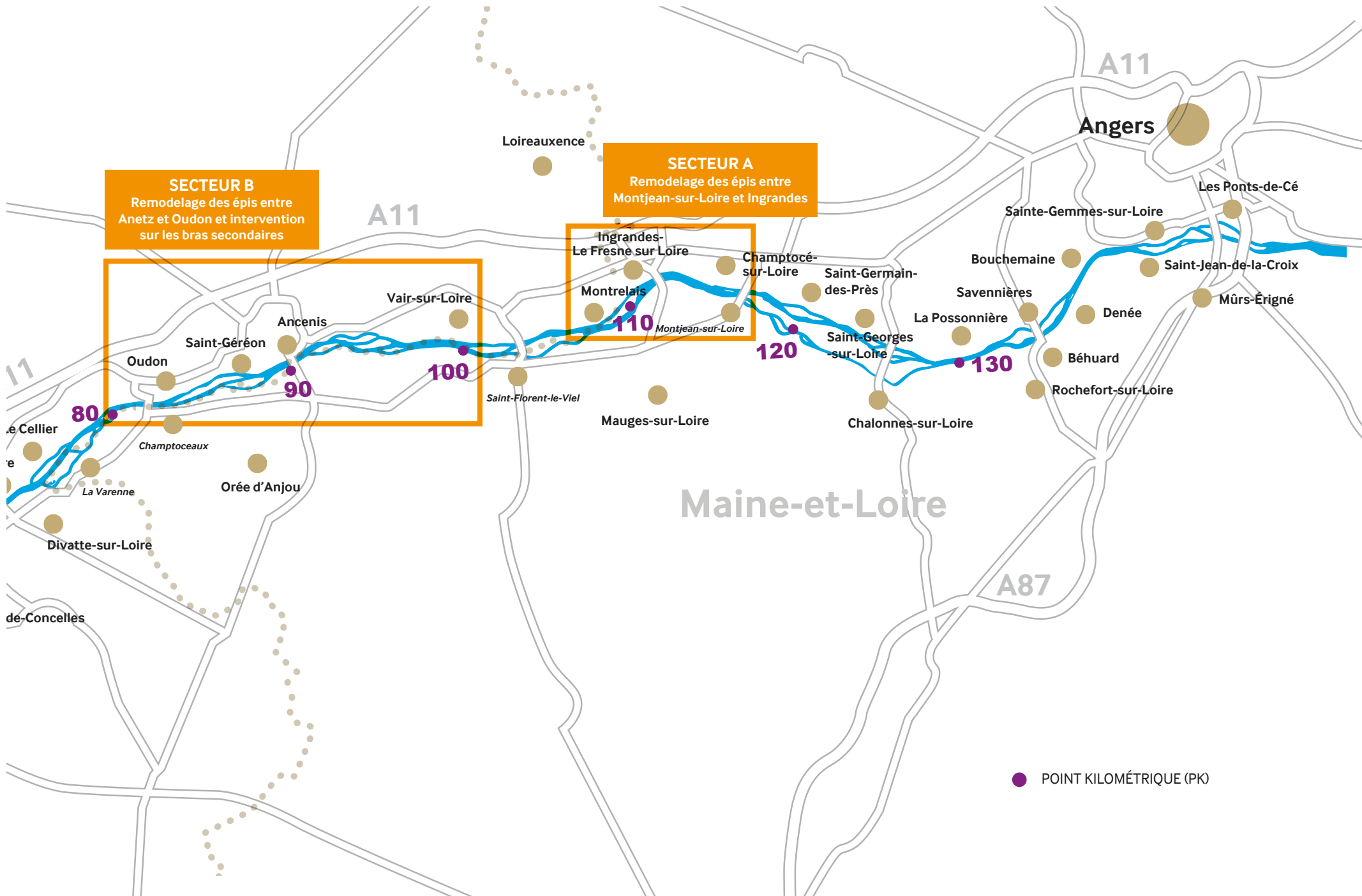
Livret 2

ÉTUDE D'IMPACT - RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Programme de rééquilibrage du lit de la Loire entre Les Ponts-de-Cé et Nantes

DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE





SECTEUR B
Remodelage des épis entre Anetz et Oudon et intervention sur les bras secondaires

SECTEUR A
Remodelage des épis entre Montjean-sur-Loire et Ingrandes

Vair-sur-Loire
Ancenis
Saint-Géréon
Oudon
Saint-Florent-le-Viel
Champtoceaux
Orée d'Anjou
Divatte-sur-Loire
La Varenne
Champtoceaux
Saint-Géréon
Oudon
Anetz

Ingrandes
Le Fresne sur Loire
Montrelais
Montjean-sur-Loire

Champtocé-sur-Loire
Saint-Germain-des-Près
Saint-Georges-sur-Loire
Savennières
La Possonnière
Chalonnnes-sur-Loire
Mauges-sur-Loire

Angers
Les Ponts-de-Cé
Sainte-Gemmes-sur-Loire
Bouchemaine
Saint-Jean-de-la-Croix
Mûrs-Érigné
Denée
Béhuard
Rochefort-sur-Loire

● POINT KILOMÉTRIQUE (PK)

Sommaire

PARTIE 1

La Loire du 19^e siècle à aujourd'hui

- 1 DES AMÉNAGEMENTS RÉALISÉS
AUX 19^e ET 20^e SIÈCLES4
- 2 DES INCIDENCES SUR LE FONCTIONNEMENT
DU FLEUVE.....4
- 3 DES CONSÉQUENCES
SUR L'ENVIRONNEMENT.....8
- 4 DES CONSÉQUENCES SUR LES USAGES.....8

PARTIE 2

Passer à l'action, une nécessité

- 1 ÉVOLUTION DE LA LOIRE
SANS INTERVENTION..... 12
- 2 UN PROGRAMME POUR AGIR 14

PARTIE 3

Présentation du projet

- 1 LES PRINCIPES D'ACTION 22
- 2. LE REMODELAGE DES ÉPIS DE NAVIGATION
SUR LES SECTEURS A ET B..... 24
- 3. L'AMÉNAGEMENT DE BELLEVUE:
SECTEUR C 30
- 4. CALENDRIER PRÉVISIONNEL..... 34
- 5. LES PARTENAIRES DU PROJET
ET LES FINANCEMENTS..... 35

PARTIE 4

Le milieu physique

ÉTAT INITIAL

- 1 L'ÉTAT INITIAL ET TENDANCIEL
DU MILIEU PHYSIQUE..... 38

EFFETS DU PROJET ET MESURES

- 2 LES EFFETS DU PROJET
SUR LE MILIEU PHYSIQUE 40

EFFETS RESIDUELS ET CONCLUSION

PARTIE 5

Le milieu biologique et l'évolution des incidences Natura 2000

ÉTAT INITIAL

- 1 L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU BIOLOGIQUE... 48

EFFETS DU PROJET ET MESURES

- 2 LES EFFETS DU PROJET
SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE 52
- 3. ÉVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET
SUR LE RÉSEAU NATURA 2000..... 56

EFFETS RESIDUELS ET CONCLUSION

PARTIE 6

Le milieu humain et les risques

ÉTAT INITIAL

- 1 L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU HUMAIN..... 60

EFFETS DU PROJET ET MESURES

- 2 LES EFFETS DU PROJET
SUR LE MILIEU HUMAIN 62

EFFETS RESIDUELS ET CONCLUSION

PARTIE 7

Patrimoine & paysage

ÉTAT INITIAL

- 1 L'ÉTAT INITIAL DU PATRIMOINE
ET PAYSAGE..... 68

EFFETS DU PROJET

- 2 LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE
ET LE PAYSAGE..... 70

PARTIE 8

Le milieu physique

- INCIDENCES CUMULÉES
AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS
OU APPROUVÉS 74

PARTIE 9

Les méthodes utilisées et les difficultés rencontrées

- 1. L'IDENTIFICATION DES AIRES D'ÉTUDES . 78
- 2. LES MÉTHODES UTILISÉES
POUR RÉALISER L'ÉTAT INITIAL
DE L'ENVIRONNEMENT 78
- 3. LES MÉTHODES UTILISÉES
POUR ÉVALUER LES EFFETS..... 78

Introduction

Suite à plusieurs aménagements réalisés au cours des 19^e et 20^e siècles, le fonctionnement de la Loire aval a été profondément modifié avec notamment une incision du fond du lit du fleuve et un abaissement concomitant des niveaux d'eau.

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire entre les Ponts-de-Cé et Nantes est le fruit d'une réflexion menée depuis de nombreuses années par les acteurs du territoire pour répondre aux objectifs du Plan Loire Grandeur Nature. Il fait partie du Contrat pour la Loire et ses Annexes, né de la volonté des acteurs de coordonner toutes les actions visant à améliorer le fonctionnement de la Loire et redonner une nouvelle dynamique à ses annexes (boires, bras secondaires, etc.).

Le projet, soumis aujourd'hui à enquête publique, a été défini sous la maîtrise d'ouvrage de Voies navigables de France (VNF), en concertation avec les acteurs et usagers du territoire et présenté à la concertation publique du 30 mars au 29 avril 2018. Il comprend deux grands principes d'intervention pour restaurer l'équilibre de la Loire :

- remodelage des ouvrages de navigation afin de redonner de l'espace de liberté à la Loire et de mieux connecter les annexes fluviales et bras secondaires au bras principal.
Ce remodelage permet également la libération de sédiments de façon à ce qu'ils puissent être emportés par l'écoulement de la Loire et déposés en aval, notamment aux endroits où le lit de la Loire s'est trop creusé ;
- création d'une zone de transition en amont de Nantes pour réduire la pente de la ligne d'eau et favoriser le dépôt des sédiments en amont de l'aménagement et ainsi contribuer au rehaussement du niveau des fonds.

Trois secteurs sont concernés :

- Entre Montjean-sur-Loire et Ingrandes-Le Fresne sur Loire - secteur A ;
- Entre Anetz et Oudon - secteur B ;
- À Bellevue, entre Sainte-Luce-sur-Loire et Saint-Julien-de-Concelles, secteur C.

Localement tout comme à l'échelle globale, les effets directs et indirects du projet ont été évalués sur et entre les différents compartiments de l'environnement (milieu physique, biologique, humain, patrimoine et paysage), en phase chantier et à terme, c'est-à-dire après la réalisation des travaux, à plus ou moins longue échéance (de 1 à 50 ans après les travaux). Les effets attendus sont présentés dans la suite du document, selon cette démarche d'étude.

Les procédures d'évaluation environnementale et d'autorisation environnementale du projet comportent une phase d'enquête publique. L'article L181-10 du code de l'environnement permet de regrouper ces 2 enquêtes en une procédure unique. L'enquête se déroule sur le territoire des communes concernées par le projet, situées dans les départements de la Loire-Atlantique et du Maine-et-Loire.

Le but de l'enquête publique est d'apporter au public les éléments d'information utiles à l'appréciation du projet et de recueillir ses observations et propositions qui seront prises en considération par le maître d'ouvrage et par l'autorité compétente pour autoriser le projet.

Dans ce cadre, le présent document constitue le résumé non technique de l'étude d'impact du projet. Il a pour objectif d'apporter une information complète et synthétique sur le projet, sa justification, son efficacité mais également ses incidences négatives et les mesures mises en œuvre pour les réduire ou les compenser.



Partie 1

La Loire du 19^e siècle à aujourd'hui



SOMMAIRE

1. DES AMÉNAGEMENTS RÉALISÉS AUX 19^e ET 20^e SIÈCLES	4
2. DES INCIDENCES SUR LE FONCTIONNEMENT DU FLEUVE.....	4
2.1 Un déséquilibre longitudinal.....	4
2.2 Un déséquilibre latéral entre la Loire et ses annexes.....	6
2.3 Une morphologie modifiée	7
3. DES CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT.....	8
3.1 Conséquences sur les espèces végétales	8
3.2 Conséquences sur les espèces animales	8
4. DES CONSÉQUENCES SUR LES USAGES.....	8

La Loire prend sa source à 1 404 mètres d'altitude, au sud-est du Massif Central, et se jette dans l'océan Atlantique. Le cours de la Loire, de sa source jusqu'à son estuaire, s'étend sur 1 000 km de long avec un bassin versant d'environ 117 000 km². Le **sous-bassin de l'estuaire s'étend de Montjean-sur-Loire à Saint-Nazaire**. Entre Les Ponts-de-Cé et Nantes, la Loire s'écoule sur 90 kilomètres. Bien que souvent présentée comme « le dernier fleuve sauvage d'Europe », la Loire a fait l'objet de nombreuses interventions humaines pour exploiter ses ressources (poissons, eau, sable, etc.), protéger les riverains de ses crues et faciliter la navigation.

1. DES AMÉNAGEMENTS RÉALISÉS AUX 19^e ET 20^e SIÈCLES

À la fin du 19^e siècle, est née l'ambition de transformer la Loire en une grande voie navigable entre la façade atlantique et l'intérieur des terres. Les conditions de navigation sur la Loire n'étant pas bonnes (nombreux bancs de sable, chenal mouvant, irrégularité des fonds, etc.), d'importants aménagements sont alors entrepris pour permettre la création d'un chenal de navigation profond et régulier, autorisant le passage d'embarcations avec un plus grand tirant d'eau tout au long de l'année.

Les travaux ont d'abord été menés entre Bouchemaine et Montjean-sur-Loire puis se sont poursuivis vers l'aval, jusqu'à Oudon puis Nantes. Jusqu'au milieu du siècle dernier, la Loire a ainsi été progressivement chenalisée au moyen des quelque 750 épis construits entre les Ponts-de-Cé et Nantes. Des duis et chevrettes ont également été construits pour contraindre l'alimentation des bras secondaires.

Ces interventions humaines ont permis de faciliter la navigation mais avec la concurrence du chemin de fer puis de la route, le transport fluvial de marchandises a progressivement décliné entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

2. DES INCIDENCES SUR LE FONCTIONNEMENT DU FLEUVE

Ces travaux ont favorisé la propagation de la marée vers l'amont et ont déséquilibré le fonctionnement hydro-sédimentaire et écologique de la Loire.

2.1 UN DÉSÉQUILIBRE LONGITUDINAL

Les extractions de sables et l'aménagement des épis, piégeant les sédiments, ont conduit à un déficit sédimentaire du fleuve. Ce déséquilibre a conduit à un phénomène d'érosion progressive du lit, appelé incision et donc à son enfoncement.

L'augmentation de la pente de la ligne d'eau, de 15 cm/km à 17,6 cm/km en un siècle, a en outre conduit à une érosion régressive du lit de la Loire, qui s'est propagée dans le sens inverse de l'écoulement de l'eau. Le secteur entre Ancenis et Oudon a été particulièrement concerné.

La Loire a donc subi deux phénomènes d'érosion, progressive et régressive, qui se sont alimentés mutuellement, augmentant la pente du fleuve. Ce phénomène est observé sur une grande partie du fleuve, mais a été particulièrement intense entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

Sur un siècle, un fort abaissement du fond du lit du fleuve de 1 à 4 mètres, entre les Ponts-de-Cé et Nantes, a été constaté.

L'équilibre « fleuve-mer » rompu

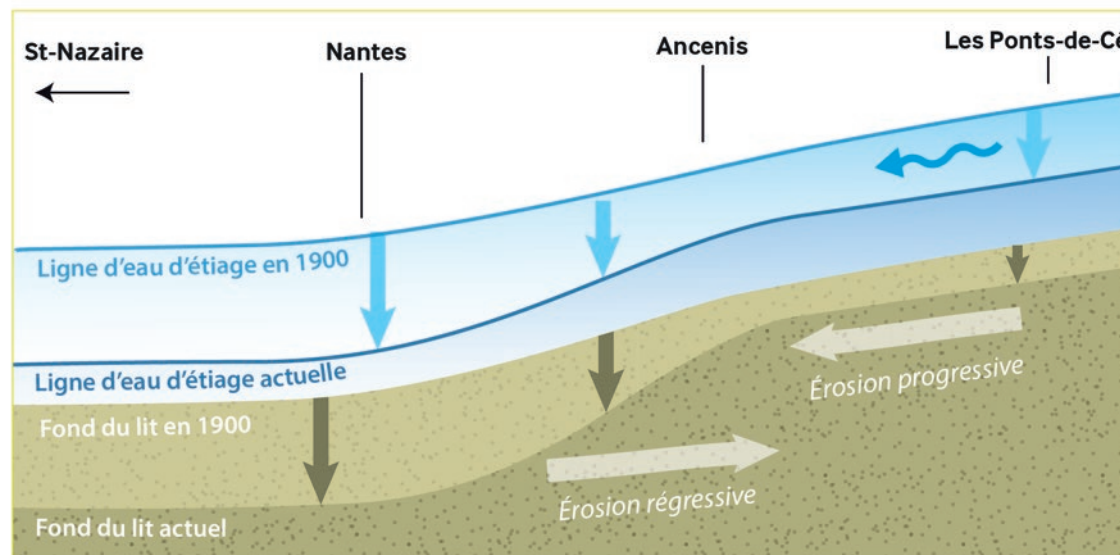
L'estuaire est le lieu de rencontre de l'énergie du fleuve (le débit) et de la mer (la marée). Ce point se déplace continuellement en fonction de l'amplitude de la marée, des variations du débit du fleuve et des conditions météorologiques. En remontant l'estuaire depuis l'embouchure, l'influence de la mer (marée et salinité) diminue progressivement.

Avant les grands aménagements réalisés en Loire, le marnage (variation du niveau d'eau entre marée haute et marée basse) était de cinq mètres à l'embouchure de l'estuaire et de deux à trois mètres environ au niveau de Nantes. La salinité était nulle à Nantes.

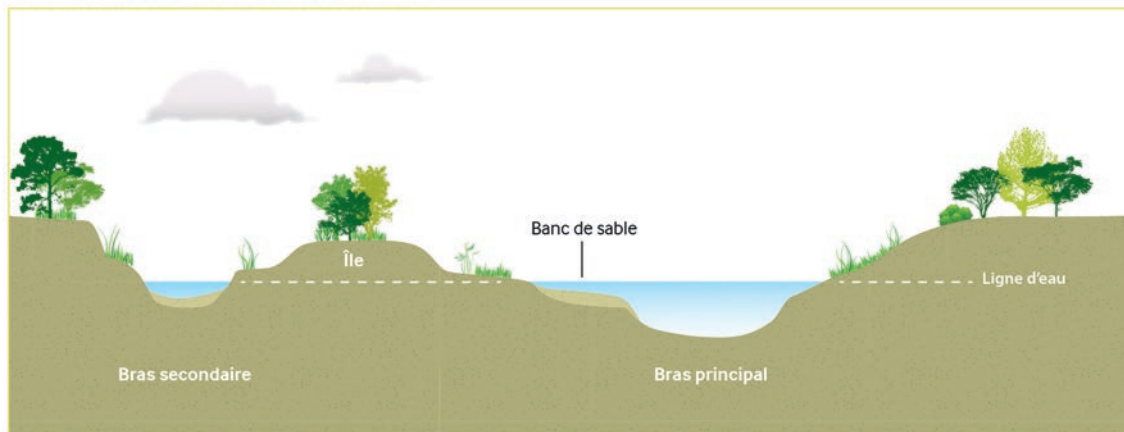
Or le creusement du chenal de navigation en aval de Nantes et la création d'un bassin à marée à l'amont ont eu pour effet de favoriser l'intrusion de la mer dans l'estuaire : l'équilibre « fleuve-mer » a été rompu.

La limite de l'influence de la marée remonte jusqu'à Ancenis aujourd'hui, voire au-delà. Le marnage à Nantes est aujourd'hui de 5 mètres en moyenne (en vives eaux), identique à celui qu'on observe à l'embouchure. Les eaux salées ont aussi progressé vers l'amont.

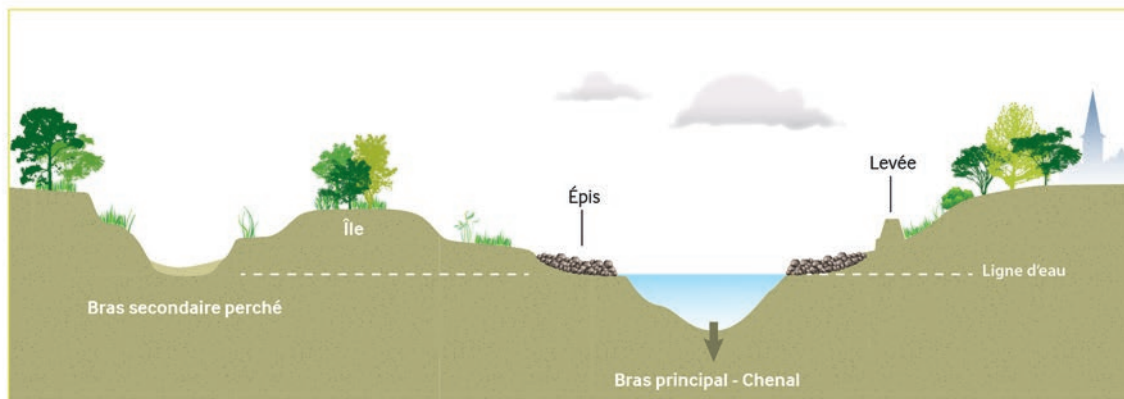
ÉVOLUTION DE LA PENTE DE LA LOIRE ET DÉSÉQUILIBRE LONGITUDINAL



LA LOIRE AVANT INTERVENTION HUMAINE



LA LOIRE APRÈS INTERVENTION HUMAINE



2.2 UN DÉSÉQUILIBRE LATÉRAL ENTRE LA LOIRE ET SES ANNEXES FLUVIALES

Les annexes fluviales - ou annexes hydrauliques - constituent des milieux aquatiques et zones humides situées à proximité de la Loire. Elles peuvent prendre plusieurs formes : marais, prairies inondables, boires (bras plus ou moins déconnectés du bras principal), bras secondaires, etc.

À cause de son incision, le niveau du lit principal de la Loire est aujourd'hui beaucoup plus bas que celui des bras secondaires et autres annexes fluviales. Ces milieux se trouvent submergés moins souvent et asséchés sur des périodes plus longues que par le passé. Certaines annexes ne sont en eau que lors des crues.

Par exemple, le bras du Bernardeau se retrouve perché à plus de 4 mètres par rapport au bras principal. De même, 7 bras secondaires situés entre Oudon et Nantes sont potentiellement déconnectés du bras principal plus des trois quarts de l'année à marée basse. **C'est le déséquilibre latéral de la Loire, entre le bras principal et les annexes fluviales.**

2.3 UNE MORPHOLOGIE MODIFIÉE

Dans sa partie fluviale, le lit de la Loire est constitué de grèves. Formées par des bancs de sable ou de graviers, elles sont naturellement mobiles et évoluent au gré des courants. Elles sont exondées à l'étiage et peuvent être plus ou moins végétalisées.

Dans la zone d'étude, la Loire est caractérisée par la présence d'environ 700 épis mis en place, pour certains, dès 1903. Ces aménagements sont couplés à des digues longitudinales appelées duis, visant à concentrer l'écoulement dans un chenal réduit. Les bancs de sable sont ainsi fixés par les épis de navigation. Ils ne présentent plus aucune mobilité. Avec l'abaissement du niveau d'eau ils sont plus souvent hors d'eau, favorisant le développement de la végétation.

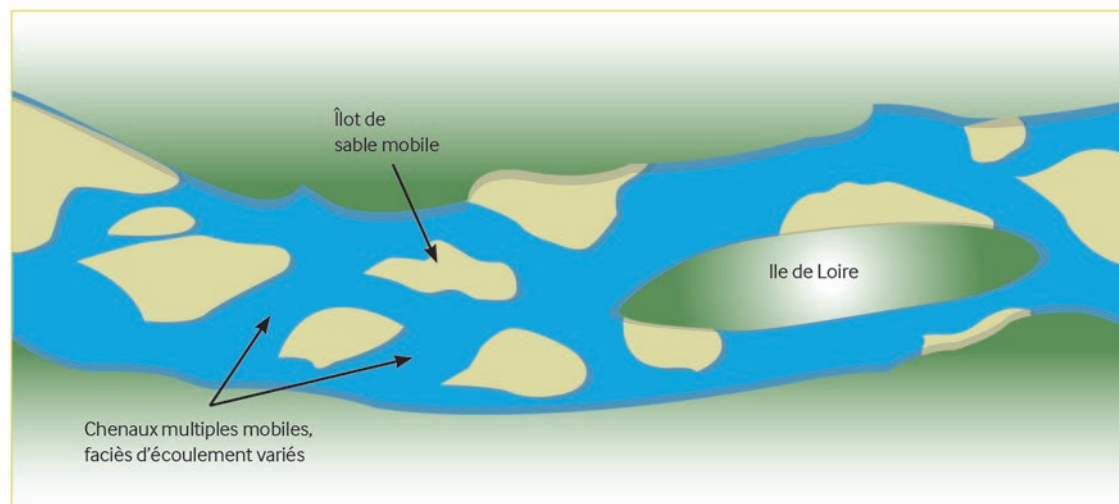
Par ailleurs, des aménagements, les chevrettes, ont été effectués dans le but de barrer les écoulements dans les bras secondaires, à l'étiage, afin de concentrer les écoulements dans le bras principal.

Ci-contre, nous pouvons comparer une morphologie naturelle avec des bancs de sable mobiles latéralement et une morphologie chenalisée.

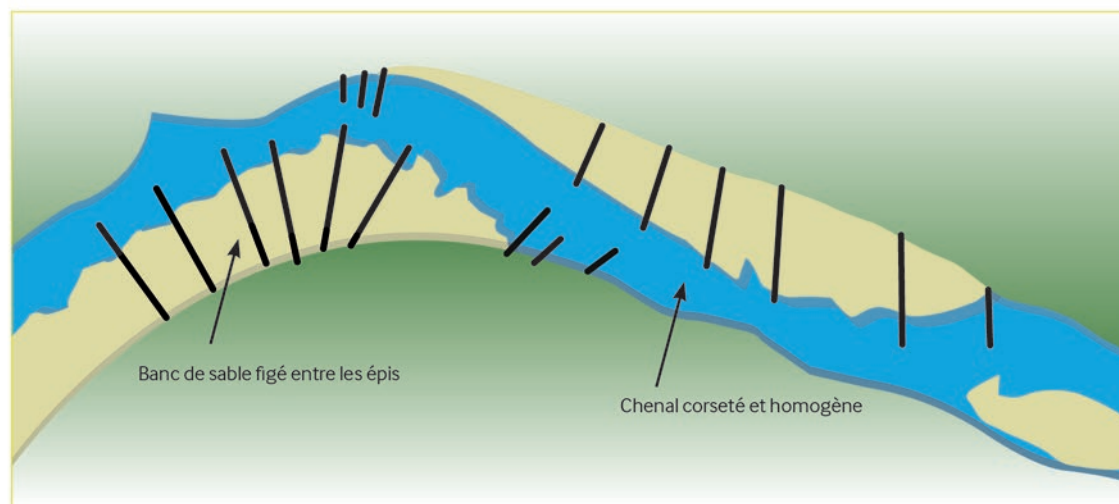
Pour résumer, le constat actuel sur la section de la Loire considérée est le suivant :

- Le lit du chenal principal s'est enfoncé, en raison des aménagements historiques (épis, chevrettes) qui visaient à favoriser la navigation et des extractions massives de sable.
- Cet enfoncement du lit principal a conduit à un abaissement du niveau d'eau. Les milieux aquatiques et zones humides à proximité (bras secondaires, annexes) se sont ainsi retrouvés déconnectés du fleuve. « Perchés » au-dessus du lit principal, de moins en moins alimentés, ils ont tendance à s'assécher.

LIT NATUREL AVEC CHENAUX MULTIPLES



LIT CHENALISÉ



3. DES CONSÉQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT

La diversité des milieux et les fonctions écologiques de la Loire font sa richesse biologique. La Loire est composée d'une mosaïque d'habitats liée à l'eau qui permet à de nombreuses espèces animales et végétales, parfois rares, de se développer.

Les fonctions écologiques sont multiples: axe de migration, lieux de reproduction, zones refuges pendant les crues, zones de repos migratoire, aires de nourrissage, etc. Ces fonctions sont aujourd'hui altérées par la chenalisation du lit de la Loire.

3.1 CONSÉQUENCES SUR LES ESPÈCES VÉGÉTALES

L'augmentation significative et la stabilisation du sable piégé au niveau des épis, des boires et des bras secondaires a progressivement modifié la végétation des grèves. Colonisées par des arbustes, elles deviendront boisées en l'absence de crue ou d'intervention humaine pour dévégétaliser le site.

Aucune crue significative, susceptible de mettre fin à la progression de cette végétation alluviale, n'est survenue ces dernières décennies. Seule la main de l'homme à travers des opérations de dévégétalisation ponctuelle peut dès lors tenter de limiter cette tendance.

Le phénomène est encore aggravé par les espèces végétales exotiques envahissantes (comme les jussies). Ces espèces profitent des déséquilibres de la Loire pour coloniser de vastes espaces et perturbent encore davantage la biodiversité ligérienne. Les habitats humides caractéristiques, notamment ceux des annexes hydrauliques, s'en trouvent appauvris et en conséquence, l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Paradoxalement, les aménagements ont bénéficié à certaines espèces qui colonisent des espaces jusqu'alors inaccessibles: l'Angélique des estuaires par exemple (espèce protégée emblématique) grâce à la remontée du front de salinité et du bouchon vaseux.

3.2 CONSÉQUENCES SUR LES ESPÈCES ANIMALES

De nombreuses espèces animales subissent les conséquences du déséquilibre de la Loire et de ses différentes perturbations, dont notamment:

- Les espèces piscicoles affectées par la déconnexion des bras secondaires
- Les espèces amphibiennes cantonnées aux annexes en raison des fortes variations du lit principal
- Les arthropodes (tels que les gomphes de Loire par exemple) probablement affectés par la perte de diversité (les conséquences sont aujourd'hui mal connues)
- Les diverses espèces d'oiseaux pour lesquelles les grèves sableuses, berges, boisements alluviaux, ont une fonction de « niche écologique ».

4. DES CONSÉQUENCES SUR LES USAGES

Au cours du 20^e siècle, l'onde de marée a progressé vers l'amont au-delà d'Ancenis, entraînant dans sa remontée un peu de sel de l'océan, jusqu'à l'aval de Bellevue (Sainte-Luce).

Pour sécuriser l'accès à l'eau potable face à la remontée du front de salinité, Nantes métropole a déplacé la prise d'eau d'une dizaine de kilomètres à l'amont. Tous les prélèvements peuvent être contraints du fait de l'abaissement de la ligne d'eau et le rabattement du niveau de la nappe phréatique.

La capacité d'épuration naturelle des eaux et la capacité d'écoulement des crues sont amoindries du fait de la végétalisation des bras et de la réduction des zones humides.

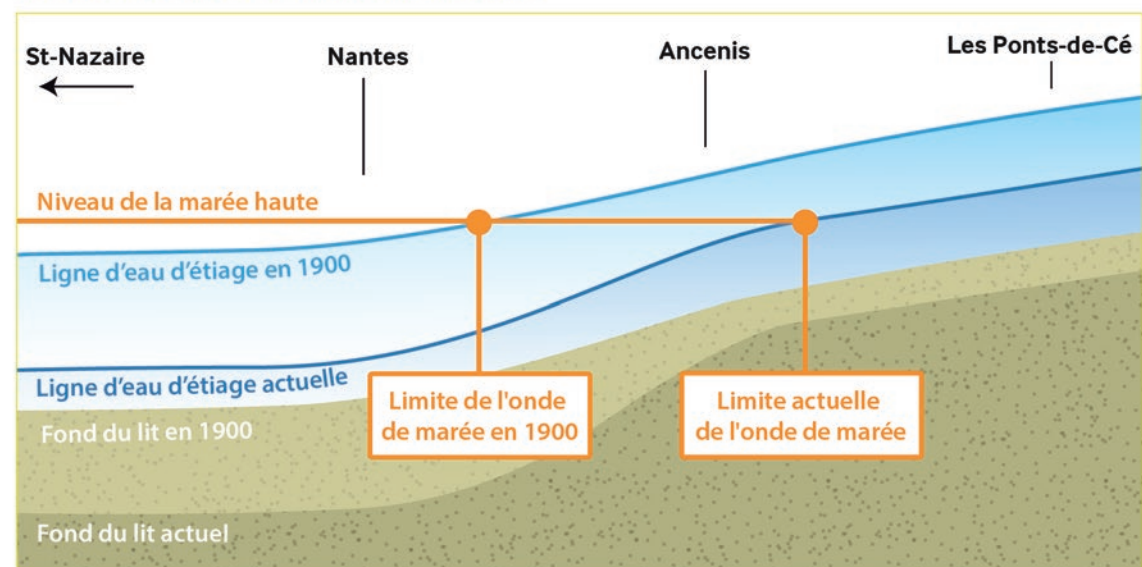
Les prairies bordant la Loire sont moins souvent inondées et perdent ainsi en qualité fourragère. L'altération de leur fonctionnalité de frayère impacte les activités de pêche.

L'incision accroît **les phénomènes d'érosion des berges et du lit**, ce qui peut impacter certaines infrastructures comme les ponts, les digues, etc.



Le paysage ligérien s'est transformé avec des épis qui restent apparents une grande partie de l'année et la fermeture du paysage lié à la végétalisation des annexes. **Les vues et accès au plan d'eau à l'étiage ont tendance à se réduire.**

REMONTÉE DE LA MARÉE ET LIGNES D'EAU D'ÉTIAGE





Partie 2

Passer à l'action,
une **nécessité**



SOMMAIRE

1. ÉVOLUTION DE LA LOIRE SANS INTERVENTION....	12
1.1 L'évolution tendancielle des fonds.....	12
1.2 L'évolution tendancielle des lignes d'eau.....	12
1.3 L'évolution de la connexion des bras secondaires	14
1.4 L'évolution des composantes biologiques	14
2. UN PROGRAMME POUR AGIR	14
2.1 L'origine du programme	14
2.2 Des opérations expérimentales.....	15
2.3 Définition de la stratégie d'intervention.....	16
2.4 Le Contrat pour la Loire et ses annexes.....	16



Dès les années 1990, une prise de conscience générale a émergé sur la nécessité d'agir : les extractions de sables ont été interdites et des solutions recherchées par les acteurs du territoire pour tenter de réduire le déséquilibre de la Loire. L'analyse des trajectoires évolutives sans et avec projet a servi de base pour élaborer une stratégie et un programme d'actions concrètes.

1. ÉVOLUTION DE LA LOIRE SANS INTERVENTION

Ce scénario appelé « tendanciel » est une projection d'ici à 50 ans de la situation sans intervention de rééquilibrage. Il analyse les différentes évolutions à prévoir.

L'évolution morphologique du fleuve a été évaluée par modélisation.

1.1 L'ÉVOLUTION TENDANCIELLE DES FONDS

Le graphique page 41 montre les écarts des fonds entre la situation actuelle et la situation tendancielle à échéance de 40 à 50 ans. Il appelle les principales observations suivantes :

En évolution tendancielle, la simulation ne met plus en évidence de forte incision mais plutôt une tendance à la stabilisation, voire au léger rehaussement du fond du lit dans certains secteurs. On note également une « respiration » naturelle du lit qui peut atteindre 1,50 m par exemple dans le secteur d'Ancenis : c'est la variation naturelle du fond du lit au sein d'une même année ou d'une même période, en fonction des conditions hydrologiques.

Il subsiste néanmoins des secteurs ponctuellement en érosion à l'aval : à Nantes (PK55 à 60), à Thouaré-sur-Loire (PK 67), Oudon (Ile Perdue – PK 79). C'est également le cas à l'amont du Fresne-sur-Loire entre les PK111 et 114, lié vraisemblablement à la suppression des seuils expérimentaux en 2017.

Par ailleurs, on distingue trois secteurs avec une tendance au dépôt : entre Mauves-sur-Loire et le Cellier (PK72 à 78) avec une rehausse du thalweg de l'ordre de +55 cm, entre Champtoceaux et Ancenis (PK83 à 90) où la tendance au dépôt est la plus marquée avec une hauteur moyenne de dépôt dans le thalweg de +90 cm et entre Saint-Florent et Montrelais (PK103 à 108) une rehausse du thalweg de l'ordre de +55 cm.

1.2 L'ÉVOLUTION TENDANCIELLE DES LIGNES D'EAU

Les lignes d'eau sont modérément rehaussées en étiage dans le scénario tendanciel entre Les Ponts-de-Cé et Ancenis, par rapport à l'état actuel. L'engravement du lit à long terme est à l'origine de cette rehausse globale des lignes d'eau qui apparaît surtout sensible sur les secteurs A et B à l'étiage. L'effet se poursuit pour des débits de crues hivernales classiques, avec des rehausses de 5 à 10 cm. Elles peuvent s'expliquer à la fois par la rehausse du fond du lit mais également par la « terrestrialisation » des bancs d'épis qui implique une forte augmentation de la végétation arbustive et arborescente au sein du lit mineur. La capacité naturelle d'évacuation du fleuve est ainsi réduite.

Dans le secteur C, les lignes d'eau sont stables.

1.3 L'ÉVOLUTION DE LA CONNEXION DES BRAS SECONDAIRES

Les bras secondaires sont actuellement connectés hydrauliquement à la Loire 30 à 50 % du temps en moyenne sur une année.

D'après les études menées sur le changement climatique, l'évolution du climat dans le bassin de la Loire devrait engendrer des conséquences sensibles sur le régime hydrologique de la Loire : tendance à la diminution du débit moyen et du débit d'étiage, allongement des périodes d'étiage. Au regard de ces évolutions, les périodes de connexion hydraulique de ces annexes pourraient descendre à moins de 10 à 30 % du temps.

Les rehausses tendancielle des lignes d'eau présentées plus haut ne seront pas suffisantes pour améliorer de manière significative cette fréquence et permettre une reconnexion hydraulique des bras secondaires au chenal principal de la Loire.

Le déséquilibre latéral observé à ce jour sera donc maintenu.

1.4 L'ÉVOLUTION DES COMPOSANTES BIOLOGIQUES

Les habitats, les espèces végétales et animales qui sont aujourd'hui plutôt favorisées par ce fonctionnement perturbé de la Loire le seront toujours à long terme ; et inversement pour celles pour qui la situation est à présent défavorable.

Le seul paramètre qui peut être considéré comme une variable d'ajustement est l'entretien de la végétation par l'Homme, et indirectement, son action sur les espèces animales qui en dépendent.

En l'absence d'entretien, la végétation aura tendance à se renforcer sur les secteurs déconnectés (bras secondaires et boires), non soumis à la dynamique fluviale. La trajectoire évolutive des écosystèmes de la Loire sans intervention implique donc une évolution des milieux naturels vers une **homogénéisation** globale des végétations, des espèces animales qu'elles hébergent et à terme, un **appauvrissement généralisé de la biodiversité de la Loire**.



Ce scénario tendanciel peut donc être considéré comme une perte vis-à-vis de la biodiversité s'il devait se réaliser.

2. UN PROGRAMME POUR AGIR

2.1 L'ORIGINE DU PROGRAMME

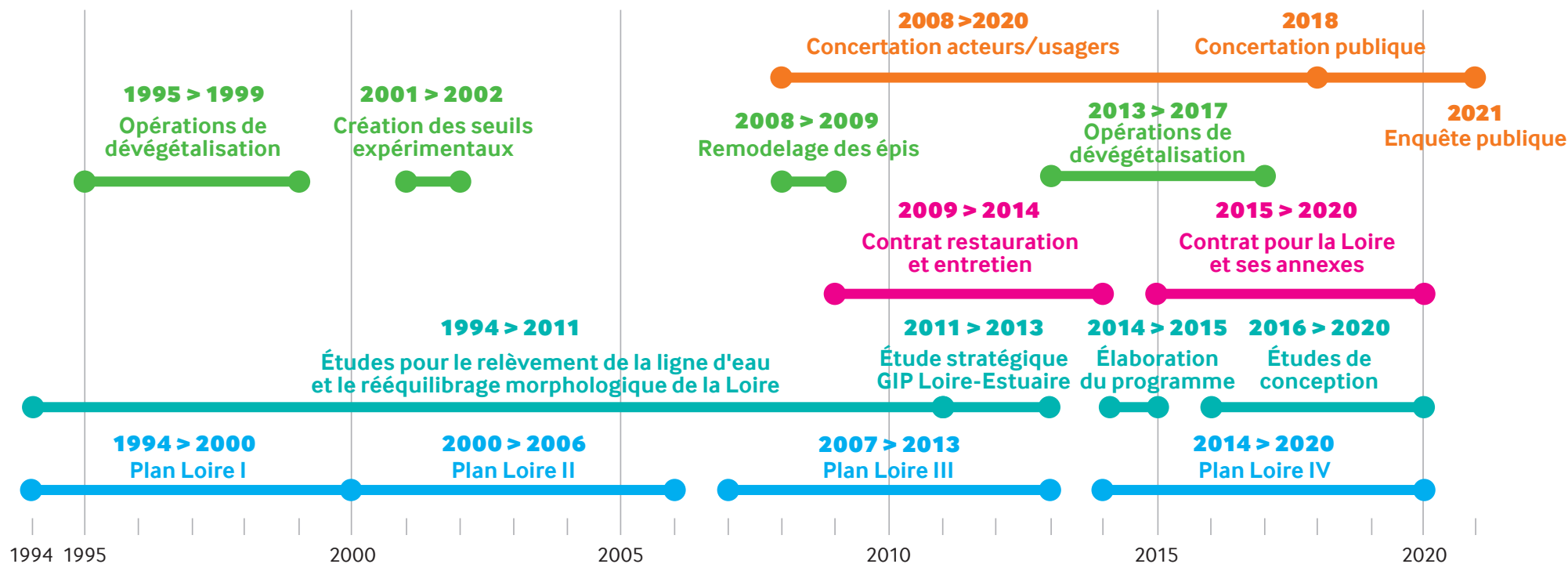
Le 4 janvier 1994, le Gouvernement a décidé d'un plan global d'aménagement de la Loire à 10 ans, le « Plan Loire Grandeur nature ». Ce plan visait à concilier la sécurité des personnes, la protection de l'environnement et le développement économique. Pour la Loire aval, l'objectif prioritaire était de relever la ligne d'eau d'étiage afin de restaurer l'équilibre fluvial tout en satisfaisant les usages.

2.2 DES OPÉRATIONS EXPÉRIMENTALES

Dans le cadre du Plan Loire, des actions expérimentales ont été menées par Voies Navigables de France pour relever la ligne d'eau d'étiage :

- Le chantier expérimental de Nantes-Oudon en 1995-1997 (Plan Loire I) : des opérations de dévégétalisation localisées et de restauration des écoulements :
- Le programme de « Relèvement de la ligne d'eau d'étiage » en 2002 (Plan Loire II) : un test grandeur nature de l'impact de seuils au Fresne-sur-Loire. Les travaux ont permis un rehaussement sensible de la ligne d'eau en amont et une meilleure répartition des débits entre le chenal et le bras de Cul-de-Bœuf.

LES PLANS LOIRE SUCCESSIFS ET L'ÉLABORATION DU CONTRAT POUR LA LOIRE ET SES ANNEXES



- L'expérimentation de remodelage des épis (abaissement et réduction des ouvrages) entre Bouchemaine et Chalonnnes en 2007-2010 (Plan Loire III). Le niveau d'eau en étiage a été relevé de 20 à 30 cm, ce qui a amélioré l'alimentation en eau de la boire de la Ciretterie sans affecter sensiblement les usages.

Ces différentes actions ont fait l'objet de suivis scientifiques et permettent d'avoir plus de 15 ans de retours d'expérience sur l'efficacité des opérations et l'évaluation de leurs effets. Les suivis ainsi engagés ont également contribué à améliorer les connaissances sur le fonctionnement de la Loire.

La transformation des épis est alors apparue comme une solution satisfaisante pour remobiliser les sédiments piégés dans ces aménagements.

En parallèle, en 2008, un groupe de travail acteurs-usagers a été créé afin de définir un cadre d'objectifs et d'interventions pour la restauration de la Loire.

En 2011, le GIP Loire-Estuaire a été mandaté pour piloter une étude stratégique d'ensemble sur l'évolution de la Loire et les interventions envisageables en s'appuyant sur tous ces éléments.

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire, dans le cadre du plan Loire IV (2014-2020), représente la mise en œuvre de la première phase de cette stratégie.

2.3 DÉFINITION DE LA STRATÉGIE D'INTERVENTION

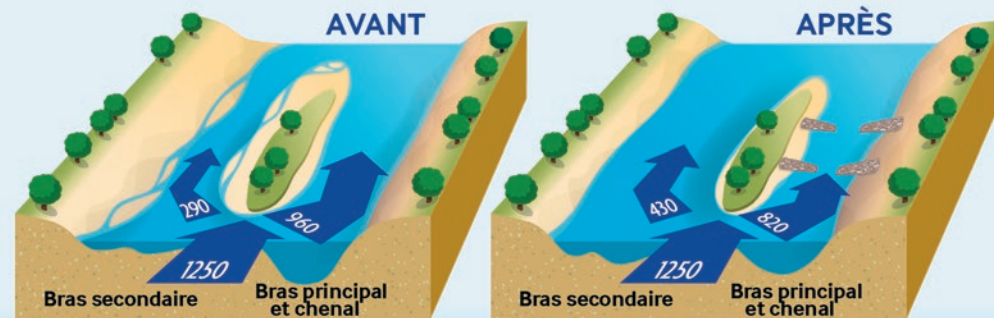
L'étude pilotée par le GIP Loire Estuaire a été menée de 2011 à 2013. Elle s'est déroulée en 2 étapes :

- Étape 1 : Analyse du scénario tendanciel, évaluation de différents scénarios d'intervention et sélection d'un scénario en concertation avec les acteurs et financeurs du Plan Loire ;
- Étape 2 : Déclinaison du scénario retenu en un programme d'actions opérationnel.

ZOOM SUR LES SEUILS DU FRESNE-SUR-LOIRE/INGRANDES

En 2002, des seuils à échancrure, c'est-à-dire avec une ouverture centrale, surmontés de boudins géotextiles, ont été créés à l'entrée du bras principal au niveau de la commune du Fresne-sur-Loire, de façon à orienter une partie de l'écoulement vers le bras secondaire de Cul de Bœuf. Cette action a permis au bras secondaire de retrouver une dynamique d'alimentation continue, y compris à l'étiage, et a aussi eu pour conséquence un dépôt de sédiments dans le lit principal en amont des seuils. À la fin de l'expérimentation, en raison de l'impact paysager, des incidences sur la navigation et de la dégradation des ouvrages, les boudins géotextiles ont été démontés en 2017.

Comparaison des débits (m³/s) passant dans chaque bras avant et après les travaux des seuils du Fresne-sur-Loire/Ingrandes



Source : GIP Loire Estuaire

Évolution des débits entre le bras principal et le bras secondaire, avant et après la réalisation des seuils expérimentaux du Fresne-sur-Loire (données de 2015)

Le transport de sédiments dans le fleuve sur une période donnée a été simulé sur ordinateur, permettant d'évaluer l'évolution du lit de la Loire, sans intervention humaine sur 50 ans. Il s'agit du scénario tendanciel, étudié selon 2 hypothèses :

- L'hypothèse haute avec des apports sédimentaires de l'amont suffisants pour garantir l'équilibre hydro-sédimentaire de la Loire
- L'hypothèse basse avec un déficit des apports sédimentaires de l'amont.

La première hypothèse a montré une tendance à la stabilisation du lit, tandis que la seconde a mis en évidence une tendance à la poursuite de l'incision, toutefois moins prononcée qu'avant.

Les effets de différentes interventions reposant sur une ou plusieurs solutions (remodelage d'épis, création de seuils, réouverture de bras secondaires, etc.) ont ensuite été étudiés. L'exercice a montré que la combinaison de plusieurs leviers d'actions permettait d'agir plus efficacement qu'avec des actions isolées.

La stratégie d'intervention a été définie à long terme, selon plusieurs hypothèses d'apports sédimentaires qui ont montré une tendance à la stabilisation du lit ou, selon les cas, à la poursuite de l'érosion. Des leviers d'actions combinés ont été étudiés et modélisés, ce qui a contribué à la construction d'un programme d'actions de rééquilibrage du lit en deux phases.

Le programme de rééquilibrage de la Loire est né de cette étude stratégique. Il en constitue la première phase et comporte trois secteurs prioritaires d'intervention :

- Le « secteur A » de Montjean-sur-Loire à Ingrandes-Le Fresne sur Loire pour poursuivre la dynamique engagée par l'expérimentation de 2002 ;
- Le « secteur B » d'Anetz à Oudon, secteur le plus sujet à l'incision encore à l'heure actuelle ;
- Le « secteur C » à Sainte-Luce-sur-Loire, village de Bellevue, pour la réalisation d'un aménagement destiné à assurer une transition entre la zone à restaurer en amont (Les Ponts-de-Cé – Nantes) et la Loire aval, estuarienne, plus profonde et accueillant notamment les activités du Grand Port Maritime.

Après la réalisation et le suivi de ces premières interventions, une 2^e phase de travaux est envisagée.

2.4 LE CONTRAT POUR LA LOIRE ET SES ANNEXES

Le Contrat pour la Loire et ses Annexes (CLA) de Montsoreau à Nantes traduit l'accord intervenu sur la mise en œuvre du programme de rééquilibrage morphologique du lit mineur de la Loire et le bon fonctionnement écologique des milieux qui lui sont associés.

Les différents signataires sont : l'État, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, la région des Pays de la Loire, le Conservatoire des espaces naturels, le GIP Loire Estuaire, Voies Navigables de France et l'ensemble des maîtres d'ouvrage.

Ce document-cadre a pour objectif d'assurer une stratégie cohérente de restauration de la Loire en contribuant à son rééquilibrage longitudinal et latéral à l'échelle du secteur considéré.

Voies Navigables de France est le maître d'ouvrage des actions structurantes dans le lit mineur, qui auront un effet sur le fonctionnement morphologique du fleuve. Ce programme pourra être mené indépendamment des autres actions de restauration complémentaires menées dans certaines annexes (bras ou boires) par différents maîtres d'ouvrage (collectivités, Fédérations pour la pêche et la protection du milieu aquatique). Le couplage de ces projets permettra néanmoins de mutualiser les efforts et d'augmenter la cohérence et l'efficacité pour des objectifs partagés :

- Restauration de la continuité hydro-sédimentaire et écologique ;
- Reconquête d'une dynamique fluviale plus naturelle dans le lit et les bras ;
- Favoriser les fonctionnalités écologiques et la richesse biologique dans le lit et les bras.

Initialement construit sur la période 2015-2020, le contrat est en cours de prolongation jusqu'à 2026 pour couvrir la période de travaux.

CONTRAT POUR LA LOIRE ET SES ANNEXES (CLA)

co-animé par : GIP Loire estuaire et CEN Pays de la Loire

Comité de pilotage

co-présidé par : Agence de l'eau Loire-Bretagne et Région Pays de la Loire

État, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Région des Pays de la Loire, Voies navigables de France, GIP Loire-Estuaire, CEN Pays de la Loire, Conseil départemental de Loire-Atlantique, Conseil départemental de Maine-et-Loire, maîtres d'ouvrage des actions locales (collectivités, Fédérations pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de Loire-Atlantique et de Maine-et-Loire.)

Comité technique

État, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Région des Pays de la Loire, Conseil départemental de Loire-Atlantique, Conseil départemental de Maine-et-Loire, Fédérations pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de Loire-Atlantique et de Maine-et-Loire, PNR Loire Anjou Touraine, Loire Grands Migrateurs, Universités d'Angers et de Tours, Conservatoire botanique national de Brest, experts

**Le programme
de rééquilibrage du lit de la Loire**
entre Les Ponts-de-Cé et Nantes

**Les interventions
sur les annexes fluviales**
entre Montsoreau et Nantes

Maître d'ouvrage
Voies navigables
de France

Maîtres d'ouvrage
Collectivités territoriales
et Fédérations pour la Pêche
et la Protection du Milieu
Aquatique (49 et 44)

LA CONCERTATION AVEC LES ACTEURS DU TERRITOIRE

Après les premiers groupes de travail acteurs-usagers de 2008-2009, le programme de rééquilibrage du lit de la Loire s'est construit en s'appuyant sur des ateliers de concertation organisés en 2015. Tous les acteurs de la Loire ont été conviés par VNF et ses partenaires :

- collectivités (communes, intercommunalités, départements...)
- usagers (associations de pêcheurs professionnels, fédérations de pêche, associations de plaisanciers, comité des armateurs fluviaux, navigateurs...)
- associations de riverains, de protection de la nature et du patrimoine (Comité pour la Loire de Demain, La Bellevusienne, Loire pour tous, Sauvegarde de la Loire Angevine, Patrimoine culturel Loire...)
- gestionnaires d'ouvrages (Syndicats d'aménagement, syndicats de gestion des eaux...)
- partenaires institutionnels et services de l'État (Office français de la Biodiversité, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, Directions Départementales des Territoires...).

Les ateliers ont permis de présenter le cadre d'intervention, d'apporter les éléments de compréhension sur la stratégie d'actions et sur les effets des actions à engager, puis collectivement d'approcher les éléments constitutifs d'un programme d'opération : besoins, contraintes et exigences.

Dans la continuité de cette démarche, trois rencontres ont été organisées avec les acteurs pour échanger sur l'avancement des études de conception de 2016 à 2018. Une nouvelle réunion est prévue en 2020.

LA CONCERTATION PUBLIQUE

Une concertation publique a été organisée autour du projet du 30 mars au 29 avril 2018. Placée sous l'égide d'une garante désignée par la Commission Nationale du Débat Public (CNDP), elle avait pour objectif d'informer et de recueillir les remarques et suggestions de toutes et tous sur le projet.

Tenus au cours de l'élaboration du projet, les échanges ont permis d'enrichir le projet, d'identifier les mesures d'accompagnement nécessaires et de faire émerger des solutions partagées.

Des réunions thématiques sur les différents sujets émergents lors de la concertation (pêche professionnelle, accès aux îles, inondations...) ont été tenues de fin 2018 à 2020 pour poursuivre les échanges.

ET APRÈS...

Au-delà de l'enquête publique et suite à l'autorisation du projet, des réunions de concertation se tiendront pour organiser la phase travaux, sur chaque secteur. Ces réunions pourront associer, en fonction des sujets traités, les élus, les riverains, les usagers, les associations de protection de l'environnement ou du patrimoine ainsi que les services de l'État compétents.

Un programme de suivi des effets du projet a été construit par le GIP Loire-Estuaire et le CEN des Pays de la Loire (voir livret Mesures ERC et synthèse des effets). Des réunions de présentation des résultats de ce suivi seront organisées, pour corriger certains effets indésirables le cas échéant et préparer la mise en œuvre de la seconde phase de la stratégie de restauration.





Partie 3

Présentation du **projet**

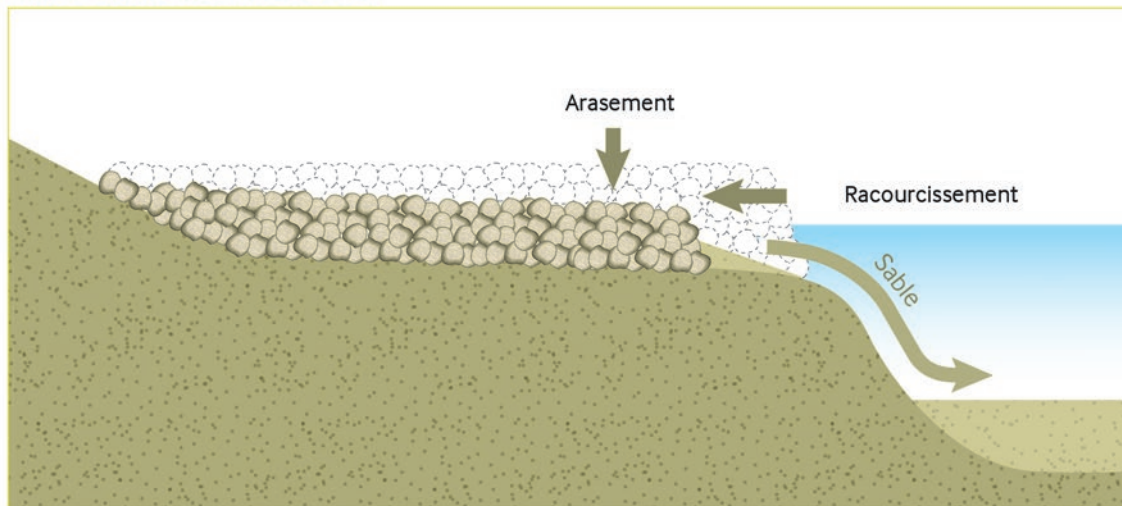


SOMMAIRE

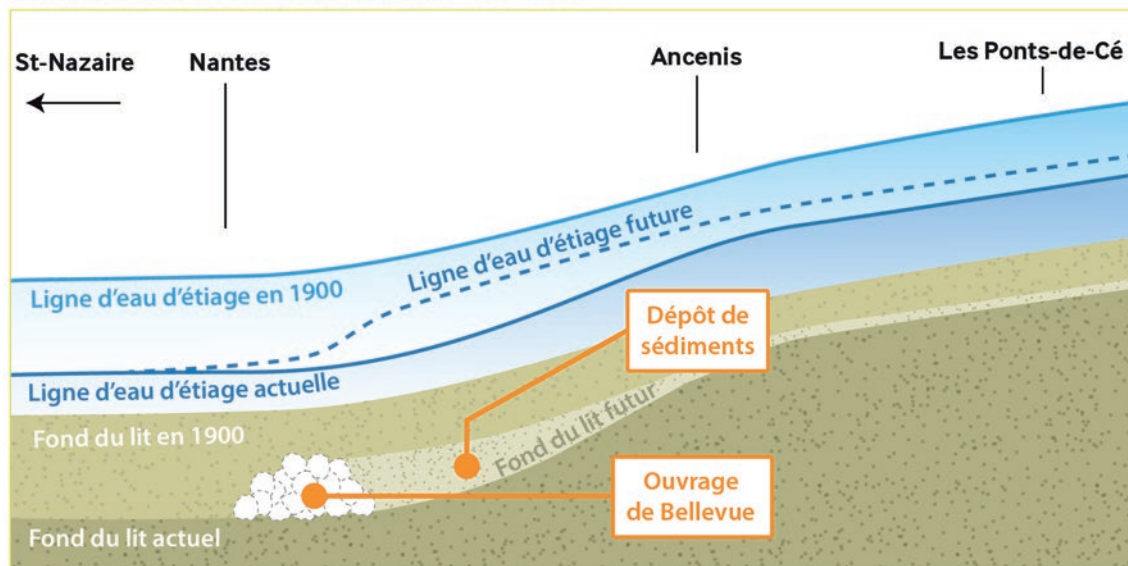
1. LES PRINCIPES D'ACTION	22
2. LE REMODELAGE DES ÉPIS DE NAVIGATION SUR LES SECTEURS A ET B.....	24
2.1 Objectifs généraux.....	24
2.2 Secteur A: variantes étudiées et principes retenus.....	24
2.3 Secteur B entre Anetz et Oudon : variantes étudiées et principes retenus.....	26
3. L'AMÉNAGEMENT DE BELLEVUE : SECTEUR C	30
3.1 Objectifs généraux.....	30
3.2 Variantes étudiées et principes retenus.....	30
3.3 Présentation du projet retenu.....	33
4. CALENDRIER PRÉVISIONNEL.....	34
5. LES PARTENAIRES DU PROJET ET LES FINANCEMENTS.....	35



PRINCIPES DE REMODELAGE D'UN ÉPI



LE PRINCIPE DU RÉÉQUILIBRE LONGITUDINAL DE LA LOIRE



1. LES PRINCIPES D'ACTION

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire repose sur deux actions complémentaires :

- Remodeler les ouvrages de navigation (épis, duis, chevrettes, seuils) afin de redonner de l'espace de liberté à la Loire et de mieux connecter les annexes fluviales et bras secondaires au bras principal. Le remodelage consiste à abaisser, raccourcir ou supprimer ces ouvrages. Cette action doit aussi permettre de libérer les sédiments piégés entre les épis de façon à ce qu'ils puissent être emportés par l'écoulement de la Loire et déposés en aval, notamment aux endroits où le lit de la Loire s'est trop creusé. Ce type d'action sera mené sur le secteur A de Montjean-sur-Loire à Ingrandes-Le Fresne-sur-Loire et le secteur B d'Anetz à Oudon.
- Créer une zone de transition en amont de Nantes. Cette zone, en ralentissant la vitesse d'écoulement et en réduisant la pente de la ligne d'eau, doit favoriser le dépôt des sédiments en amont de l'aménagement et ainsi contribuer au rehaussement du niveau des fonds. Cette action concerne le secteur C de Bellevue.

INTERVENTIONS PRÉVUES SUR LES BRAS SECONDAIRES

Ces bras du fleuve sont connectés au chenal principal par l'amont et l'aval. Ils restent en eau en principe une grande partie de l'année, voire de façon permanente. Ils sont dynamiques et constituent des éléments majeurs pour la mobilité, la liberté du fleuve. Les opérations de rééquilibrage du lit de la Loire auront des effets hydrauliques directs sur les 10 annexes fluviales suivantes:

- Bras de Cul de Bœuf (secteur A)
- Bras des Babins (secteur B)*
- Bras du Bernardeau et du Chalais (secteur B)*
- Bras des Vinettes ou bras de l'île aux Moines (secteur B)*
- Bras de l'île Delage (secteur B)*
- Bras de l'île Neuve-Macrière (secteur B)
- Bras des Brevets (secteur B)*
- Bras de la Pierre de Drain (secteur B)
- Bras de Thouaré (secteur C)
- Bras de l'île Clémentine (secteur C)*

La suppression des chevrettes ou des épis qui en contraignent l'accès et la rehausse de la ligne d'eau d'étiage permettront le rééquilibrage de ces bras secondaires.

Des actions complémentaires de restauration ont pu être réalisées par anticipation ou sont en cours de réflexion (ex: bras des Vinettes, bras des Babins), dans le cadre du Contrat pour la Loire et ses annexes, avec l'engagement de maîtres d'ouvrage locaux.

NB: Les bras de la Sauterelle (secteur C) et de la Meilleraie (secteur B) sont situés dans la zone d'influence du projet mais ne sont pas spécifiquement concernés par les projets de travaux à ce stade.

LOCALISATION DES SECTEURS D'INTERVENTION



2. LE REMODELAGE DES ÉPIS DE NAVIGATION SUR LES SECTEURS A ET B

2.1 OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Le remodelage des ouvrages de navigation (épis, chevrettes) sur les secteurs A et B a pour objectif commun de :

- redonner un plus grand espace de mobilité au chenal d'étiage ;
- remobiliser les sédiments piégés entre les épis ;
- élever le niveau des fonds du bras principal ;
- améliorer l'alimentation des annexes fluviales et bras secondaires.

Sur le secteur A, le remodelage des épis situés en amont du bras de Cul-de-Bœuf vise à poursuivre la dynamique initiée par la mise en place des seuils expérimentaux entre 2002 et 2017 qui a permis de réinstaurer une alimentation continue de ce bras.

Sur le secteur B, entre Anetz et Oudon, au niveau des îles Neuve et Macrière, la Loire se sépare en deux bras : le bras principal et le bras secondaire, dit bras de l'île Neuve-Macrière. Ce dernier est aujourd'hui en surplomb du bras principal et, par conséquent, à sec près de la moitié de l'année. Le remodelage des ouvrages à l'entrée et à la sortie de ce bras doit permettre une alimentation continue du bras avec une meilleure répartition des débits entre le bras principal et le bras secondaire.

Les travaux se feront à la fois par voie terrestre (partie émergée des épis) et par voie fluviale (partie submergée des épis et points durs). Dans ce cas les matériaux seront chargés dans des barges de faible tirant d'eau.

2.2 SECTEUR A: VARIANTES ÉTUDIÉES ET PRINCIPES RETENUS

Les interventions sur ce secteur ont été définies pour répondre au mieux aux critères suivants :

- Maintien de la dynamique actuelle dans le bras de Cul de Bœuf
- Amélioration de la valeur environnementale du secteur et contribution au programme global à l'échelle de la Loire aval
- Maintien des niveaux d'eau à l'étiage sur la Boire de Champtocé
- Maintien voire amélioration du fonctionnement de la plage de Mesnil en Vallée
- Maintien du niveau de sécurité actuel de la digue de Montjean vis-à-vis des sollicitations hydrauliques en pied d'ouvrage
- Réduction des sollicitations sur les berges lorsqu'un enjeu est identifié
- Maintien de la navigation dans des conditions acceptables

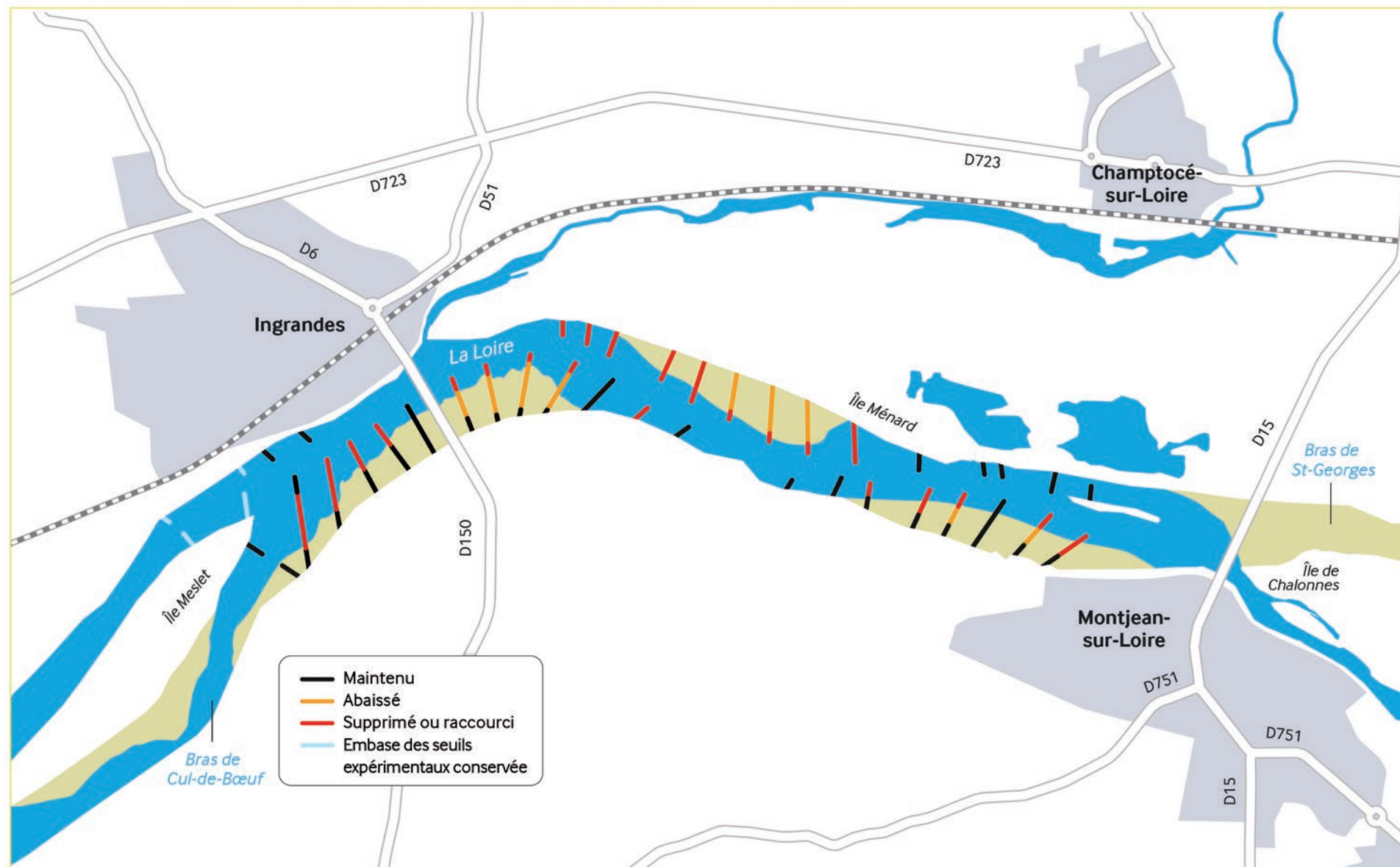
Six variantes d'interventions ont été étudiées au regard de ces critères. L'analyse comparative menée a permis de définir la solution technique la plus pertinente afin d'y répondre efficacement. Elle constitue un scénario ambitieux dont les principes retenus sont les suivants :

- Remodelage des épis à l'aval du pont d'Ingrandes, en rive gauche, afin de compenser le retrait des boudins géotextiles et conserver un écoulement dans le bras de Cul de Bœuf.
- Abaissement de certains épis de façon à mobiliser une partie des sables des grèves.
- Suppression de certains épis et réduction des épis longs afin de redonner une plus grande mobilité au chenal principal.

Ainsi, le nombre d'ouvrages est de 38, dont 23 faisant l'objet d'une intervention : 15 seront maintenus, 7 seront supprimés et 16 seront réduits et/ou raccourcis.

Les travaux sur ce secteur devraient se dérouler sur 1 à 2 étiages consécutifs : à l'étiage 2021 et éventuellement à l'étiage 2022, sous réserve de l'obtention des autorisations administratives.

CARTE DES TRAVAUX DE REMODELAGE DES ÉPIS PRÉVUS ENTRE MONTJEAN-SUR-LOIRE ET INGRANDES (SOURCE: ISL)



2.3 SECTEUR B ENTRE ANETZ ET OUDON : VARIANTES ÉTUDIÉES ET PRINCIPES RETENUS

Emprise de travaux étudiée

La zone d'étude, initialement définie d'Anetz (PK 100) au pont d'Oudon (PK 82), a été étendue jusqu'au secteur de l'île Perdue (PK 79), à l'aval d'Oudon, afin de s'assurer de l'absence d'érosion dans le secteur bordant la voie SNCF. Elle s'étend donc sur **21 km de cours d'eau** (du PK 100 au PK 79).

Plusieurs scénarios techniques permettant la mise en œuvre des aménagements sur le secteur B ont été étudiés en simulant plusieurs scénarios comprenant les interventions suivantes :

- Le remodelage des épis ;
- La modification des ouvrages à l'entrée et à la sortie du bras de l'île Neuve-Macrière ;
- Le creusement d'un chenal pilote dans le bras de l'île Neuve-Macrière.

Le remodelage des épis

Le remodelage des épis permettant la création d'un chenal d'une largeur variant entre 140 et 220 m est efficace (ligne d'eau d'étiage rehaussée de 20 à 50 cm). Elle a donc été retenue comme solution de base. Il s'agit de la solution mise en œuvre sur l'opération expérimentale de remodelage des épis entre Chalennes et Bouchemaine.

Suite aux premières simulations, il est apparu que la forte efficacité des actions prévues entre Anetz et Oudon conduirait à un déficit en apport de sable à partir du pont d'Oudon, créant un risque d'érosion. Dans ce secteur très étroit, la voie SNCF est en bordure immédiate de la Loire. Plusieurs scénarios d'aménagements complémentaires ont donc été envisagés pour éviter cette érosion. Leur comparaison a conduit à retenir une variante d'aménagement du secteur de l'île Perdue comprenant le raccourcissement de 5 épis et une action de dévégétalisation permettant d'élargir la section d'écoulement et lutter contre le risque d'érosion.

Modification des ouvrages à l'entrée et à la sortie du bras de l'île Neuve-Macrière

Différentes configurations pour les structures à l'entrée du bras secondaire de l'île Neuve-Macrière (épis transversaux, chevette et seuil aval) ont été étudiées, de manière à préciser l'impact des différentes modifications possibles.

Ce bras secondaire a tendance à s'engraisser progressivement. Le moyen le plus efficace pour favoriser la remise en eau plus fréquente de ce bras est de limiter l'arrivée de sable. En effet, si l'apport en sable est plus important que ce que le bras est capable d'expulser, favoriser son alimentation en eau pourrait également induire son comblement.

Ainsi, après analyse de différents scénarios, la solution consistant à maintenir 2 épis amont, à supprimer l'épi aval et le seuil aval et à démanteler totalement la chevette, a été retenue pour l'entrée du bras (voir carte page suivante). Elle permet en effet d'orienter le transport de sable préférentiellement vers le bras principal, tout en rétablissant une meilleure connexion hydraulique, jusqu'à l'étiage.

Elle correspond aussi à un état plus naturel de la Loire et de l'entrée du bras.

Concernant la sortie du bras, les modélisations ont montré qu'il serait nécessaire d'enlever les obstacles. Les ouvrages latéraux seraient conservés de manière à créer un resserrement des écoulements et ainsi maintenir une vitesse suffisante pour expulser les sables.

Creusement d'un chenal pilote dans le bras de l'île Neuve-Macrière

Le creusement d'un chenal dans le bras secondaire pour favoriser l'évacuation des sédiments a été étudié. La simulation de cette action à 40 ans montre qu'elle n'a pas d'effet à long terme. En effet, l'analyse des évolutions bathymétriques permet de mettre en évidence que le creusement du chenal pilote a un impact bénéfique sur la connexion hydraulique du bras secondaire, uniquement sur une durée limitée, de l'ordre de 5 ans. Ainsi, la Loire pourrait remodeler naturellement son lit. Il a donc été jugé préférable de ne pas retenir le creusement d'un chenal pilote.



Travaux prévus sur les bras secondaires:

Sur ce secteur, le projet comprend également la réouverture de bras secondaires (outre celui de l'île Neuve –Macrière évoqué ci-dessus), qui sont sous l'influence hydromorphologique directe des travaux dans le lit principal :

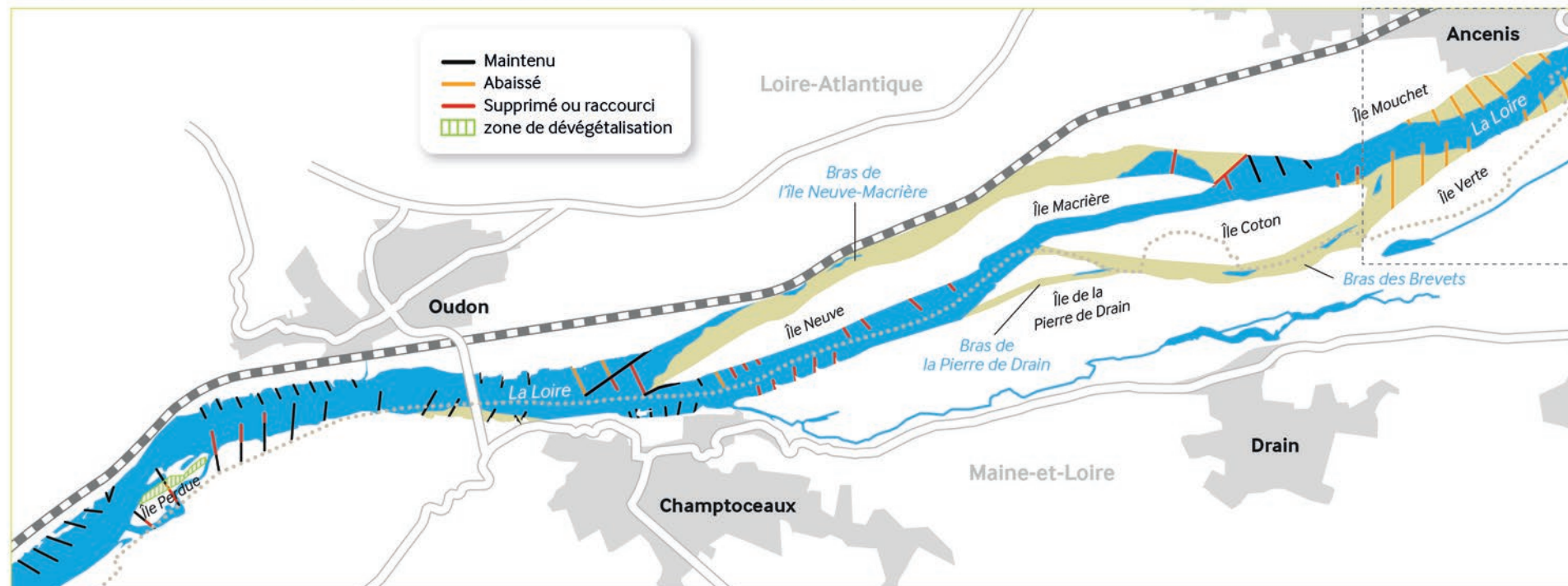
- Bras des Babins
- Bras du Bernardeau et du Chalais
- Bras des Vinettes
- Bras de l'île Delage
- Bras des Brevets

Le remodelage des ouvrages de navigation à l'amont et à l'aval de ces bras favorisera leur alimentation en eau et leur accessibilité pour les espèces.

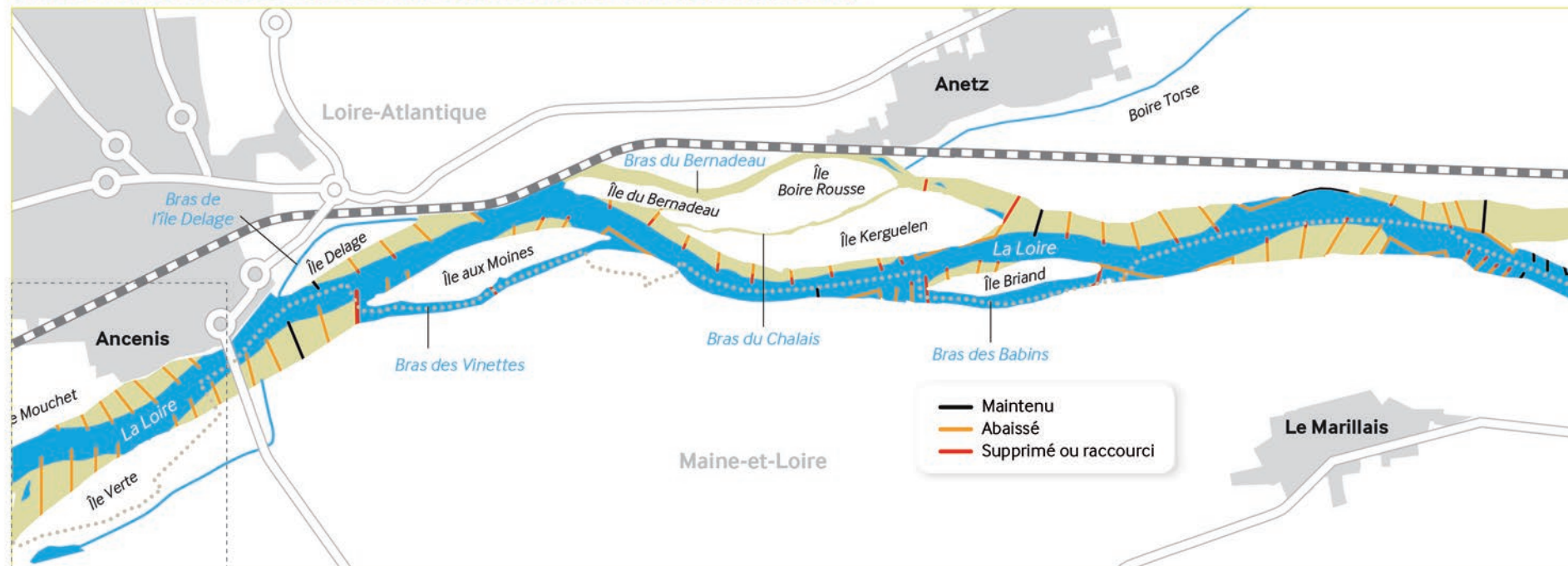
De plus, des actions complémentaires de restauration ont pu être réalisées par anticipation sur certains de ces bras (détail en annexe du livrable 3- Présentation du projet) sous la maîtrise d'ouvrage de VNF ou d'acteurs locaux (collectivités locales, fédération de pêche). De la même manière, des actions complémentaires au projet seront menées a posteriori, par les maîtres d'ouvrage locaux ou VNF, pour restaurer si besoin des déséquilibres au sein des bras. Ces travaux réalisés ou à venir en fonction des besoins poursuivent tous les objectifs suivants, complémentaires des objectifs liés au lit principal :

- Restauration de la continuité hydro-sédimentaire et écologique ;
- Reconquête d'une dynamique fluviale plus naturelle dans le lit et les bras ;
- Favoriser les fonctionnalités écologiques et la richesse biologique dans le lit et les bras.

CARTE DES TRAVAUX DE REMODELAGE DES ÉPIS PRÉVUS ENTRE ANCENIS ET OUDON (SOURCE: ARTELIA)



CARTE DES TRAVAUX DE REMODELAGE DES ÉPIS PRÉVUS ENTRE ANETZ ET ANCENIS (SOURCE: ARTELIA)



Sur le secteur B, le nombre total d'ouvrages concernés par l'opération est de 128 : 25 seront maintenus en l'état, 37 seront raccourcis (avec ou sans arasement du reste de l'ouvrage), 43 seront abaissés, 21 seront supprimés et 2 seront partiellement supprimés.

Les travaux dans ce secteur devraient se dérouler sur deux voire trois étiages consécutifs à partir de septembre 2022, sous réserve de l'obtention des autorisations administratives.

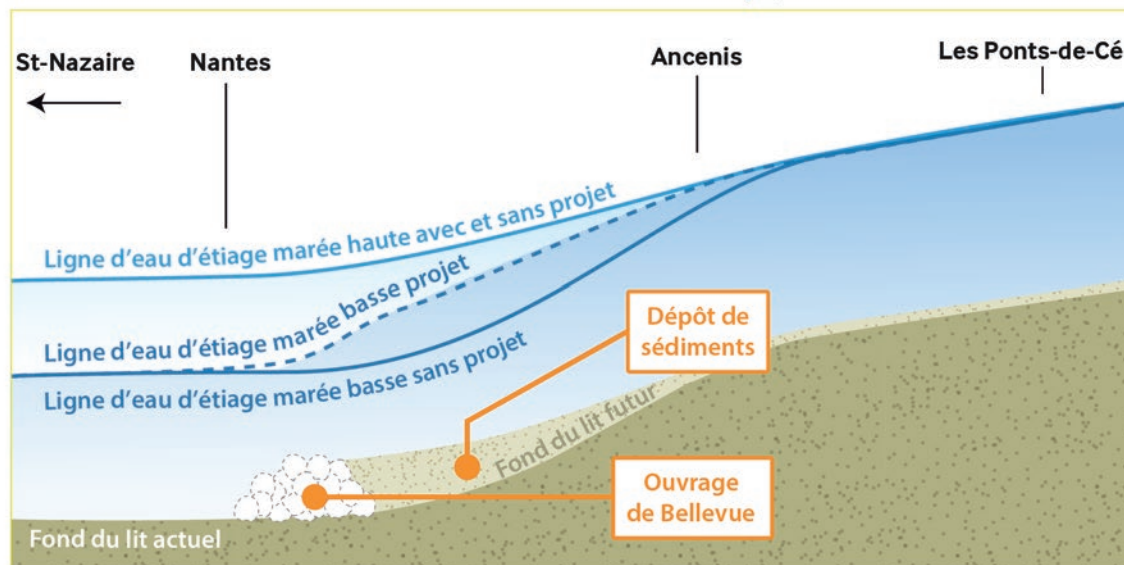
3. L'AMÉNAGEMENT DE BELLEVUE: SECTEUR C

3.1 OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Avant les années 1970, le seuil naturel rocheux de Bellevue, associé au système d'épis sur la rive gauche, permettait, d'une part, de ralentir les courants, d'autre part, de maintenir un certain niveau du fond du lit et des lignes d'eau en amont de Nantes.

Pour favoriser la navigation et la remontée de la marée, le chenal de navigation qui passait autrefois sur le seuil rocheux, en rive droite, a été déplacé et élargi vers le centre du lit. Les interventions (déroctage et dragages importants) ont déclenché un processus d'érosion rapide, avec pour conséquence un abaissement important de la ligne d'eau d'étiage.

ÉVOLUTION DE LA MARÉE BASSE ET DE LA MARÉE HAUTE AVEC ET SANS PROJET, À 50 ANS



Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire a pour objectif de recréer à Bellevue une zone de transition entre la Loire estuarienne aval, profonde et chenalisée, et la Loire en amont, pour réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et la pente de la ligne d'eau à l'étiage afin de favoriser le dépôt de sédiments en amont.

Cette zone de transition doit, plus globalement, permettre de pérenniser les actions de restauration menées entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

L'objectif de l'aménagement de Bellevue est de rehausser la ligne d'eau de basse mer, de l'étiage jusqu'au débit moyen, pour ralentir les écoulements et favoriser le dépôt de sable en amont. À marée haute, ou en période de crue, l'ouvrage doit être submergé et transparent, c'est-à-dire qu'il ne doit pas modifier le niveau d'eau.

Les travaux seront réalisés essentiellement par voie fluviale. Durant la phase préparatoire de chantier, un poste permettant le chargement et le déchargement des chalands sera créé, ce qui implique:

- La création d'un quai spécifique en palplanches (longueur 30 m) et de pieux d'amarrage (le quai existant, en mauvais état, ne présente pas une structure suffisante pour résister aux charges de la pelle)
- La réalisation d'un chenal de navigation temporaire permettant d'assurer la liaison fluviale entre le quai et la zone de travaux avec un tirant d'eau suffisant pour permettre une plage de travail élargie.

En complément de cette zone de chargement, il est nécessaire de prévoir à proximité de cette dernière une **zone de stockage dite « tampon »**. En effet les quantités importantes de matériaux nécessaires à la réalisation du projet ne permettront pas aux carrières d'assurer une production en continu.

Une zone de stockage provisoire du domaine public fluvial, géré par VNF, est disponible à proximité du site et sera utilisée à cet effet.

3.2 VARIANTES ÉTUDIÉES ET PRINCIPES RETENUS

Le cheminement qui a permis de retenir le projet présenté s'est déroulé en 4 principales étapes.

ÉTAPE 1 ÉTUDES PRÉALABLES

Une analyse multicritère reposant sur 3 paramètres principaux conditionnant la faisabilité du projet (satisfaction aux exigences du programme, respect des contraintes environnementales, faisabilité technique) a été réalisée pour mettre en exergue les variantes les plus pertinentes à l'atteinte de l'ensemble des objectifs. Cette analyse a permis d'identifier 4 familles de variantes.

ÉTAPE 2 ÉTUDE HYDRAULIQUE DE 4 VARIANTES (A, B, C ET D)

Les 4 variantes ont été étudiées par modélisation hydraulique, permettant une première évaluation de leur efficacité et de leur incidence potentielle sur les crues. Cette étape a permis de réactualiser l'analyse multicritère et de sélectionner les 2 variantes à étudier plus finement.

ÉTAPE 3 ÉTUDE D'AVANT-PROJET DES VARIANTES B ET C

Des compléments d'analyse ont porté sur :

- La réponse hydro-sédimentaire apportée par les 2 variantes
- L'analyse coût/faisabilité technique des 2 variantes
- La pré-analyse des effets écologiques (habitats et espèces protégées)
- La pré-analyse des incidences sur la continuité piscicole
- La pré-analyse des incidences sur les crues

Les deux variantes d'aménagement ont fait l'objet d'une présentation en phase de concertation publique pour prendre en compte les préférences et remarques de l'ensemble des publics.

ÉTAPE 4 CHOIX DE LA VARIANTE C ET OPTIMISATION DE LA SOLUTION

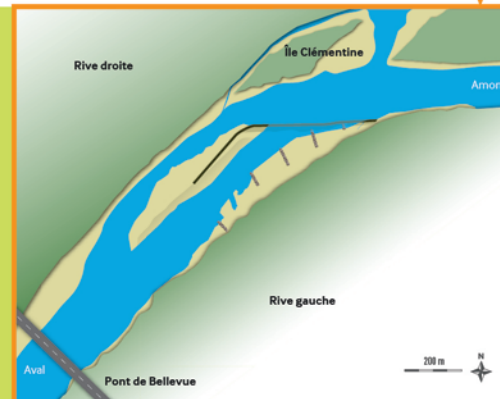
À l'issue de l'étape n° 3 et de la concertation publique, la variante C a été retenue, consistant à faire passer au nord le chenal. Cette variante a ensuite été ajustée pour réduire les impacts identifiés sur la navigation, la sécurité et la continuité piscicole.



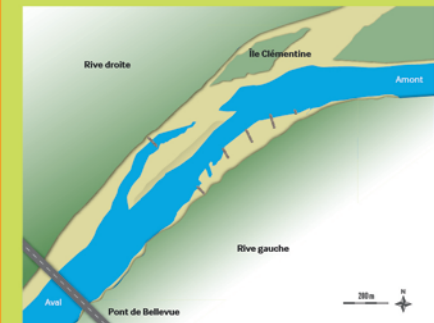
Variante A : rétrécissement du chenal, maintenu au centre, et création de tenons



Variante B : rétrécissement du chenal, maintenu au centre

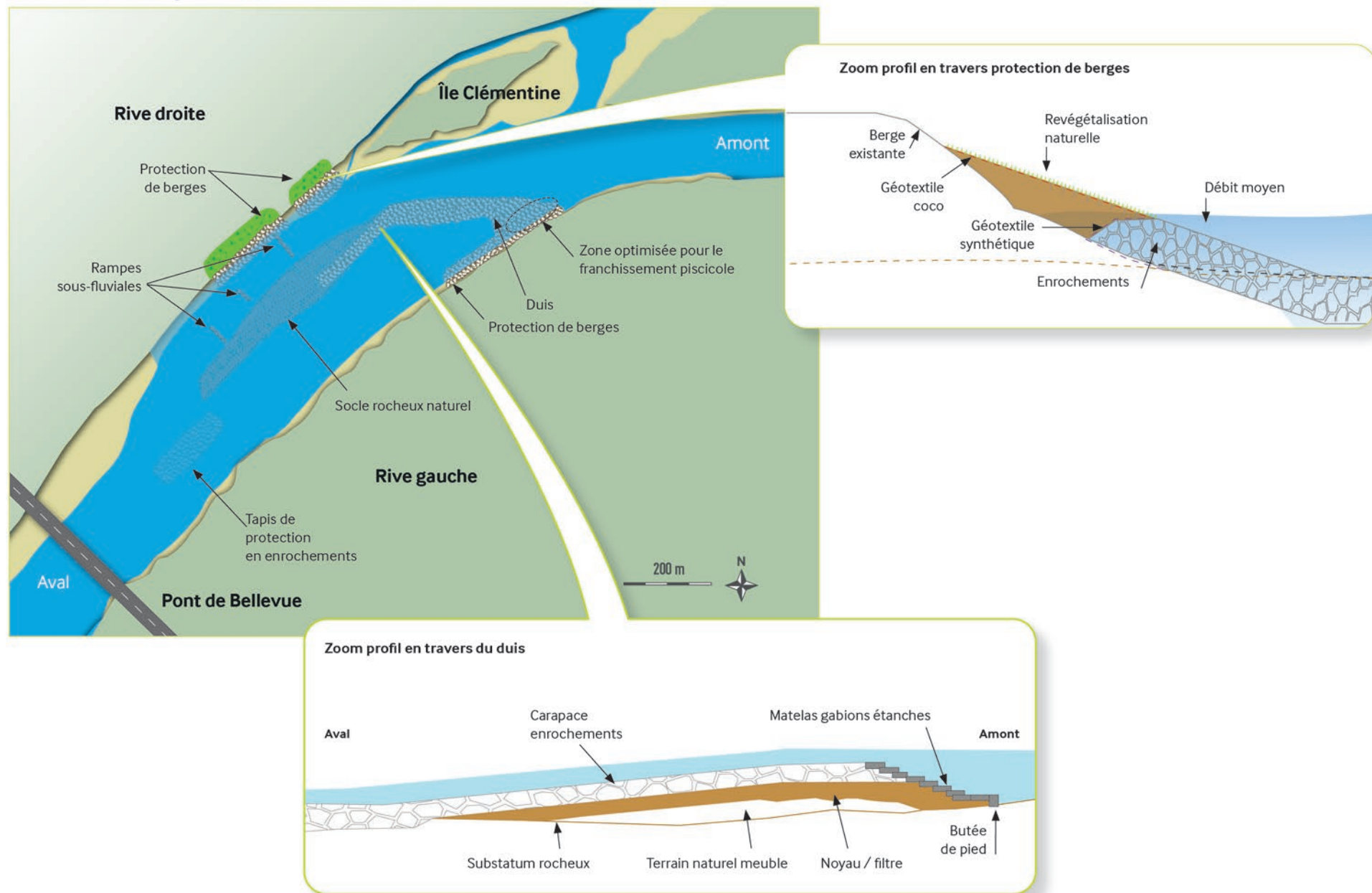


Variante C : rétrécissement du chenal, et déplacements au nord (vers la rive droite)



Variante D : tapis d'enrochements au fond du lit (invisible)

PRÉSENTATION DU PROJET RETENU



3.3 PRÉSENTATION DU PROJET RETENU

Le projet comporte un duis principal assurant la perte de charge et plusieurs ouvrages attenants et mesures d'accompagnements. Il s'agit d'un duis transversal à l'écoulement, situé au fond du lit, permettant d'orienter le courant vers le chenal nord de la Loire.

Descriptif du duis

L'ouvrage est constitué d'un duis submersible longitudinal d'environ 250 m implanté au droit du socle rocheux naturel existant, d'un duis submersible transversal à l'écoulement de 500 m de long, qui permettra d'orienter le courant vers le chenal au nord ainsi que d'un tapis de protection en aval immédiat de l'aménagement et d'une protection de berges en rive gauche.

DESCRIPTIF DU DUIS TRANSVERSAL :

Les enjeux du projet impliquent des dispositifs techniques spécifiques de construction afin de répondre aux :

- Objectifs du projet : l'ouvrage doit être étanche pour assurer la perte de charge requise et être adaptable en cas de besoin d'évolution du programme ;
- Contraintes du site : les travaux doivent être réalisés en eau, la conception des ouvrages doit intégrer cette contrainte de mise en œuvre.

Différentes configurations ont été étudiées. La solution retenue comporte une conception mixte gabions/enrochements.

Le duis transversal sera constitué d'un noyau, recouvert par une carapace en enrochements. Des matelas gabions étanches couvriront le parement amont du duis afin d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage. La crête de l'ouvrage, large de 10 m sera calée à une cote précise (0,25 m NGF) afin d'assurer la perte de charge recherchée et réduire le risque de ressaut hydraulique à l'aval immédiat de l'ouvrage. Le parement aval sera conçu avec une pente douce de 10 m pour 1 m. Cette pente sera encore adoucie dans l'angle en rive gauche, pour favoriser une large zone d'écoulements plus lents avec 2 bassins de repos, permettant de garantir la franchissabilité de l'ouvrage par les poissons pendant leur période de migration.

Ouvrages attenants au duis

Des mesures d'accompagnement permettent d'éviter certains impacts négatifs liés au passage du courant au nord :

- Le passage du courant au nord nécessitera la mise en place d'une protection de berge en rive droite à Bellevue. Ces protections de berge seront constituées d'enrochements dont la partie haute sera végétalisée pour permettre l'accueil d'habitats naturels. Elles seront favorables à l'implantation de l'Angélique des Estuaires.
- Un grand tapis constitué d'enrochements sera créé pour dissiper la vitesse du courant à la sortie du toit rocheux.
- Trois « rampes sous fluviales » seront réalisées en enrochements, posées sur le toit rocheux dans le chenal Nord. Elles ont pour rôle de limiter la vitesse de courant.
- Afin d'éviter que le projet n'augmente le niveau d'inondation en rive droite dans le secteur de Bellevue, des épis dans le bras de Thouaré seront abaissés. Cette mesure permet de baisser le niveau d'eau en crue au droit du ruisseau le Guette-Loup, où la Loire déborde avant d'aller inonder le village de Bellevue notamment.
- Compte tenu de la présence d'un nouvel ouvrage dans le lit et du passage du chenal principal au nord, des mesures de signalisation pour la navigation seront mises en place.

4. CALENDRIER PRÉVISIONNEL

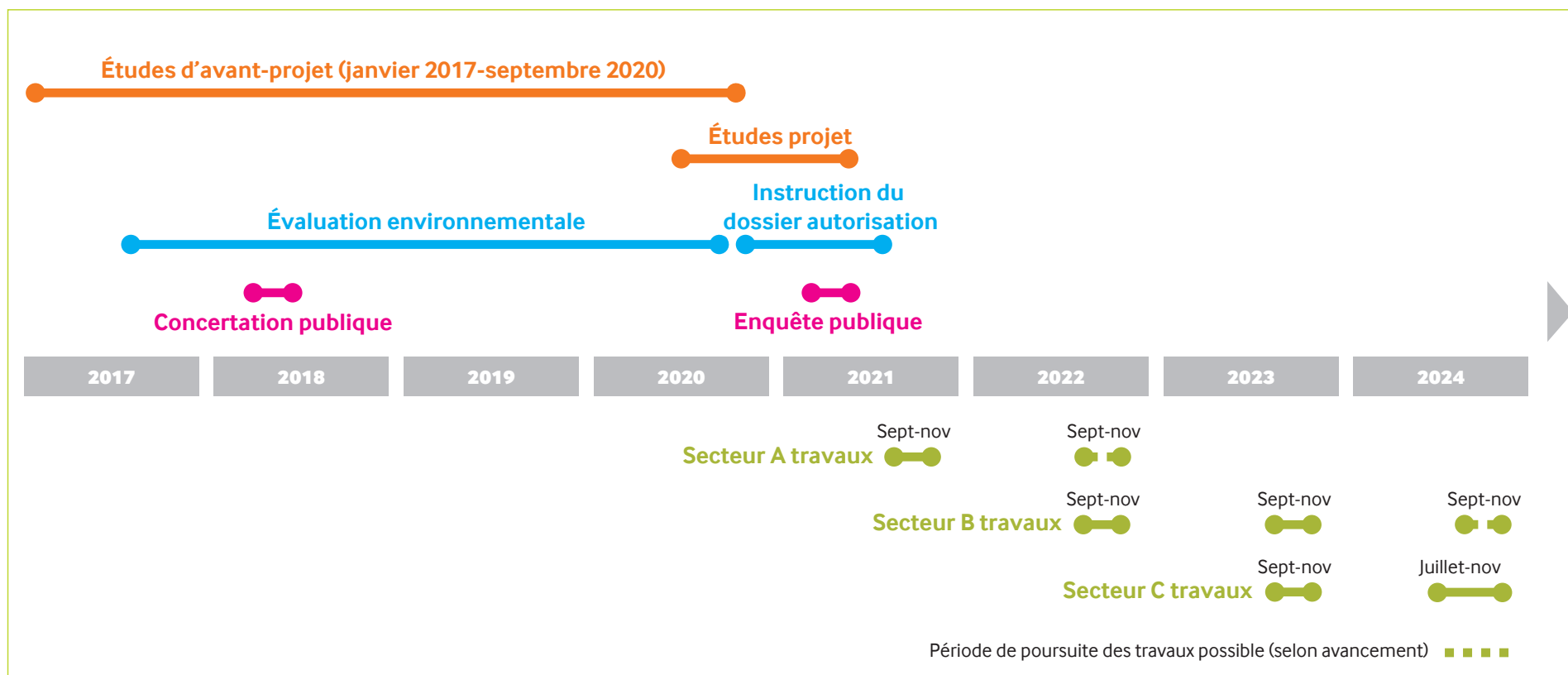
À la suite de la concertation sur le programme au cours du premier semestre 2018, les études d'avant-projet ont été poursuivies afin de pouvoir présenter la configuration définitive du programme au public au cours de l'enquête publique prévue en 2021, avant toute autorisation administrative du projet.

Une fois ces procédures terminées, sous réserve de l'obtention des autorisations administratives, les travaux pourront commencer :

- Dès 2021 pour le secteur A (Ingrandes-Le Fresne-sur-Loire / Montjean-sur-Loire), sur 1 ou 2 étiages consécutifs, et 2022 sur le secteur B (Oudon-Anetz) sur 2 à 3 étiages consécutifs, selon la durée de la période d'étiage (en général, celle-ci s'étale d'août à novembre).
- À Bellevue (secteur C), les travaux démarreront en 2023 pour 2 à 3 ans selon l'hydrologie.

En fonction des études à venir, pour des raisons techniques et/ou financières, ce calendrier pourra être échelonné.

LE CALENDRIER DE MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME

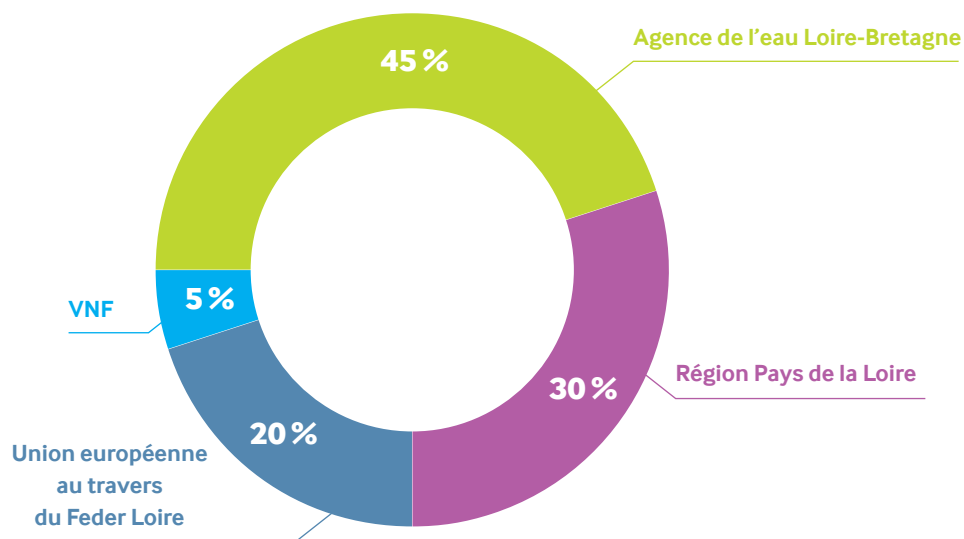


5. LES PARTENAIRES DU PROJET ET LES FINANCEMENTS

La première phase du programme de rééquilibrage du lit de la Loire, comprenant les interventions de Bellevue, Oudon / Anetz et Ingrandes-Le Fresne-sur-Loire / Montjean-sur-Loire, a été estimée à 42 millions d'euros en valeur 2015 (études et travaux), au moment de la signature du contrat pour la Loire et ses annexes. Ce montant, rapporté en euros valeur 2020, correspond à environ 46,1 millions d'euros.

Suite aux études, l'estimation des travaux projetés s'élève à ce jour, en euros 2020, à 38,8 millions d'euros. Le montant des études et procédures est estimé, en euros 2020, à 6,2 millions d'euros, pour un total du programme de 45 millions d'euros.

Les financeurs du programme sont :



Cette opération est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage sur le bassin de la Loire avec le Fonds Européen de Développement Régional.





Partie 4

Le milieu **physique**



SOMMAIRE

ÉTAT INITIAL

1	L'ÉTAT INITIAL ET TENDANCIEL DU MILIEU PHYSIQUE.....	38
1.1	Climat	38
1.2	Topographie.....	38
1.3	Hydrographie, hydrologie et hydromorphologie de la Loire.....	38
1.4	Qualité des eaux superficielles.....	39
1.5	Géologie et Hydrogéologie.....	39

EFFETS DU PROJET ET MESURES

2.	LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU PHYSIQUE	40
2.1	Hydrologie, hydrographie et hydromorphologie de la Loire.....	40
2.2	Qualité de l'eau – Objectifs de qualité des masses d'eau.....	42
2.3	Hydrogéologie	42
2.4	Terres et sols.....	43
2.5	Changement climatique.....	44

EFFETS RESIDUELS ET CONCLUSION

État initial



1. L'ÉTAT INITIAL ET TENDANCIEL DU MILIEU PHYSIQUE

1.1 CLIMAT

Du fait du régime océanique dominant sur l'ensemble des zones étudiées, la répartition des pluies est relativement homogène sur l'année et les températures saisonnières sont peu contrastées. Ces conditions climatiques présentent peu de contraintes (tempêtes, gelées, etc.) pour la réalisation de travaux fluviaux.

Le changement climatique devrait entraîner un réchauffement global des températures, particulièrement marqué en été (jusqu'à 4 °C supplémentaires en période estivale) et une modification de la pluviométrie.

1.2 TOPOGRAPHIE

La topographie générale des bords de Loire dans le secteur du projet est typique d'une plaine alluviale sans singularités notables. Le relief ne présente pas de contraintes vis-à-vis des travaux fluviaux projetés.

1.3 HYDROGRAPHIE, HYDROLOGIE ET HYDROMORPHOLOGIE DE LA LOIRE

Le secteur global est situé dans la « Loire aval » également appelée « Loire estuarienne ». Cet hydrosystème se décompose en deux biefs: le bief « fluvio-maritime » entre Anetz et Nantes et le bief fluvial sur la partie amont jusqu'aux Ponts-de-Cé.

Ses caractéristiques hydrologiques sont les suivantes :

- la période des basses eaux s'étend, en moyenne, de juillet à octobre;
- la période des hautes eaux s'étend de novembre à mai avec un maximum en année moyenne centré sur février;
- le débit moyen annuel (ou module) est d'environ 850 m³/s;
- En cas de sécheresse sévère, le débit peut avoisiner 100 m³/s;

Le changement climatique devrait induire une modification de l'hydrologie de la Loire. La tendance attendue est celle d'un allongement et d'une intensification des étiages.

L'hydrographie est hétérogène selon les secteurs, à partir du lit de la Loire jusqu'à plusieurs centaines de mètres sur chaque rive. La Loire présente quasi systématiquement plusieurs bras de section variable tout au long de l'aire d'étude globale (chenal principal, chenaux secondaires).

Le lit mineur est composé des berges (localement enrochées), des grèves (bancs de sable ou graviers), des bras secondaires (plusieurs bras sur les 3 secteurs), des îles (plusieurs îles sur les 3 secteurs).

L'équilibre global de la Loire s'établit selon deux critères: l'**équilibre de la pente du fleuve** (appelé « équilibre longitudinal ») et l'**équilibre entre le bras principal et les bras secondaires** (appelé « équilibre latéral »). La modification de la largeur ou de la profondeur du fleuve a entraîné un bouleversement de l'ensemble du système

La pente actuelle du niveau d'eau de la Loire est significativement plus forte que celle de la fin du 19^e siècle. Elle est ainsi passée de 0,15‰ à 0,18‰. L'équilibre longitudinal est perturbé.

Comme évoqué au chapitre 1, un déséquilibre latéral s'observe également entre les bras secondaires de la Loire et son chenal principal. Les bras secondaires sont désormais connectés hydrauliquement au bras principal moins de 30 à 50 % du temps sur une année. Ce temps de connexion est faible pour des bras actifs ayant un rôle majeur dans la dynamique fluviale. Les boires sont également de moins en moins souvent alimentées.



L'état tendanciel de la Loire à 50 ans a été modélisé, c'est-à-dire l'évolution de la Loire simulée si le projet n'est pas mis en œuvre. Les résultats montrent une tendance à la stabilisation, voire à la rehausse des fonds, mais globalement modérée, accompagnée d'une légère rehausse de la ligne d'eau. Néanmoins, sans ouverture des ouvrages qui bloquent actuellement l'entrée des bras secondaires, leur alimentation ne serait pas améliorée. La tendance à la fermeture des milieux actuellement observée continuerait donc à se poursuivre. Le déséquilibre latéral perdurerait.

1.4 QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES

La qualité biologique et physico-chimique des eaux est hétérogène tout au long de la zone étudiée. La station directement située sur la Loire présentait une qualité des eaux globalement bonne en 2019.

Les états écologiques et chimiques des masses d'eau superficielles au droit de la zone étudiée sont considérés comme moyens à très bons.

L'estuaire de la Loire est un milieu complexe où se mélangent les eaux douces du fleuve et les eaux salées de l'océan.

L'influence de la marée est remontée sur plus de 30 km au cours du dernier siècle, engendrant une remontée du front de salinité (0,5 g/l) et du bouchon vaseux.

1.5 GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

La géologie de l'aire d'étude est dominée par la présence des alluvions de la Loire. Des affleurements rocheux isolés apparaissent dans le lit mineur de la Loire dans l'aire d'étude du secteur C d'une part et du secteur B d'autre part.

L'aire d'étude globale est située au droit de 6 masses d'eau souterraines. L'état chimique et quantitatif des masses d'eau au niveau des zones de projet est bon.

Les fluctuations de la nappe sur le secteur C montrent un marnage saisonnier influencé par les apports pluviométriques et très certainement par le niveau du fleuve. En revanche, le marnage dû aux marées dans la Loire estuarienne ne semble pas avoir d'influence sur la nappe à 500 m de la berge.

Effets et mesures



2. LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU PHYSIQUE

2.1 HYDROLOGIE, HYDROGRAPHIE ET HYDROMORPHOLOGIE DE LA LOIRE

Effets du projet sur le fond du lit

► Les interventions réalisées dans le cadre du projet se traduisent **à terme** par une rehausse des fonds de la Loire sur la grande majorité de l'aire d'étude globale. La rehausse attendue par rapport au scénario tendanciel varie selon les secteurs :

- Secteur A : dépôt sédimentaire d'environ 95 000 m³ et élévation des fonds d'environ +30 à +40 cm.
- Secteur B : dépôt sédimentaire d'environ 850 000 m³ et élévation des fonds de l'ordre de +65 à +100 cm
- Secteur C : dépôt sédimentaire d'environ 575 000 m³ et élévation des fonds de l'ordre de +50 cm.

L'objectif du projet est donc atteint sur le long terme avec le dépôt de plus de 1,5 Mm³ de sédiments dans le lit principal.

L'objectif de l'ouvrage de Bellevue est de ralentir les écoulements en amont pour favoriser le dépôt de sable. L'ouvrage permet de diviser la capacité de transport de la Loire en amont par 2, c'est à dire que la moitié des sables qui transiteraient vers l'estuaire sans l'aménagement, se dépose en amont sur le fond du lit. A l'aval, on observe un faible phénomène d'érosion transitoire avant le retour à l'équilibre après quelques années. Il est à noter que les sédiments qui transitent vers l'aval sont ensuite régulièrement dragués par le Grand Port Maritime en aval de Nantes.

► En **phase de chantier**, les effets du projet sont faibles. En cas de remontée des eaux avant la fin des travaux, une fraction de matériaux meubles issus des aménagements sur les épis et à Bellevue et stockés temporairement sur les berges, pourrait être mobilisée et déplacée dans le lit, entraînant une perturbation locale et temporaire de la morphologie fluviale.

Effets du projet sur les lignes d'eau

Les interventions réalisées dans le cadre du projet se traduisent par une élévation notable des lignes d'eau à l'étiage et à marée basse

Selon les débits, quelques différences apparaissent :

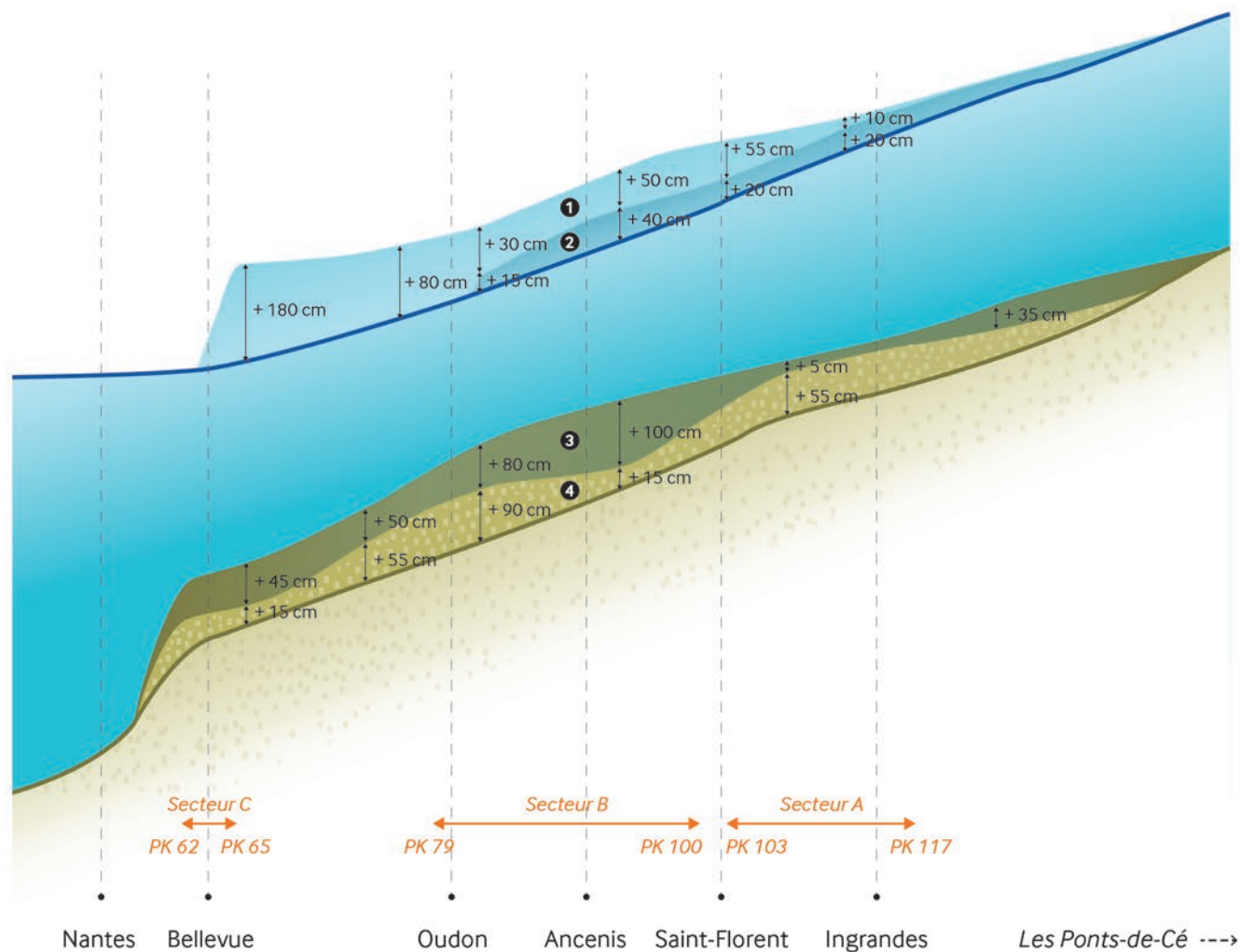
- **A l'étiage, la rehausse de ligne d'eau est effective sur l'ensemble la zone étudiée**, variant de 0 à 180 cm (au niveau de Bellevue, à marée basse) avec localement un abaissement de 10 cm maximum,
 - **Au module, la rehausse de ligne d'eau est également effective**, mais moins franche qu'à l'étiage. Importante sur le secteur C, elle est neutre sur le secteur A. Le secteur B présente par contre un léger abaissement de ligne d'eau qui s'explique en partie par la réouverture des bras secondaires.
- Par secteur, la ligne d'eau oscille entre les valeurs suivantes :
- Secteur A : -10 cm à +10 cm à l'étiage, quelques centimètres au module
 - Secteur B : +20 à +40 cm à l'étiage, -10 à +10 cm au module.
 - Secteur C : +80 cm à +180 cm à l'étiage marée basse, +10 à +70 cm au module, à marée basse.

Ces évolutions calculées à long terme (50 ans) apparaissent dès la mise en œuvre de l'aménagement de Bellevue pour le secteur C, celui-ci ayant pour effet immédiat de rehausser localement la ligne d'eau.

► En **phase chantier**, et pour les secteurs A et B, les travaux réalisés en principe à l'étiage n'interféreront pas avec l'écoulement des eaux. L'essentiel des interventions sera réalisé à partir des bancs sableux hors d'eau. En cas de montée des eaux atteignant les engins ou les matériels et matériaux sur berges, les conditions de l'écoulement pourraient être affectées très localement. Les travaux n'affecteront cependant pas l'hydrologie générale du cours d'eau.

Sur le secteur C, les travaux réalisés en eau sont prévus hors période de crue. Leur incidence sur l'écoulement des eaux restera mineure et très localisée.

ÉVOLUTIONS DES FONDS ET DES LIGNES D'EAU ATTENDUES À 50 ANS, AVEC ET SANS MISE EN ŒUVRE DU PROJET



La ligne d'eau représentée sur ce schéma correspond à un niveau d'eau observé pour un débit d'étiage, en situation de marée basse.

Il est à noter que ce schéma ne respecte pas les échelles de représentation. Il s'agit d'un schéma de principe visant à faire comprendre plus facilement les évolutions de fond du lit et de ligne d'eau à attendre dans les différents scénarios.

ÉVOLUTION DE LA LIGNE D'EAU

— Ligne d'eau actuelle

Rehaussement de la ligne d'eau:

- ① À 50 ans, avec mise en œuvre du projet
- ② À 50 ans, sans mise en œuvre du projet (évolution tendancielle)

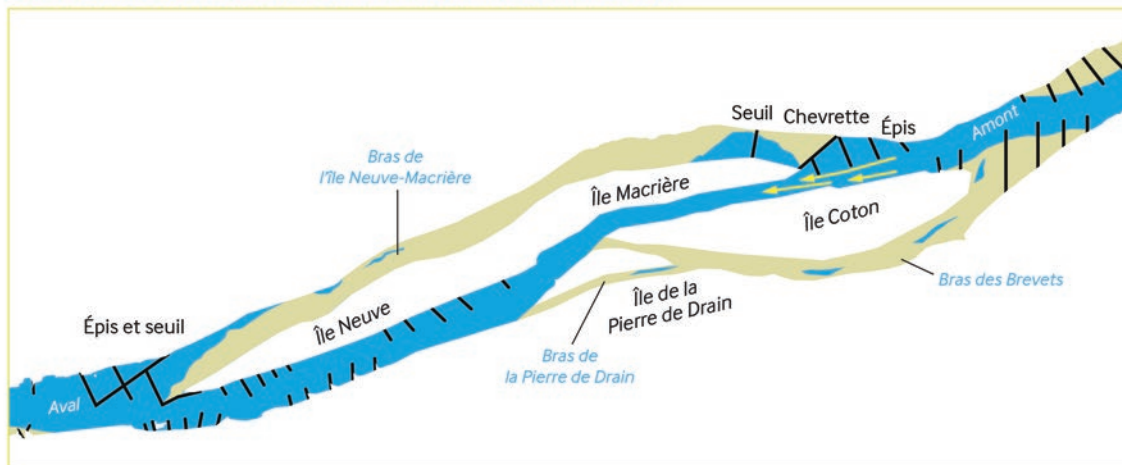
ÉVOLUTION DU FOND DU LIT

— Fond du lit actuel

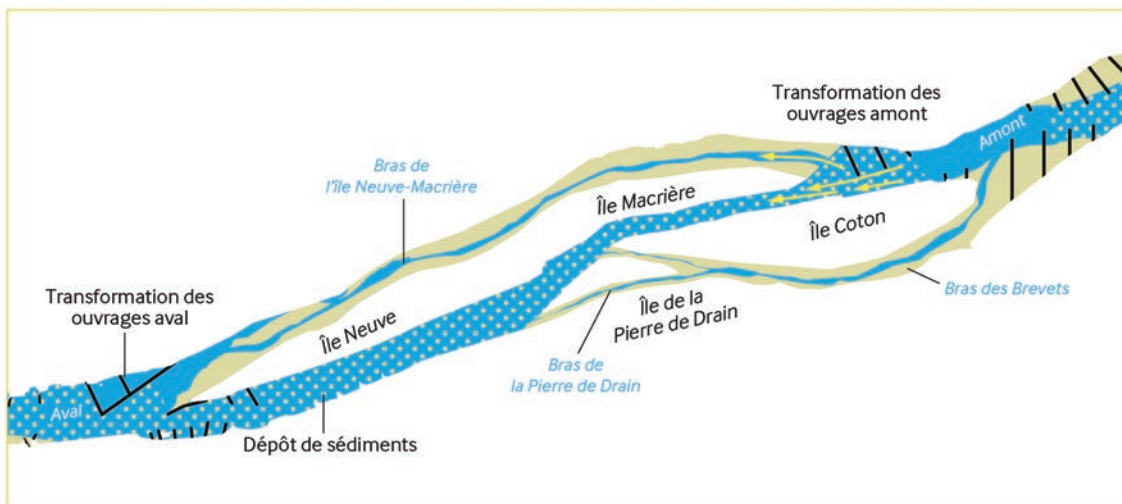
Rehaussement du fond du lit:

- ③ À 50 ans, avec mise en œuvre du projet
- ④ À 50 ans, sans mise en œuvre du projet (évolution tendancielle)

SITUATION ACTUELLE DU BRAS DE L'ÎLE NEUVE-MACRIÈRE (EN 2017)



SITUATION PROJÉTÉE DU BRAS DE L'ÎLE NEUVE-MACRIÈRE (APRÈS TRAVAUX)



Effets du projet sur l'équilibre latéral du fleuve

Le projet a des effets très positifs sur la connexion des bras secondaires. Ils sont actuellement connectés au fleuve entre 30 et 50 % du temps. Une durée qui risque de diminuer encore avec le changement climatique et la baisse des débits moyens. Au terme du projet, la majorité des bras secondaires concernés par les interventions devrait bénéficier d'une connexion à plus de 90 % du temps.

Effets du projet sur le fonctionnement de l'estuaire

L'analyse de l'évolution des sections dans l'estuaire ne montre pas de modification significative par rapport à l'état actuel et se trouve presque confondue avec l'état tendanciel. Les pentes moyennes de variations de sections en fonction des pks sont relativement peu modifiées. Cela montre que le fonctionnement de l'estuaire ne sera pas significativement perturbé.

La modélisation en 3 dimensions du fonctionnement de l'estuaire a montré que la réalisation de l'ouvrage de Bellevue induit une légère modification de l'onde de marée : les niveaux de basse mer sont diminués d'environ 30 cm à l'aval immédiat de l'ouvrage au plus fort de la marée basse. Cet effet s'estompe vers l'aval pour disparaître à Nantes (au pK55 environ). Il s'estompe également rapidement avec l'arrivée de l'onde de flot. Les niveaux de marée haute ne sont pas impactés.

À long terme, avec l'évolution de lit de la Loire sur 50 ans, cet abaissement de la basse mer pourrait s'accroître. Mais il est important de souligner que cette tendance d'abaissement est également observée dans le scénario tendanciel, sans mise en œuvre du projet. Elle est due à l'évolution du lit de la Loire. À Nantes, la différence entre l'abaissement maximal observé avec ou sans projet est d'environ 10 cm.

L'asymétrie de l'onde de marée est également légèrement accentuée, avec une diminution des vitesses de jusant (marée descendante) d'environ 0,2 m/s et des vitesses de flot (marée montante) de 0,1 m/s.

Une analyse de sensibilité de l'efficacité de l'ouvrage de Bellevue face au changement climatique a été réalisée :

- Concernant l'hydrologie, une augmentation de la durée et de l'intensité des étiages est attendue (transport sédimentaire moins important), ce qui peut éventuellement conduire à retarder dans le temps l'observation des effets bénéfiques de l'ouvrage.
- La rehausse du niveau marin de 50 cm, prévue à plus long terme, pourrait quant à elle conduire à réduire l'efficacité de l'aménagement d'environ 10 %.
- L'ouvrage joue toujours son rôle sur la remontée des fonds et lignes d'eau et sur la limitation de la remontée de l'estuaire.
- Les gains forts attendus à terme pour la reconexion des annexes ne sont pas remis en cause par les hypothèses de réchauffement climatique. Au contraire, le projet permet d'éviter une accentuation de la déconnexion des annexes.

2.2 QUALITÉ DE L'EAU – OBJECTIFS DE QUALITÉ DES MASSES D'EAU

► **À terme**, sur l'ensemble de l'aire d'étude globale, en amont de l'ouvrage de Bellevue, le projet a un effet positif sur l'amélioration des conditions d'écoulements dans les annexes (bras secondaires) et donc de la qualité des eaux par un meilleur fonctionnement du système fluvial.

Dans l'estuaire, le projet de rééquilibrage entraîne une légère augmentation de l'asymétrie de la marée entre le PK 30 (Cordemais) et l'ouvrage de Bellevue induisant un léger transfert de la masse du bouchon vaseux de l'aval vers l'amont. Dans le même temps, on observe un recul du front amont du bouchon vaseux vers l'aval à cause de l'effet local de l'ouvrage de Bellevue qui réduit le flot. Ainsi, aux faibles débits, le bouchon vaseux est davantage concentré entre les PK 51 et 58 (secteur nantais) ; la concentration en matières en suspension (MES) est augmentée localement, avec un impact maximum, en moyenne annuelle, de 0,05 g/l au pK 54, pour une concentration moyenne de 0,75 g/l. Les concentrations moyennes de MES à l'amont du pk 58 et à l'aval de l'estuaire sont quant à elles diminuées. En amont

de l'ouvrage de Bellevue, un léger gain lié à la limitation de la remontée du bouchon vaseux à terme est attendu. Cette tendance est similaire à celle simulée pour l'état tendanciel (évolution naturelle de la Loire, sans aménagements) mais elle est d'intensité plus marquée due à l'effet de l'ouvrage de Bellevue qui réduit le flot.

La masse totale du bouchon vaseux est inchangée.

Le même phénomène s'observe sur l'épaisseur de crème de vase. En effet, le transfert de masse du bouchon vaseux induit une augmentation du dépôt de crème de vase supérieure à 10 cm entre le pk 47 et 55 pendant 30 à 50 % du temps. Ces dépôts supplémentaires à l'amont sont à relativiser du fait qu'ils ne sont pas pérennes et que l'épaisseur de vase varie entre 2 et 5 m sur ces zones, lors des faibles débits. À l'aval de l'estuaire, une diminution de l'épaisseur de la crème de vase est attendue.

Globalement à l'échelle de l'estuaire, le projet n'a pas d'impact significatif sur la masse totale de vase présente dans l'estuaire, ni de la masse maximale du bouchon vaseux.

Les modélisations ne montrent pas de modifications significatives de la salinité entre l'état actuel ou tendanciel et la situation aménagée (variations toujours inférieures à 0,1 g/l).

► En **phase chantier**, les principaux effets sur la qualité des eaux sont le risque de pollution par les matières en suspension, possible au cours des opérations de terrassements en eau et sur les épis, et le risque de pollution accidentelle des eaux en provenance des engins et véhicules de chantier.

Un certain nombre de mesures relevant des règles de l'art et des normes s'adressant aux chantiers de travaux publics seront renforcées afin de prévenir ces éventuels incidents et impacts, compte tenu du contexte particulièrement vulnérable du milieu.

Globalement, les effets du projet sur la qualité des eaux de l'estuaire sont considérés faibles à neutres.



2.3 HYDROGÉOLOGIE

► **À terme**, le projet conduira au relèvement des niveaux les plus bas de la nappe d'accompagnement de la Loire sur le secteur C à Bellevue.

Le projet est jugé neutre sur les secteurs A et B.

► En **phase de chantier**, les travaux sur chaque secteur, très localisés par rapport aux aquifères existants n'auront que des effets faibles sur ces derniers. Des mesures seront prises afin de limiter les éventuels impacts.

2.4 TERRES ET SOLS

► **À terme**, le bilan des matériaux d'aménagements reposant sur le lit naturel de la Loire est modifié en raison des différentes interventions réalisées (remodelage des épis, retrait des enrochements et reprise du sable par le fleuve pour les secteurs A et B; création du duis et des protections des berges et démantèlement de 3 épis pour le secteur C).

Le projet n'a aucun effet sur les conditions d'hydromorphie des sols sur l'ensemble des 3 secteurs. Malgré les quantités de matériaux remaniées, les apports ne modifieront pas les caractéristiques locales du lit sur chaque secteur.

► En **phase de chantier**, les accès terrestres aux épis concernés par les travaux sur les secteurs A et B et les stockages temporaires perturberont temporairement les caractéristiques des sols en place : les aménagements (décapage, tassement) sont susceptibles d'altérer la structure du sol. Les aires de chantier et les terrains riverains seront plus exposés au ravinement et à l'envol de poussières. La future zone de stockage du secteur C sera située sur une parcelle déjà utilisée pour le dépôt et l'exploitation de matériaux. Les stockages impacteront temporairement les sols sur ces surfaces. Ces effets sont faibles et temporaires pour les 3 secteurs.

Les sols sont susceptibles de subir des pollutions en cas d'incidents ou accidents sur des engins ou matériels (déversement, ou fuite d'huile de moteurs ou de carburant). Compte tenu de la nature et de l'ampleur limitée des travaux, le risque de pollution des sols est qualifié de faible.



2.5 CHANGEMENT CLIMATIQUE

► **À terme**, l'opération d'aménagement n'a aucun effet prévisible sur les conditions atmosphériques et le climat : le projet n'entraîne pas d'émission de gaz à effet de serre (GES) après réalisation des travaux et ses effets sur l'hydromorphologie du milieu ligérien ne sont pas susceptibles d'influencer les conditions climatiques locales.

► Les **opérations de chantier** et l'augmentation du trafic associé sont susceptibles d'engendrer des rejets issus des gaz d'échappement des engins de chantier, pouvant altérer la qualité de l'air et l'atmosphère, y compris par l'émission des GES. Les chantiers étant limités dans le temps et l'espace, ces émissions seront temporaires et de faible ampleur. Toutefois, le projet intégrera autant que possible toutes mesures organisationnelles de chantier contribuant à maîtriser et réduire les émissions dues aux engins et véhicules de chantier.

DES MESURES POUR ÉVITER ET RÉDUIRE LES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

Les mesures transversales à mettre en œuvre sont les suivantes :

- Suivi de chantier par un coordinateur environnemental
- Gestion des pollutions et des nuisances
- Adaptation du calendrier de la phase chantier
- Utilisation temporaire et remise en état des espaces liés aux activités de chantier

Une mesure spécifique au milieu physique concernera la gestion des véhicules pour limiter les émissions de GES.

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION

Les effets globaux du projet à terme sont jugés positifs sur le milieu physique. Certains gains sont attendus dès la mise en œuvre du projet (relèvement de la ligne d'eau en amont de Bellevue, décorsetage du lit...), d'autres ne seront perceptibles que plusieurs années après les travaux (rehaussement des fonds).

Des impacts résiduels sont observés sur le fonctionnement de l'estuaire, intrinsèquement liés aux objectifs du projet. Il s'agit d'une légère accentuation de l'asymétrie de l'onde de marée, induisant un léger abaissement du niveau de basse mer à l'aval immédiat de l'ouvrage en période d'étiage et une légère remontée du bouchon vaseux. Cette remontée est toutefois limitée, par la présence de l'ouvrage, au niveau de Bellevue.

La masse globale du bouchon vaseux n'est pas affectée.

Les impacts concernant la **phase chantier sont très temporaires, et de faible intensité.** Les mesures d'évitement et réduction proposées permettent d'atténuer ces effets. Il n'y a pas besoin de mise en œuvre de mesures de compensation.



Partie 5

Le milieu **biologique** et **l'évaluation** des incidences **Natura 2000**



SOMMAIRE

ÉTAT INITIAL

1. L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU BIOLOGIQUE.....	48
1.1 La végétation et la flore	48
1.2 La Faune	48

EFFETS DU PROJET ET MESURES

2. LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE	52
2.1 Les effets sur la végétation et la flore.....	52
2.2 Les effets sur la faune	52
3. ÉVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET SUR LE RÉSEAU NATURA 2000.....	56

EFFETS RESIDUELS ET CONCLUSION

État initial



1. L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU BIOLOGIQUE

1.1 LA VÉGÉTATION ET LA FLORE

Les habitats naturels à enjeu fort sont présents sur les trois secteurs et répartis sur les différents niveaux topographiques qui forment la vallée alluviale de la Loire.

- des végétations annuelles de pelouses rases sur les grèves découvertes en période d'étiage (niveau topographique le plus bas),
- des habitats herbacés sur la partie basse des berges du fleuve,
- des boisements alluviaux sur les berges hautes inondées pendant les crues.

Certains habitats patrimoniaux n'apparaissent que quelques mois par an sur les grèves à sec alors que d'autres peuvent rester en place plusieurs dizaines d'années (ripisylves). Malgré ces différences de développement, tous sont intimement liés à la dynamique fluviale de la Loire.

Parmi les espèces végétales emblématiques identifiées, deux présentent un enjeu majeur :

- **L'Angélique des estuaires** : Intimement liée à la partie saumâtre du fleuve, elle n'est présente que sur le secteur C, où elle s'est fortement développée sur l'ensemble des berges (plus de 330 localisations identifiées).
- **La Marsilée à quatre feuilles** : Elle est nettement moins représentée que l'Angélique des estuaires (une seule station connue sur le secteur C).
- De plus, **le Scirpe triquètre**, espèce végétale à enjeu fort, est présent sur les secteurs B et C, et très développé sur le secteur C. Cette espèce de milieu saumâtre colonise le pied des berges de Loire qui présentent un dépôt vaseux à marée basse.

Le secteur A présente proportionnellement le plus d'habitats d'intérêt communautaire (34 %) mais aucune espèce à enjeu majeur ou fort.

Le secteur B présente 28 % d'habitats à enjeu fort avec quelques stations d'espèces à enjeu fort et modéré.

Le secteur C possède moins de surface en habitats à enjeu fort (18 % de sa surface totale), mais une représentation très importante d'espèces à enjeu majeur et fort se développant le long des berges. Ces espèces ont profité de la remontée de la marée vers l'amont au cours du 20^e siècle.

1.2 LA FAUNE

Amphibiens et reptiles

12 espèces d'amphibiens et 10 espèces de reptiles sont répertoriées dans la vallée de la Loire au niveau de la Zone Spéciale de Conservation « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et annexes ». Toutes ces espèces sont également présentes au niveau des 3 secteurs d'étude.

Protégées au niveau national, elles utilisent les habitats présents dans la vallée de la Loire pour réaliser tout ou partie de leur cycle biologique ; en particulier les amphibiens, qui se reproduisent dans les annexes hydrauliques de types boires et mares.

Le Triton ponctué et le Crapaud calamite, deux espèces à enjeu fort, ne sont présents que ponctuellement aux alentours des secteurs A et B. Leur pérennité au sein de la vallée de la Loire, et en particulier sur les secteurs étudiés, est directement liée au maintien des boires et des mares.

Le Pélodyte ponctué, est régulièrement présent au niveau ou aux alentours des secteurs A et B. La population régionale de cette autre espèce à enjeu fort tend à décliner du fait de la dégradation des milieux qu'elle occupe. Il est donc important de préserver les populations présentes au niveau de la vallée de la Loire.

Mammifères

49 espèces de mammifères sont répertoriées au niveau de la Zone Spéciale de Conservation « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et annexes ».

Les espèces fréquentant les secteurs d'études et leurs périphéries sont les suivantes :

- 4 mammifères terrestres ou semi-aquatiques protégés à l'échelle nationale : Écureuil roux, Genette commune, Castor d'Europe (présence régulière), Phoque veau-marin (présence ponctuelle)
Le Campagnol amphibie et la Loutre d'Europe sont absents des secteurs d'études.
- 22 espèces de chiroptères protégées à l'échelle nationale utilisent la vallée de la Loire pour le transit, l'alimentation, la reproduction ou l'hibernation.

Oiseaux

En dépit des atteintes dont elle a fait l'objet, la vallée de la Loire concentre encore de très forts enjeux ornithologiques à l'échelle régionale, et suprarégionale. Dans le secteur du projet, les grèves et les plaines alluviales attirent de nombreuses espèces :

- Des sternes naines dont la conservation est une priorité régionale très élevée, qui a contribué à la désignation de la ZPS « Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes » et à un arrêté de protection de biotope : « Grèves de Loire de Vair-sur-Loire à Mauges-sur-Loire »
- Des espèces emblématiques et/ou prioritaires en matière de conservation : Sterne pierregarin, Petit Gravelot, Mouette rieuse, Goéland leucophaé, Œdicnème criard, Chevalier guignette
- Des espèces nichant dans les berges : Hirondelle de rivage, Martin-pêcheur d'Europe
- Des espèces inféodées aux plaines alluviales inondables : Râle des genêts, Tarier des prés, Bruant proyer, Bergeronnette printanière
- Des espèces qui nichent dans les boisements alluviaux et se nourrissent dans le lit mineur : Bihoreau gris, Milan noir, Faucon hobereau,
- Plusieurs dizaines d'espèces de limicoles, des Laridés, anatidés, des passereaux (bergeronnettes, pipits, fringilles), des Fauvettes, Pouillots, Gobemouches, Tarins.

Les milieux du lit mineur de la Loire attirent des oiseaux en période internuptiale, en particulier au niveau des entrées et sorties de certains bras, moins accessibles aux prédateurs et plus tranquilles.

La présence des oiseaux est liée aux variations saisonnières, notamment à celles des niveaux d'eau. Ainsi, en période de crue, les oiseaux stationneront préférentiellement sur les boires en eau, marais et prairies alluviales inondées, au détriment des grèves ennoyées. À l'inverse, en période d'étiage, les annexes asséchées seront délaissées au profit des grèves du lit mineur.

Les milieux aquatiques sont également exploités à l'image des balbuzards pêcheurs fréquentant la Loire lors des passages migratoires.

ANGÉLIQUE DES ESTUAIRES



GOMPHE À PATTES JAUNES



Insectes

667 espèces et sous-espèces d'insectes ont été recensées au niveau des trois secteurs d'étude.

Seulement 8 d'entre elles sont protégées au niveau national: 3 coléoptères (le Grand Capricorne, la Rosalie des Alpes, le Pique-prune), 1 papillon (le Damier de la Succise), 4 odonates (l'Agrion de Mercure, la Cordulie à corps fin, le Gomphe à pattes jaunes, le Gomphe serpent).

Poissons

Les eaux courantes et calmes du lit mineur de la Loire constituent des milieux de vie, de croissance et/ou de reproduction, essentiels pour un très grand nombre d'espèces de poissons. Ces espèces peuvent être réparties en deux groupes principaux:

- Les espèces dites holobiotiques, qui accomplissent la totalité de leur cycle biologique sur la Loire (en eau douce): le brochet, le spirilin ou encore la loche de rivière.

- Les migrateurs dits amphihalins, qui utilisent la Loire aval pour accéder à des zones de reproduction plus en amont mais également comme zone de refuge et de croissance: le saumon atlantique, les aloses et lamproies ou encore l'anguille européenne.

Sur la Loire aval, différents types d'habitat sont exploitables par les poissons. La diversité de ces habitats repose notamment sur les annexes fluviales, dont les multiples fonctions écologiques contribuent à la remarquable diversité de la faune.

Prédateur au sommet de la chaîne alimentaire, le brochet est l'espèce de référence pour évaluer le bon fonctionnement de l'écosystème fluvial ligérien.

Les annexes fluviales ne sont disponibles pour les poissons que lorsque les eaux sont suffisamment hautes pour les submerger totalement ou en partie. La périodicité, l'intensité mais surtout la durée de ces submersions sont d'une grande importance pour la faune piscicole.

Le marnage influence fortement le fonctionnement écologique des milieux aquatiques. Plusieurs fois par jour, les annexes fluviales et abords vaseux du cours d'eau (ou vasières) subissent des variations importantes de leur niveau d'eau, conduisant à l'immersion puis à l'assèchement complet des milieux. Les poissons sont adaptés à ces variations. Les nombreuses vasières constituent de plus des zones de croissance et de repos pour des espèces à fort enjeu telles que le flet ou l'anguille.

Mollusques bivalves

La présence d'au moins 4 espèces de mollusques bivalves à enjeux est avérée sur la Loire dont la mulette épaisse (*Unio crassus*), sur quasiment toute la zone d'étude, avec des effectifs moindres d'Ancenis jusqu'au pont de Bellevue. Il existe un enjeu majeur de conservation de ces espèces patrimoniales, notamment pour la mulette épaisse.



Effets et mesures



2. LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE

2.1 LES EFFETS SUR LA VÉGÉTATION ET LA FLORE

Les effets sur les végétations

► **À terme**, dans l'ensemble, la suppression, la réduction ou l'arasement des épis sur les secteurs A et B permettront la diversification des habitats, le lit du fleuve étant moins artificiel et plus mobile.

Les opérations sur les épis des secteurs A et B augmenteront significativement les temps de connexion des bras secondaires au fleuve. Au lieu d'être occupés majoritairement par des végétations de grèves à sec, ces bras seront également investis par des végétations aquatiques et humides. Ces modifications hydromorphologiques influenceront l'implantation des habitats en fonction des nouveaux mouvements du chenal d'étiage, de la mobilité des bancs de sable ou de l'immersion plus fréquente de certains secteurs.

L'intervention de dévégétalisation prévue en aval du pont d'Oudon concernera une formation boisée alluviale (essentiellement du *Salicion albae*). Cette formation présente toutefois un intérêt limité à ce jour en raison de la jeunesse des arbres. L'intervention sur ce secteur comprenant notamment des travaux sur les épis, les écoulements seront moins contraints et les végétations devraient être plus diversifiées à terme.

Le projet conduit à terme à une augmentation importante de la ligne d'eau sur le secteur C, entraînant l'envolement de certains habitats.

Les hypothèses du changement climatique (diminution des débits d'étiage, allongement des périodes à faibles débits, etc.) tendent vers une accentuation du déséquilibre latéral du fleuve déjà observé aujourd'hui, avec une déconnexion des annexes plus importante. Le projet sera plutôt positif pour limiter ces effets en rétablissant des connexions plus fréquentes et plus longues avec les annexes ainsi que leurs fonctionnalités. De manière générale, une plus grande dynamique fluviale favorisera la résilience des milieux, y compris face aux évolutions dues au changement climatique.

► La **phase chantier** est potentiellement critique du fait de la dégradation, voire la destruction d'habitat à enjeux, susceptible d'entraîner la prolifération d'espèces végétales invasives (Paspale en épis, Jussies...). Des impacts résiduels pourraient en résulter, sans mise en œuvre de procédures adaptées.

Les effets sur les espèces végétales

Le projet aura un impact important sur le Scirpe triquètre, de par la rehausse de la ligne d'eau de marée basse, à l'étiage au niveau du secteur C. Compte tenu de la forte capacité de cette espèce à coloniser de nouvelles surfaces lorsque les conditions stationnelles lui sont favorables, celle-ci devrait rapidement se réinstaller sur de nouveaux niveaux topographiques, principalement au niveau des bras secondaires remis en eau.

La réhausse de la ligne d'eau, sera en revanche sans effet significatif sur les populations d'Angélique des Estuaires. En phase travaux, le projet aura un impact faible sur cette espèce. Cependant, les protections de berges en rive droite dans le secteur C seront favorables à la réimplantation de l'Angélique des Estuaires a posteriori.

Les autres espèces végétales profiteront de nouvelles conditions favorables à la dynamique du fleuve, la majorité d'entre elles étant bien adaptées aux variations physiques annuelles et interannuelles des bords de la Loire

La remise en eau des bras secondaires va permettre d'apporter une dynamique fluviale moins favorable aux espèces invasives comme les jussies (particulièrement adaptées aux zones stagnantes) au profit d'espèces autochtones.

Les travaux envisagés sur les trois secteurs d'intervention (A, B et C) devront éviter et limiter toute intervention non nécessaire sur des espèces végétales situées à proximité. de manière à impacter le moins possible les espèces végétales à enjeu.

Globalement, le projet contribuera à augmenter la résilience des espèces végétales ligériennes.

2.2 LES EFFETS SUR LA FAUNE

Les effets sur les poissons

► **À terme**, les effets du projet se traduiront par un gain à terme pour les poissons du fait de la reconnexion de nombreuses annexes fluviales, notamment sur les secteurs B et C. Au terme du projet, les bras secondaires seront connectés au fleuve plus de 90 % du temps (contre 30 à 50 % du temps actuellement). Cette évolution se traduira par plus d'habitats aquatiques disponibles pour les poissons (augmentation des surfaces en eau à l'étiage), propices à leur reproduction et à leur croissance. L'augmentation du nombre d'annexes connectées (mares, boires...) contribuera à créer une plus grande variété d'habitats et donc de ressources

Le projet conduit à terme à une augmentation importante de la ligne d'eau sur le secteur C, très bénéfique pour les poissons. L'ouvrage de Bellevue est conçu de manière à être franchissable par les poissons migrateurs et ne constituera donc pas un obstacle à la continuité écologique.

► La **phase chantier**, et notamment la construction de l'ouvrage de Bellevue, peut avoir un impact important sur certaines populations de poissons migrateurs. La durée du chantier, prévue sur 2 à 3 années et sur plusieurs mois consécutifs dans l'année, recoupera certaines périodes de migration d'espèces vulnérables, telles que le saumon atlantique (souche endémique du bassin de la Loire), ou encore les aloses et lamproies. La période de travaux évitera cependant les pics de migration printaniers des individus adultes (géniteurs rejoignant les frayères).

En résumé, le projet contribuera à diversifier et améliorer la disponibilité des habitats aquatiques dans le lit de la Loire, et sera globalement très bénéfique pour les poissons malgré des impacts temporaires en phase chantier.

Les effets sur les mollusques bivalves

► **À terme**, les épis ont créé localement des conditions favorables au développement d'espèces de Nâïades dans le chenal principal de la Loire. Le remodelage des épis ne semble donc pas favorable à ces populations.

Le projet aura toutefois un effet positif du fait de l'augmentation des lignes d'eau, notamment sur le secteur C, qui permettra à certains habitats d'être immergés de manière permanente. De plus, l'amélioration de la disponibilité des annexes fluviales, milieux de vie privilégiés par ces espèces de mollusques aquatiques, leur sera bénéfique.

Malgré des conditions plus favorables à terme, les bivalves autochtones resteront sous pression d'espèces invasives très compétitives (corbicule, moule zébrée, etc.). Elles sont de plus parasitées par des espèces en pleine expansion comme la bouvière. Autant de facteurs qui limitent fortement les effets positifs que le projet pourrait avoir sur cette espèce, d'où un gain modéré à terme à l'échelle du projet.

► En **phase chantier**, incapables de fuir, ces mollusques bivalves sont vulnérables à certains effets dus au chantier (déplacement d'engins ou extraction de sédiments susceptibles de conduire à l'écrasement ou l'enfouissement d'individus).

Les effets sur les amphibiens

► **À terme**, la reconnexion des annexes hydrauliques augmentera les habitats disponibles pour la reproduction de toutes les espèces d'amphibiens présentes au niveau des secteurs A et B, notamment le Triton ponctué, le Crapaud calamite et le Pélodyte ponctué. La remobilisation des grèves sableuses sera également favorable à ces espèces

► En **phase chantier**, hormis quelques espèces de grenouilles vertes (*Pelophylax ridibundus* et *Pelophylax kl. Esculentus*) qui pourraient être impactées pendant la réalisation des travaux, les impacts de la phase chantier resteront globalement faibles.

Les effets sur les reptiles

► **À terme**, la reconnexion des annexes hydrauliques entraînera une augmentation des habitats disponibles pour les espèces de reptiles dépendantes des milieux aquatiques et présentes au niveau des secteurs A et B, à savoir la Couleuvre vipérine et la Couleuvre helvétique. Par conséquent, la dynamisation des bras secondaires sera très bénéfique pour ces espèces semi-aquatiques.

► En **phase chantier**, la mortalité et/ou le dérangement de quelques spécimens cachés dans les enrochements ne peuvent totalement être écartés. Ces cas resteront marginaux et ne seront pas de nature à remettre en cause les populations de reptiles concernées.

Les effets sur les mammifères terrestres

Le programme aura peu d'effet sur les populations de mammifères terrestres, que ce soit à court ou long terme. Quelques secteurs boisés constituant un habitat pour plusieurs espèces de mammifères terrestres seront faiblement impactés.

Les effets sur les mammifères semi-aquatiques

► **À terme**, le Castor d'Europe est doué d'une capacité d'adaptation qui lui permettra d'ajuster l'emplacement de son gîte principal et de ses gîtes secondaires en fonction de la rehausse de la ligne d'eau. Par ailleurs, la reconnexion de boires et de bras secondaires facilitera les déplacements de l'espèce et son accès à de nouveaux sites d'alimentation et de nouveaux gîtes estivaux. À terme, le projet conduira à un gain faible pour le Castor d'Europe.

► En **phase chantier**, aucun véritable impact n'est attendu, hormis le risque d'une pollution accidentelle de la Loire par les hydrocarbures des engins de chantier ou un risque de perturbation intentionnelle dans le cas où un gîte de Castor serait occupé et localisé sur un épi à remodeler.

Le Campagnol amphibie et la Loutre d'Europe étant absent des secteurs d'étude, aucun effet direct permanent ou temporaire n'est attendu, en phase chantier comme à terme.

Les effets sur les chiroptères

► **À terme**, les boisements alluviaux fréquentés par les espèces de mammifères terrestres protégées ne sont pas impactés par l'élévation de la ligne d'eau et la rehausse du fond. La surface de l'eau (ou miroir d'eau), territoire de chasse de prédilection des espèces de chauves-souris, devrait être augmentée. Il est néanmoins difficile d'estimer le gain qui pourrait être généré.

► En phase chantier, il existe un risque de destruction d'individus lors des travaux d'abattage pour dégager les accès. L'impact peut néanmoins être considéré comme faible pour les Noctules, le Murin

de Daubenton, la Pipistrelle de Nathusius et plus globalement pour les espèces arboricoles. Une mesure sera prise pour identifier et traiter spécifiquement les arbres à enjeux chiroptérologiques.

Les effets sur les oiseaux

► **À terme**, la rehausse de la ligne d'eau permettra le maintien en eau des bras de Thouaré et de la Sauterelle à marée basse, qui deviendront plus attractifs pour les espèces d'oiseaux d'eau et les passereaux paludicoles en période de nidification.

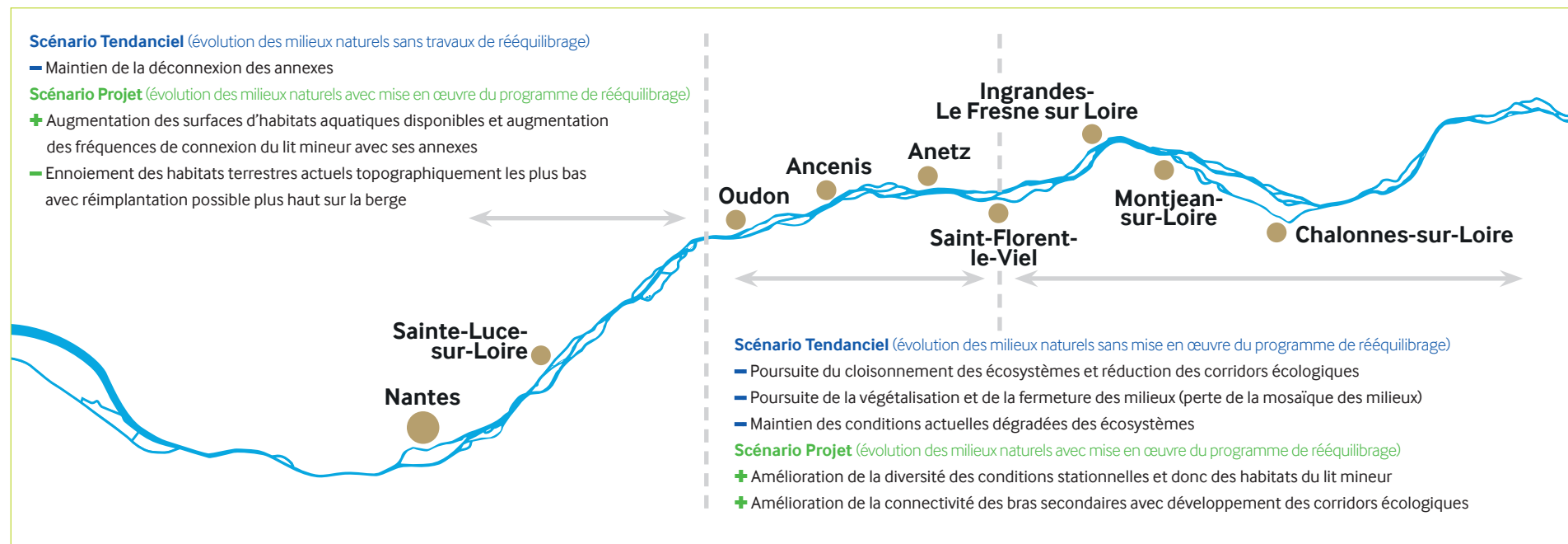
A contrario, elle induira en amont de l'aménagement la perte de zones de repos fréquemment utilisées, à marée basse, par les oiseaux. Ces dernières sont localisées essentiellement dans le bras de Thouaré, et entre la pointe de l'île de la Chênaie et le pont de Bellevue. Cette perte est néanmoins à relativiser puisque les zones d'estrans sont nettement plus importantes en aval de Nantes. Les espèces concernées auront la capacité de se déplacer sur ces zones.

À court terme, les actions menées dans le cadre du présent programme, ne devraient pas avoir d'effet sur les communautés d'oiseaux du lit de la Loire, que ce soit en période de nidification ou en période internuptiale. À terme, la libération des systèmes d'épis devrait conduire à l'apparition de plusieurs petites grèves isolées au lieu d'une grande grève fixée. Plus tranquilles et isolées des prédateurs, ces grèves libres seront d'autant plus favorables à la nidification des espèces des grèves sableuses (sternes, Petit Gravelot, Œdicnème criard...).

L'absence d'entretien de ces grèves libres pourrait être favorable à l'installation d'espèces non ou peu présentes pour le moment (Mouette mélanocéphale, Chevalier guignette...).

► En **phase chantier**, du fait des surfaces concernées et de la période d'intervention (début de la phase chantier à partir de mi-septembre au plus tôt), peu d'impacts sont pressentis pendant les travaux. Ces impacts correspondent d'une part aux éventuels décès ou au dérangement d'oiseaux nichant tardivement au sein des grèves sableuses, des ripisylves ou en repos sur les grèves, et d'autre part à la dégradation possible des milieux aquatiques où ils se nourrissent.

BILAN DES EFFETS DU PROGRAMME DE RÉÉQUILIBRAGE DU LIT DE LA LOIRE SUR LA BIODIVERSITÉ



Dans les deux cas de figure, des mesures sont prévues pour éviter ou réduire significativement ces impacts.

Le programme sera globalement très bénéfique pour les populations d'oiseaux caractéristiques des milieux alluviaux.

Les effets sur les insectes

► **À terme**, le programme sera particulièrement bénéfique pour les espèces liées au milieu aquatique pour tout ou partie de leur cycle biologique. C'est particulièrement le cas des gomphes de Loire, pour lesquels la libération et la remobilisation des sédiments entraîneront la création de nombreux habitats favorables. Par ailleurs, la reconnexion des bras secondaires et des annexes augmentera considérablement le linéaire de berge et les habitats aquatiques utilisables par ces espèces et leurs larves pour réaliser leurs différentes mues. Les Gomphidae de Loire n'étant pas

très exigeants sur leurs habitats de chasse et de maturation, la remobilisation des grèves n'aura pas d'impact notable sur cette phase de leur cycle.

Plus largement, le programme sera bénéfique aux espèces favorisées par la dynamique fluviale, notamment celles inféodées aux vasières (*Paratettix meridionalis...*), aux grèves sableuses (*Calephorus compressicornis*, *Cicindela hybrida...*) ou encore aux végétations herbacées hautes et humides (*Conocephalus dorsalis*, *Stethophyma grossum...*).

► En **phase chantier**, une destruction accidentelle de larves d'imagos de gomphes n'est pas inévitable mais des mesures seront prises pour réduire au maximum ce risque. D'autre part, le choix des accès de chantier sera décidé avec une attention particulière et l'approbation d'un écologue afin de ne pas détruire



d'arbres constituant un habitat pour des espèces de coléoptères saproxyliques protégés.

Les gains attendus à terme grâce au programme compensent les impacts induits par la phase chantier. Le programme sera globalement bénéfique aux populations d'insectes liées aux milieux fluviaux dynamiques.

3. ÉVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET SUR LE RÉSEAU NATURA 2000

Les sites Natura 2000 concernés par le projet sont les suivants :

- Site de la directive « Oiseaux » – Zone de Protection Spéciale (ZPS):
 - FR5212002 – Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes,
- Site de la Directive « Habitat » – Site d'Intérêt Communautaire (SIC):
 - FR5200622 – Vallée de la Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes.

Évaluation des incidences sur le site FR5200622 vallée de Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes

Seuls 7 habitats d'intérêt communautaire sur 15 sont concernés par le projet. Trois d'entre eux présenteront un gain modéré après projet et trois autres sont soumis à un effet neutre. Pour ces milieux, aucune incidence n'est donc à prévoir sur le réseau Natura 2000.

Les mégaphorbiaies se développant au niveau du secteur C seront faiblement impactées.

Parmi les espèces animales et végétales identifiées comme d'intérêt communautaire sur le site Natura 2000, toutes présentent un effet neutre ou bien un gain après la mise en place du projet, exception faite de l'Angélique des estuaires pour laquelle est observé un impact faible.

Évaluation des incidences sur le site FR5212002 vallée de Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes

Toutes les espèces d'oiseaux nicheuses concernées par le projet sont soumises à un effet allant de neutre à gain fort. Ainsi, l'incidence du projet sur le réseau Natura 2000 de la directive « Oiseaux » est considérée comme nulle ou positive.

Dans son ensemble, le projet permettra d'influencer la trajectoire écologique de l'écosystème fluvial de manière à favoriser une mosaïque de différentes végétations et à favoriser les espèces caractéristiques ayant conduit à la désignation de la ZSC (Zone Spéciale de Conservation) et de la ZPS de la vallée de Loire de Nantes aux Ponts-de-Cé et ses annexes.

DES MESURES POUR ÉVITER ET RÉDUIRE LES IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE

Les mesures transversales à mettre en œuvre sont les suivantes :

- Suivi de chantier par un coordinateur environnemental
- Gestion des pollutions et des nuisances
- Adaptation du calendrier de la phase chantier
- Utilisation temporaire et remise en état des espaces liées aux activités de chantier

Des mesures plus spécifiques au milieu biologique devront être mises en œuvre :

- Suivi des gîtes Castor par un écologue préalablement à l'engagement du chantier
- Modification des voies d'accès au banc d'épi 4 : passage de 2 accès à 1 accès sur le secteur A
- Déplacement de site pour la mise en place d'estacades, pour le chargement et le déchargement des enrochements espace fluviale (barges), au niveau des bancs d'épi n° 6 et 11 sur le secteur B
- Balisage préventif des zones de stockages, des aires d'évolution d'engins et des zones d'accostage des barges
- Balisage préventif des stations d'espèces végétales patrimoniales
- Préconisations concernant les arbres à enjeux chiroptérologiques
- Limitation de la dispersion des espèces exotiques envahissantes

De plus, une mesure de compensation sera mise en place par le réaménagement d'une berge favorable à l'Angélique des Estuaires au droit du secteur de Bellevue. Pour le Scirpe triquètre, une mesure compensatoire de retalutage de berges et une mesure d'accompagnement consistant à tester des transplantations de pieds de Scirpe triquètre ou de vase sont proposées.

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION

Les actions engagées sur les épis et chevrettes des secteurs A et B et l'aménagement du duis sur le secteur C ont de fortes implications sur les composantes de l'écosystème de la Loire :

- La suppression, la réduction ou l'arasement des épis envisagés permettront la **diversification des habitats**, le lit du fleuve étant moins artificiel et uniforme.
- Les corridors écologiques seront améliorés grâce à une meilleure connexion entre le lit principal et les annexes de la Loire. Cela concerne par exemple, la submersion plus fréquente des bras secondaires. Les habitats naturels seront ainsi moins fragmentés, au bénéfice de nombreuses espèces animales et végétales. **La meilleure alimentation en eau des annexes fluviales** permettra aussi de conforter ou de diversifier ces milieux humides et les fonctions qu'elles exercent (zones refuges, sites de reproduction, territoire d'alimentation...).
- Les interventions envisagées modifieront le fonctionnement hydromorphologique de la Loire qui aura des répercussions sur les conditions d'implantation de certains habitats et leur utilisation par certaines espèces. **Les milieux et les espèces, végétales et animales, évolueront donc naturellement pour s'adapter à la Loire.** Ainsi, les nouveaux mouvements du chenal d'étiage, la mobilité des bancs de sable ou encore l'immersion plus fréquente de certains secteurs engendreront une modification ou une migration de certains habitats, de la même façon que ces habitats avaient évolué suite à l'abaissement généralisé des lignes d'eau d'étiage au 20^e siècle. Le projet contribue donc à **augmenter la résilience de la Loire**, dans toutes ces composantes.

Le projet aura un impact résiduel significatif sur le Scirpe triquètre, mais sera globalement bénéfique pour la biodiversité.



Partie 6

Le milieu **humain** et les risques



SOMMAIRE

ÉTAT INITIAL

1. L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU HUMAIN.....	60
1.1 Population, cadre de vie et activités.....	60
1.2 Activités économiques.....	60
1.3 Usages et gestion de l'eau.....	60
1.4 Infrastructures de communications et trafics	60
1.5 Risques naturels et technologiques	61

EFFETS DU PROJET ET MESURES

2. LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU HUMAIN... 62	
2.1 Les effets sur le cadre de vie	62
2.2 Les effets sur les activités.....	62
2.3 Les effets sur les usages et la gestion de l'eau ...	62
2.4 Les effets sur les infrastructures de communication et les trafics.....	62
2.5 Les effets sur les risques naturels et technologiques	63

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION

État initial



1. L'ÉTAT INITIAL DU MILIEU HUMAIN

1.1 POPULATION, CADRE DE VIE ET ACTIVITÉS

Population

Les centres urbains majeurs situés aux extrémités de la zone étudiée sont Angers et Nantes. Les aires d'étude rapprochées (secteurs A, B et C), présentent quant à elle des aires d'habitat dense de plus faible taille. Les noyaux urbains les plus proches sont Ancenis et St-Florent-le-Vieil (secteur B) ainsi qu'Ingrandes-le-Fresne-sur-Loire et Montjean-sur-Loire (secteur A).

Les aménagements et les travaux devront respecter les règlements et les servitudes d'urbanisme des zones concernées. Les 3 aires d'études rapprochées portent sur des communes faisant état d'un document d'urbanisme approuvé.

Cadre et qualité de vie

La qualité de l'air n'est mesurée que sur les communes de Nantes (en centre-ville principalement) et Angers. Ces valeurs ne sont pas représentatives de l'aire d'étude globale, essentiellement rurale.

Les aires d'études rapprochées comportent des axes routiers classés vis-à-vis du bruit

- Franchissement des ponts d'Ancenis et de St-Florent-le-Vieil et RD723 pour le secteur B.
- Franchissement des ponts de Bellevue et de Thouaré-sur-Loire, et D751 en bordure de Loire à St-Julien-de-Concelles pour le secteur C.

Les secteurs affectés par le bruit ne concernent directement aucune voie de communication à proximité des zones de travaux.

1.2 ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

Les transports fluviaux en Pays de la Loire sont

- les transports publics permanents (bacs de Loire et réseau Navibus) localisés dans l'agglomération nantaise, hors de l'aire d'étude globale en aval,

- la croisière fluviale, caractérisée par une forte saisonnalité (16 compagnies de transports fluviaux).

La Loire et son estuaire sont des territoires de pêche très fréquentés, avec une représentation importante de la pêche professionnelle et de la pêche de loisirs. Ces territoires sont divisés en lots. Les lots concernés par les différentes aires d'étude rapprochées sont le lot 7 pour le secteur A, les lots 8, 9 et 10 pour le secteur B et le lot 13 pour le secteur C.

Deux secteurs principaux de baignade autorisée sont identifiés sur l'aire d'étude globale, à Oudon sur la « plage du plan d'eau du chêne », sur un plan d'eau à quelques centaines de mètres en retrait de la Loire, et sur la plage d'Ingrandes-sur-Loire.

Huit campings sont situés au droit des aires d'étude rapprochées. Les bords de Loire accueillent de nombreux kilomètres aménagés pour le vélo.

1.3 USAGES ET GESTION DE L'EAU

Les 3 aires d'étude rapprochées comportent des prélèvements pour l'alimentation en Eau des collectivités (AEP).

Des stations d'épuration sont également présentes dans chacune des aires concernées. Les rejets de la plupart d'entre elles ont lieu dans la Loire.

Les secteurs de travaux sont concernés par l'application du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire Bretagne. Les secteurs B et C sont soumis aux dispositions du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Estuaire de la Loire et les secteurs A et B, à celles du SAGE Evre Thou Saint-Denis.

1.4 INFRASTRUCTURES DE COMMUNICATIONS ET TRAFICS

Réseau routier et ferroviaire

L'aire d'étude globale est traversée par de nombreux axes routiers, allant des autoroutes A11 et A811 aux chemins communaux. Les voies de communication sont principalement des routes départementales.

Sur l'aire d'étude globale, le franchissement de la Loire s'effectue par plusieurs ponts dont les principaux en termes de trafics sont celui de Bellevue (accueillant le périphérique de Nantes), d'Ancenis et de Thouaré-sur-Loire.

L'aire d'étude globale comprend également la ligne de chemin de fer située en rive droite longeant les 3 secteurs de travaux. Le trafic au niveau de certains axes routiers et points stratégiques (traversées de la Loire à Ancenis, Thouaré-sur-Loire et au pont de Bellevue) constitue un enjeu significatif, notamment pour la desserte des zones de travaux.

Infrastructures de navigation

Quais, les estacades, cales ou plates-formes... 267 ouvrages liés à la navigation fluviale ou maritime jalonnent les rives de Loire de la Maine à la mer. On en dénombre 50 sur les 3 secteurs d'interventions auxquels s'ajoutent les quelque 750 épis de navigation aménagés, principalement au cours du 20^e siècle, pour améliorer les conditions de navigation à l'étiage en chenalissant les écoulements.

La zone d'étude globale comprend le Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire (GPMNSN), premier port de la façade atlantique française et le 4^e Grand Port Maritime avec 32,5 millions de tonnes en 2018. Il comprend 9 sites diversifiés dont 2 situés de part et d'autre du pont de Cheviré, les plus proches du secteur C: le terminal de Cheviré en rive gauche et le terminal céréalier de Roche-Maurice en rive droite.

Long de 69 kilomètres, le chenal de navigation (découpé en 12 sections) est emprunté par les navires pour accéder aux terminaux portuaires, de Nantes à Saint-Nazaire. Pour garantir une hauteur d'eau suffisante sous la quille des navires à quai, quelle que soit l'heure de la marée, des surcreusements, appelés souilles, sont entretenus, par des opérations de dragage.

1.5 RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Le risque inondation est le risque majeur sur l'aire d'étude globale, qui est concernée par 2 territoires à risque d'inondation (TRI):

- Le TRI Angers Val d'Authion Saumur, à l'extrémité Est de l'aire d'étude globale (amont), dont le périmètre se termine juste en aval de la

confluence de la Maine et de la Loire et comprenant les communes de Bouchemaine, St-Jean-de-la-Croix et Ste-Gemmes-sur-Loire, et hors des aires d'études rapprochées (toutes opérations).

- Le TRI de Nantes, à l'extrémité Ouest de l'aire d'étude globale (aval), dont le périmètre se termine juste en aval de l'aire d'étude rapprochée de Bellevue (secteur C) et comprenant la commune de Nantes.

Toutes les communes de l'aire d'étude sont concernées par un plan de prévention des risques inondation.

Les risques de feu de forêt et de mouvement de terrain constituent les 2 autres risques naturels les plus présents.

Effets et mesures



2. LES EFFETS DU PROJET SUR LE MILIEU HUMAIN

2.1 LES EFFETS SUR LE CADRE DE VIE

Les opérations d'aménagement n'ont aucun effet négatif à terme sur l'air et sa qualité ainsi que sur l'ambiance sonore de l'aire d'étude globale.

En phase de travaux, les opérations de chantier et l'augmentation du trafic associé engendrent des rejets pouvant altérer faiblement et de manière temporaire la qualité de l'air et l'atmosphère (gaz d'échappement et poussières), des différentes aires d'étude rapprochées.

Les impacts sonores liés au fonctionnement et à la circulation des engins sont modérés et temporaires pour les secteurs amont et forts mais temporaires pour le secteur C.

2.2 LES EFFETS SUR LES ACTIVITÉS

► **À terme**, le projet n'a que peu d'effet sur la navigation sur les secteurs A et B en raison du maintien d'un chenal principal. Ce chenal sera plus mobile et nécessitera un effort de balisage supplémentaire. La navigation sera en revanche impactée sur le long terme sur le secteur C. Le passage dans le chenal au Nord, nécessitera de s'adapter aux horaires de marée. Une signalisation sera à mettre en place ainsi que d'éventuelles zones d'attente.

► En **phase de chantier**, les travaux perturberont la navigation, sur le secteur C.

De manière générale, les activités de **pêche** sont pérennisées par les effets bénéfiques du projet pour le développement des espèces de poissons. Sur le secteur C toutefois, la présence de l'ouvrage de Bellevue contraindra localement les activités de pêche et le passage du chenal de navigation au nord nécessite le déplacement d'un ponton de pêcheur. Les impacts sont modérés durant la phase de chantier et concernent principalement le secteur C.

Pour **l'agriculture**, les effets du projet à terme et en phase chantier restent faibles sur les 3 secteurs (neutres sur le secteur A). De même, les effets sur l'industrie, les services et les commerces sont faibles à terme et en phase chantier sur les 3 secteurs.

Enfin, le tourisme et les loisirs ne subissent aucun effet à terme et sont faiblement impactés en phase travaux sur les 3 secteurs (présence locale d'engins).

2.3 LES EFFETS SUR LES USAGES ET LA GESTION DE L'EAU

Le projet n'a aucun effet, ni en phase de travaux ni à terme, sur les rejets d'eaux. De faibles impacts sur les prélèvements en eau risquent d'être constatés pendant les travaux sur les 3 secteurs du fait de la présence de captages à proximité des chantiers.

Les effets sur les exutoires d'orages sont neutres.

Le réchauffement climatique aura des impacts sur les usages autour du fleuve. L'allongement et l'intensification des étiages pourraient dégrader la qualité de l'eau, créer des conflits d'usage autour des prélèvements, impacter la navigation, les loisirs, etc.

Le projet, en rétablissant une dynamique fluviale plus naturelle, permettra d'augmenter la résilience du milieu notamment sur le sujet de la qualité de l'eau. Il permet également de limiter légèrement la remontée du bouchon vaseux. Il n'aura toutefois pas d'impact sur les débits en étiage par exemple.

2.4 LES EFFETS SUR LES INFRASTRUCTURES DE COMMUNICATION ET LES TRAFICS

Réseau routier et ferroviaire

Les infrastructures de communication et les trafics associés sont faiblement impactés en phase de travaux sur les 3 secteurs en raison du passage des camions.

► **À terme**, une analyse détaillée des effets du projet sur les infrastructures les plus sensibles aux variations de fond du lit a été menée:

- La voie SNCF qui longe la Loire en rive droite (PK 80), en aval d'Oudon, au droit du site des « Folies Siffait ». Cette voie est directement en contact avec le lit mineur, secteur B
- Le pont de Bellevue situé en aval de l'aménagement du duis du secteur C (PK 62)

Pour la voie SNCF d'Oudon, le projet est positif à terme car il permet de limiter les risques d'érosion du fond du lit au droit de la voie SNCF en rive droite.

Sur le secteur C, les perturbations des écoulements à l'aval du pont de Bellevue pourraient augmenter le risque de découvrir l'une des piles, sensible aux affouillements. Le pont continuera de faire l'objet d'un suivi régulier par le gestionnaire routier, qui sera renforcé à la suite des travaux. Si une tendance à l'affouillement notable était détectée, des travaux de confortement de la pile concernée seraient menés, en concertation entre l'aménageur de la Loire et le gestionnaire de l'ouvrage, afin d'éviter tout risque de déstabilisation de la pile du pont.

Infrastructures de navigation

À terme, les effets sur les infrastructures et l'activité portuaire seront neutres, les effets hydrosédimentaires des aménagements de Bellevue se faisant sentir en amont des sites les plus amonts du GPMNSN. En phase de chantier, les nuisances liées aux périodes de travaux (bruits, odeurs, poussières, engins, camions...) n'impacteront pas les activités du port.

2.5 LES EFFETS SUR LES RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Les effets du projet sur le risque inondation ont été évalués à court et long terme :

- **À court terme**, après réalisation des travaux, **les effets sur les 3 secteurs** sont neutres voire parfois très légèrement positifs (quelques centimètres de diminution du niveau d'eau pour une crue type 1982). Cela s'explique par le démantèlement des épis et la réouverture des bras secondaires.

- **À long terme**, sur la zone amont (secteurs A et B), **l'effet est neutre** sur les niveaux d'eau de crue voire très légèrement positifs, en lien avec le démantèlement d'épis et réouverture de bras secondaire.
- **À long terme** sur le secteur C de Bellevue, en amont immédiat et au droit de l'ouvrage, **les effets sont neutres** sur les zones à enjeux, en lien notamment avec le démantèlement des épis projetés dans le bras de Thouaré. Un peu plus en amont, au niveau des PK 71/72, un effet léger se fait ressentir en rive gauche, au niveau de la Boire de la Pinsonnière. L'effet reste toutefois faible car inférieur à 5 cm et il n'y a pas d'habitat dans ce secteur. En aval du duis, il n'y a aucun effet sur les crues.

► **En phase chantier**, une crue pourrait entraîner des perturbations : décalage du calendrier du chantier (retard), engins et matériels emportés, entraînant par la suite des impacts indirects tels que des pollutions, stockages d'enrochements temporaires atteints par les eaux. Afin d'éviter ces impacts, des mesures organisationnelles de chantier seront mises en œuvre.

Compte tenu des très faibles évolutions de cote d'inondation à attendre du fait du projet à long terme à la baisse ou à la hausse, on peut considérer que l'effet du projet est neutre vis-à-vis du risque inondation. Le changement climatique, et la remontée du niveau marin notamment, pourrait avoir des effets sur les niveaux d'inondation, mais indépendamment du projet.

Vis-à-vis du risque technologique : à court et long termes, les opérations d'aménagement sur les 3 secteurs n'ont aucun effet. En phase de chantier, l'impact est considéré faible sur les 3 secteurs.

DES MESURES POUR ÉVITER ET RÉDUIRE LES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

Les mesures transversales à mettre en œuvre sont les suivantes :

- Suivi de chantier par un coordinateur environnemental
- Gestion des pollutions et des nuisances
- Adaptation du calendrier de la phase chantier
- Utilisation temporaire et remise en état des espaces liées aux activités de chantier

Les mesures spécifiques au milieu humain devront être mises en œuvre :

- Gestion de l'envol de poussières
- Réduction des nuisances sonores et respect de la réglementation
- Organisation du chantier permettant le maintien de la navigation fluviale sur le secteur C
- Mesures de sécurisation de la navigation au droit de l'ouvrage de Bellevue
- Mise en place d'un dispositif d'alerte pour les stations de pompage/captage AEP en phase travaux
- Suivi bathymétrique et structurel du pont de Bellevue

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION

Les impacts résiduels sont majoritairement **neutres ou de faible intensité sur le milieu humain**.

Les mesures proposées permettent d'**atténuer les nuisances dues aux travaux**. Très temporaires, ces effets ne nécessitent pas la mise en œuvre de mesures de compensation, mais une **étroite concertation** avec les communes concernées devra être menée avant la phase chantier.

La navigation est impactée de manière permanente à terme, notamment par la présence d'un ouvrage aménagé sur le secteur C. Dans ce secteur, les conditions hydrauliques ne seront pas favorables au franchissement du chenal au Nord pour certains horaires de marée (autour de la marée basse) lors de faibles débits. **L'activité devra s'adapter à cet effet et devra prendre en compte la signalétique mise en place.**

Le suivi bathymétrique et subaquatique des piles du pont de Bellevue sera poursuivi, pour détecter tout risque d'affouillement.

Des gains apparaissent à terme pour la pêche, sur la partie fluviale, avec une amélioration des conditions de pêche en raison de la modification des habitats naturels et la reconnexion des annexes hydrauliques, favorables à l'ichtyofaune. Il subsiste néanmoins un impact direct pour un pêcheur professionnel sur le secteur C, dont un des pontons doit être déplacé.

Le projet tend également à **améliorer la qualité de l'eau en amont du duis** (salinité, bouchon vaseux) et limite à terme la remontée de la marée vers l'amont. Un effet légèrement positif pour le maintien de la prise d'eau potable de Mauves sur Loire est ainsi à prévoir.





Partie 7

Patrimoine & paysage



SOMMAIRE

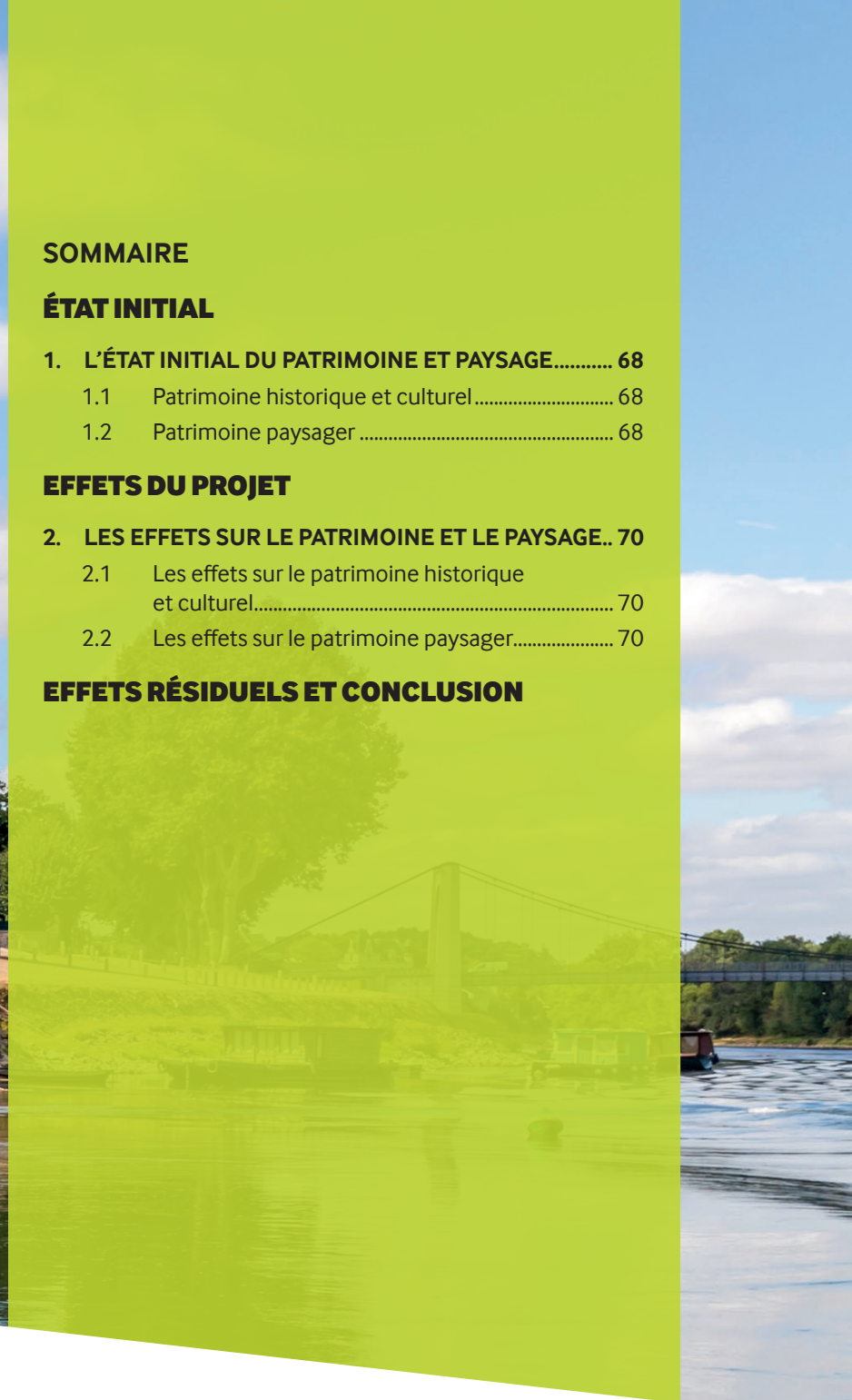
ÉTAT INITIAL

- 1. L'ÉTAT INITIAL DU PATRIMOINE ET PAYSAGE..... 68**
 - 1.1 Patrimoine historique et culturel 68
 - 1.2 Patrimoine paysager 68

EFFETS DU PROJET

- 2. LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE ET LE PAYSAGE.. 70**
 - 2.1 Les effets sur le patrimoine historique et culturel..... 70
 - 2.2 Les effets sur le patrimoine paysager..... 70

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION



État initial



1. L'ÉTAT INITIAL DU PATRIMOINE ET PAYSAGE

1.1 PATRIMOINE HISTORIQUE ET CULTUREL

Les 3 secteurs d'intervention comportent des monuments historiques ou des sites classés. Les secteurs A et B comportent également des Sites Patrimoniaux Remarquables.

Les opérations d'aménagement sur les secteurs A et B sont concernées par des enjeux archéologiques pressentis (ou connus). Le secteur de Bellevue ayant été fortement remanié, il n'a pas été retenu comme un secteur à potentiel par la DRAC.

1.2 PATRIMOINE PAYSAGER

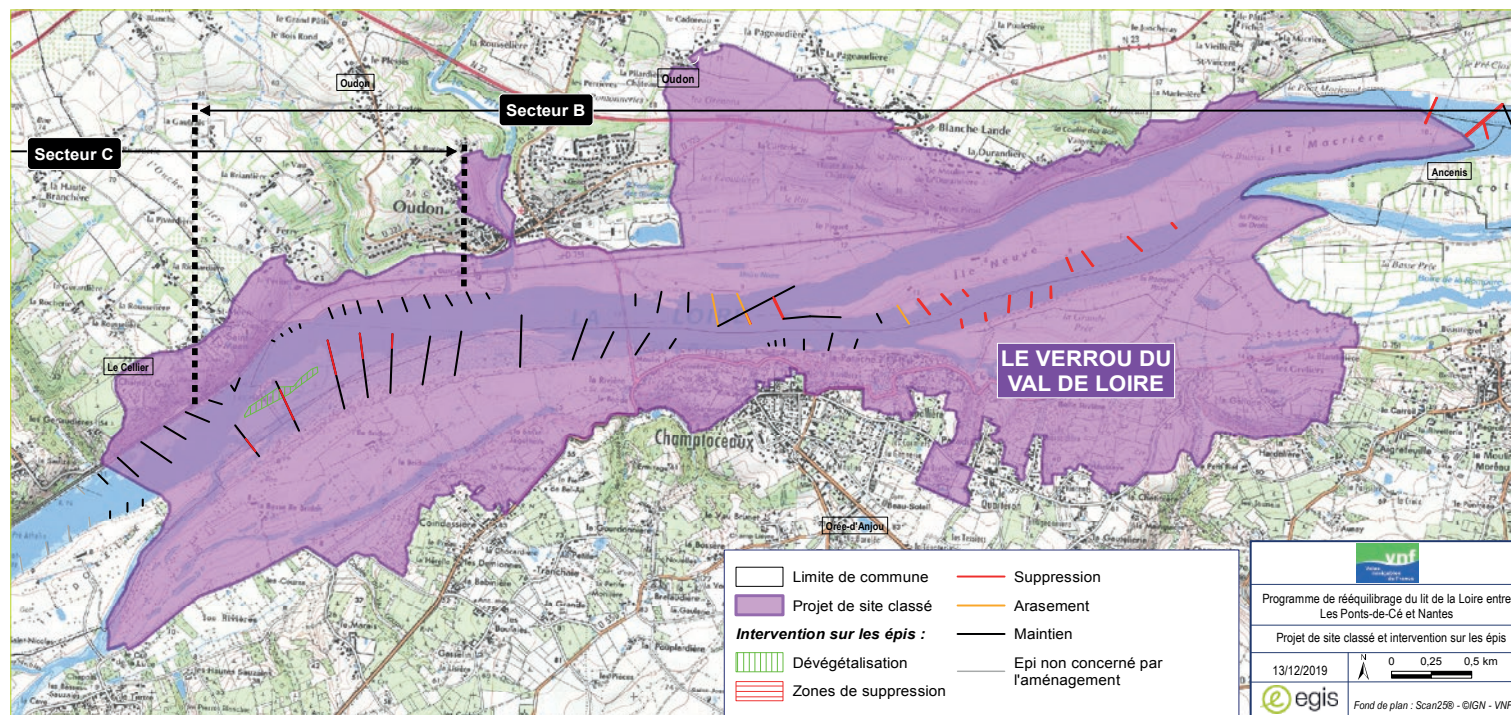
L'aire d'étude globale s'inscrit majoritairement dans l'unité paysagère de « La Loire des promontoires ».

Seul le secteur B comprend quatre sites classés, le plus proche des aménagements étant la promenade de Champalud, située à proximité immédiate de la Loire, sur la commune de Champtoceaux.

Un nouveau site est actuellement en projet de classement: « Verrou du Val de Loire », appartenant aux communes du Cellier, d'Oudon et d'Orée d'Anjou.

Le site du Val de Loire inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO borde la limite amont de la zone d'influence du projet.

CARTE DU SITE EN COURS DE CLASSEMENT DANS L'AIRES D'ÉTUDE DU SECTEUR B





VUE DEPUIS LE PROMONTOIRE
DE CHAMPALUD À CHAMPTOCEAUX

Effets et mesures



2. LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE ET LE PAYSAGE

2.1 LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE HISTORIQUE ET CULTUREL

Certains travaux seront visibles à proximité de plusieurs monuments historiques (secteur B) ou de l'espace urbain classé du Fresne-sur-Loire (secteur A), durant le chantier.

Globalement favorable à une renaturation des paysages, le projet n'affectera pas à terme ces éléments de patrimoine.

Sur le plan archéologique, les risques de dégradation au cours des travaux ou d'éventuelles mises à jour de vestiges par la suite sont contrebalancés par les bénéfices attendus des diagnostics et fouilles préventives, permettant de nouvelles découvertes et de faire progresser la connaissance.

2.2 LES EFFETS SUR LE PATRIMOINE PAYSAGER

Les effets à court terme sont contrastés: la réduction des épis sur les secteurs A et B les rendra moins présents dans le paysage, tandis que les ouvrages de Bellevue y créeront de nouveaux éléments artificiels. Mais ces derniers, submergés en permanence, n'affecteront que modérément le paysage.

Les effets paysagers à terme sont globalement bénéfiques: le rééquilibrage du lit permettra de restaurer les paysages ligériens typiques, moins marqués par les aménagements de l'homme.

Le paysage propre au futur site classé du verrou du Val de la Loire (secteur B) bénéficiera globalement des évolutions à court terme (nombreux épis et chevrettes supprimés) comme à moyen et long terme (reconnexion du bras de Neuve Macrière), rehaussement de la ligne d'eau d'étiage.

DES MESURES POUR ÉVITER ET RÉDUIRE L'IMPACT SUR LE PATRIMOINE ET LE PAYSAGE

Les mesures transversales à mettre en œuvre sont les suivantes:

- Suivi de chantier par un coordinateur environnemental
- Gestion des pollutions et des nuisances
- Adaptation du calendrier de la phase chantier
- Utilisation temporaire et remise en état des espaces liés aux activités de chantier

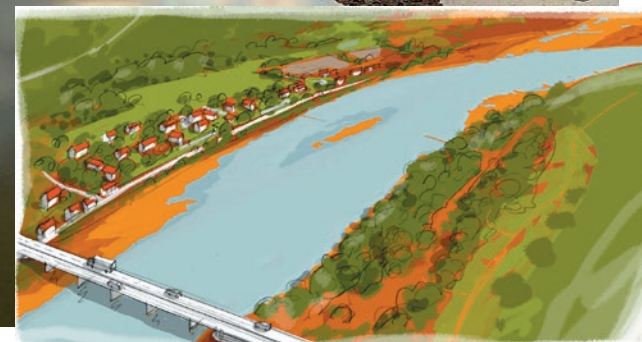
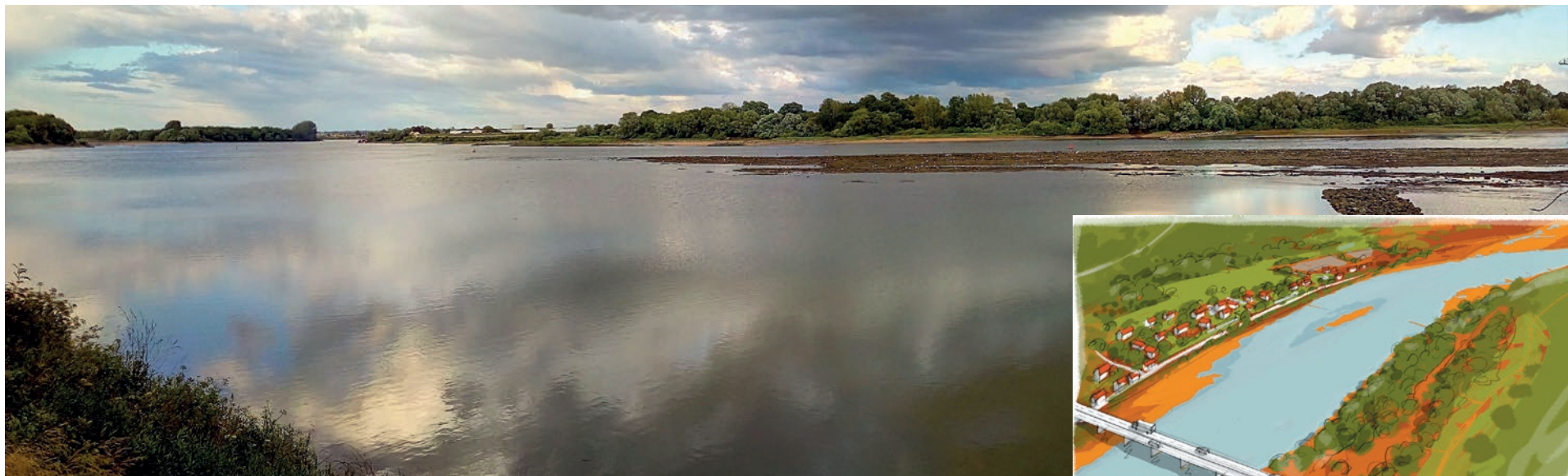
Une mesure spécifique au patrimoine devra être mise en œuvre. Il s'agit du diagnostic et des fouilles archéologiques préventives.

EFFETS RÉSIDUELS ET CONCLUSION

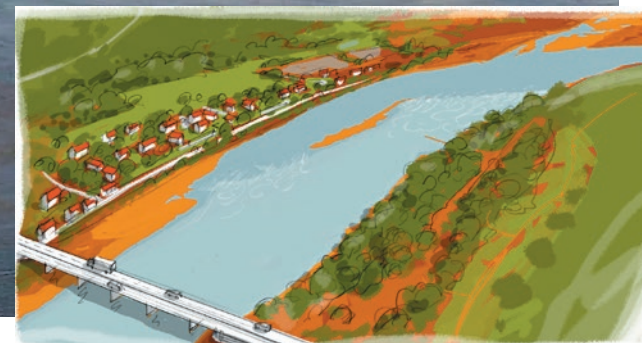
Les effets du projet à terme sont **neutres à l'égard du patrimoine historique** et sont **plutôt positifs pour le patrimoine archéologique**. À terme, les effets sur le **grand paysage sont jugés positifs** avec **une revalorisation des paysages ligériens typiques**, moins figés et moins marqués par les aménagements anthropiques.

Des impacts de chantier modérés sont inéluctables vis-à-vis du patrimoine historique des bords de Loire et des paysages ligériens dans lesquels les travaux se dérouleront. Ils sont toutefois **temporaires et intégralement réversibles**.

VUE DE LA LOIRE, DEPUIS LE HAMEAU DE BELLEVUE, EN SITUATION D'ÉTIAGE MARÉE BASSE - ÉTAT ACTUEL



VUE DE LA LOIRE FUTURE, DEPUIS LE HAMEAU DE BELLEVUE, EN SITUATION D'ÉTIAGE MARÉE BASSE - ÉTAT PROJET À 50 ANS





Partie 8

Les effets **cumulés**



INCIDENCES CUMULÉES AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS OU APPROUVÉS

Il s'agit des projets :

- ayant fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique,
- ayant fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du code de l'environnement et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

11 projets connus ou approuvés ont ainsi été retenus. Aucun projet identifié n'a pour objet des travaux fluviaux du même type que les travaux du projet de rééquilibrage du lit de la Loire, des travaux de restauration ou de renaturation de cours d'eau au droit des 3 aires d'étude rapprochées. Ils sont présentés dans le tableau ci-contre.

Seuls, **6 projets sont directement situés au droit ou à proximité directe du lit de la Loire :**

- 3 dans les secteurs A, B et C où s'effectuent des travaux dans le lit de la Loire : le dévoiement de la RD 210 à Saint Florent le Vieil, le règlement d'eau de la Boire Torse, les prélèvements du captage de l'île Delage à Ancenis,

- et 3 en aval du pont de Bellevue (hors secteur de travaux) à au moins 6,5 km : la ZAC de Pirmil – Les Isles, la ZAC de l'île de Nantes Sud-ouest, les dragages entretien et clapages des sédiments à Couëron et Bouguenais.

Les 5 autres sont situés à plus de 300 m au moins du lit de la Loire :

- Extension et augmentation des effectifs d'un élevage de volailles à 1,5 km au sud,
- Drainage agricole de l'associant de drainants et d'irrigants de Ligné à 2,3 km au nord
- ZAC « Doulon Gohards » à 1,3 km au nord-ouest
- Bassin de la Hulonnaire à Thouaré-sur-Loire à 1,5 km au nord
- Travaux sur le bassin-versant de Goulaine de 300 m à plusieurs km au sud.

L'analyse détaillée de ces projets montre que les mesures de gestion des nuisances et des pollutions prises permettent de limiter les effets cumulés du programme de rééquilibrage avec les projets connus ou approuvés. Aucun effet cumulé significatif n'est à signaler.



Communes	Projet	Avis de l'AE ou arrêté d'autorisation loi sur l'eau	Commentaires
Saint Florent le vieil	Dévoisement de la RD 210	Avis de l'autorité environnementale du 28 février 2017	
St Laurent du Mottay	Extension et augmentation des effectifs d'un élevage de volailles	Avis tacite de l'autorité environnementale du 5 janvier 2016	
Fresne-sur-loire; Varades; Anetz et Montrelais	Règlement d'eau de la Boire Torse lié aux ouvrages hydrauliques	Avis de l'AE du 22 mai 2015	
Couffé, Le Cellier, Ligné, Mésanger, Saint-Mars-du-Désert	Drainage agricole de l'associant de drainants et d'irrigants de Ligné	Avis de l'AE du 6 juillet 2016	
Nantes	Création de la ZAC « Doulon Gohards »	Avis de l'AE du 6 septembre 2016	
Nantes	ZAC de Pirmil – Les Isles	Avis de l'AE du 19 janvier 2018	Projet fait aussi l'objet d'un dossier de demande d'autorisation environnementale
Nantes	ZAC de l'île de Nantes Sud-ouest	Avis de l'AE du 6 juillet 2016	
Couëron (site de Grand Pont) et Bouguenais (site de port Lavigne)	Dragage entretien et clapage des sédiments	Arrêté interpréfectoral du 25 janvier 2017 : - complémentaire à l'arrêté du 24 avril 2013 autorisant au titre de la loi sur l'eau le dragage d'entretien et clapage en mer des sédiments dans l'estuaire de la Loire, - autorisant deux zones de clapage internes à l'estuaire	Les deux nouvelles zones autorisées de clapage internes à l'estuaire sont les sites de Port Lavigne et de Grand Pont (aval de l'île de Nantes, hors aire d'étude rapprochée du secteur C) et risques.
Ancenis	Autorisation de prélèvement du captage de l'île Delage	Arrêté interpréfectoral du 17 octobre 2014	<i>Effets du projet sur le captage ont été analysés au titre des effets sur les usages et la gestion de l'eau (livrable milieu humain).</i>
Carquefou et Thouaré-sur-Loire	Amélioration hydraulique du bassin-versant du cours d'eau du Pré Poulain -bassins du Petit Billou et de la Hulonnière	Arrêté préfectoral du 22 octobre 2019	Travaux d'aménagement du bassin de la Hulonnière à Thouaré-sur-Loire
Le Loroux Bottereau, Le Landreau, Divatte sur Loire, La Chapelle Heulin, Saint Julien de Concelles, Vallet, La Remaudière et Haute-Goulaine	Travaux sur le bassin-versant de Goulaine	Arrêté préfectoral du 27 novembre 2018	
Sainte-Luce-sur-Loire, Basse Goulaine	Élargissement du pont de Bellevue	Stade études	Ce projet ne fait pas encore l'objet d'une instruction officielle par les services de l'Etat



Partie 9

Les **méthodes** utilisées
et les **difficultés rencontrées**



SOMMAIRE

1. L'IDENTIFICATION DES AIRES D'ÉTUDES	78
2. LES MÉTHODES UTILISÉES POUR RÉALISER L'ÉTAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT.....	78
3. LES MÉTHODES UTILISÉES POUR ÉVALUER LES EFFETS.....	78
3.1 les 4 « états » de référence.....	78
3.2 Définition des « effets ».....	78
3.3 La méthode générale utilisée pour évaluer les effets	79
3.4 Évaluer les effets sur le milieu physique	79
3.5 Évaluer les effets du projet dans les autres domaines.....	80



1. L'IDENTIFICATION DES AIRES D'ÉTUDES

L'aire d'étude globale correspond à la zone d'impact globale du projet, incluant les impacts indirects potentiels. Elle s'étend des Ponts-de-Cé (pk 147) à Saint-Nazaire. Elle comprend trois aires d'études rapprochées :

- le secteur A: entre le pk117 à l'amont et le pk103 à l'aval,
- le secteur B: entre le pk100 à l'amont et le pk79 à l'aval (Ile Perdue)
- le secteur C: entre le pk81 à l'amont et le pk55 à l'aval.

La zone expérimentale de travaux réalisés en 2008, située entre les Ponts-de-Cé et Chalonnnes (environ 20 km) ne sera pas impactée par le projet.

Pour les milieux biologiques, la notion d'aire d'étude globale varie selon les espèces, leur sensibilité écologique, leur aire de répartition, leur abondance... Une espèce commune et à faible enjeu sera ainsi étudiée à l'échelle du projet, tandis qu'une espèce migratrice sera étudiée à l'échelle du réseau hydrographique ligérien, à l'échelle nationale, voire à l'échelle européenne.

2. LES MÉTHODES UTILISÉES POUR RÉALISER L'ÉTAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

Elles sont de plusieurs types :

- recherches documentaires ;
- acquisition de données de terrain :
 - Topographiques, bathymétriques, sédimentologiques, débits pour le milieu physique
 - Investigations sur le milieu naturel réalisées entre 2016 et 2019
- La hiérarchisation des enjeux biologiques par croisement de différents critères de vulnérabilité écologique.

3. LES MÉTHODES UTILISÉES POUR ÉVALUER LES EFFETS

3.1 LES 4 « ÉTATS » DE RÉFÉRENCE

Les « états » qui ont fait l'objet d'une analyse des effets sont les suivants :

- **L'état actuel initial** ou état « 0 » du site avant mise en œuvre du projet.
- **L'état tendanciel. Il s'agit de l'évolution naturelle du site sur 50 ans, sans réalisation du projet.** Pour le décrire, on s'appuie sur des modélisations hydrauliques numériques.
- **L'état projet à court terme.** Il s'agit de l'état du site 1 ou 2 années après la mise en œuvre du projet.
- **L'état projet à long terme.** Il s'agit de l'état 50 ans après la mise en œuvre du projet. Comme l'état tendanciel, il est obtenu par modélisation numérique.

Enfin, la phase chantier fait l'objet d'une évaluation propre.

3.2 DÉFINITION DES « EFFETS »

Différents types d'effets sont évalués :

- les **effets temporaires** dont les répercussions sont limitées dans le temps et réversibles une fois les chantiers terminés. Ces effets sont généralement liés à la phase de chantier ;
- les **effets permanents** dont les répercussions sont irréversibles. Ils peuvent être liés à la phase de chantier, d'entretien et de fonctionnement du projet.

Ces deux types d'effets peuvent être définis comme :

- **des effets directs** : liés directement au projet, qu'ils soient dus à la construction/déconstruction des ouvrages ou à l'exploitation et à l'entretien de ces équipements. **Dans ce cas, il s'agit de comparer l'état actuel avec l'état projet à court terme.**
- **des effets indirects** : ne résultant pas directement du chantier ou du projet mais dont les conséquences peuvent apparaître dans

un délai plus ou moins long. **Dans ce cas, il s'agit de comparer l'état tendanciel avec l'état projet à long terme.**

3.3 LA MÉTHODE GÉNÉRALE UTILISÉE POUR ÉVALUER LES EFFETS

L'évaluation des effets a été établie sur la base :

- des données de l'état initial (bibliographie, expertises),
- de la modélisation des effets attendus du projet sur le milieu physique (résultats des modélisations hydrauliques et hydro-sédimentaires),
- du retour d'expériences issu d'autres projets.

Le programme de travaux porté par VNF est un programme de restauration. Sa vocation est donc d'améliorer l'environnement. Les effets sur le milieu physique, en particulier sur le fonctionnement hydro-sédimentaire de la Loire, sont une donnée d'entrée pour évaluer les effets sur l'ensemble des autres thématiques.

L'évaluation des effets sur le milieu biologique est essentiellement basée sur la détermination de l'évolution à terme de la Loire, croisée avec la dynamique naturelle des habitats en place.

Les enseignements des opérations expérimentales (notamment la mise en place des seuils du Fresne sur Loire et le remodelage des épis dans le secteur de Chalonnes sur Loire) ont été utilisés pour évaluer les effets du projet.

Une échelle de quantification commune à tous les thèmes a été établie pour évaluer les impacts négatifs et les bénéfiques du projet:



3.4 ÉVALUER LES EFFETS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

Démarche globale d'étude

La stratégie de rééquilibrage du lit de la Loire entre les Ponts-de-Cé et Nantes a été définie dans le cadre de l'étude pilotée par le GIP Loire Estuaire 2011-2013

Elle a été élaborée sur la base d'un modèle numérique hydro-sédimentaire global construit entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

Pour la phase opérationnelle, VNF a recruté un maître d'œuvre par secteur. Chacun d'eux a réalisé une modélisation numérique locale en 2D permettant d'apprécier finement les effets des travaux sur les lignes d'eau, les répartitions de débits et la morphologie. Ces modèles plus fins ont permis de calibrer au mieux les interventions. Une maquette au 1/100 a été réalisée entre Thouaré-sur-Loire et Nantes, pour évaluer plus finement les effets locaux de l'aménagement à Bellevue.

Les effets globaux du projet ont ensuite été évalués grâce au modèle global initial, couvrant la zone entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

Enfin, les effets du projet sur le fonctionnement de l'estuaire (marée, salinité, bouchon vaseux...) ont été évalués grâce au modèle en 3D de l'estuaire d'Ancenis à Saint-Nazaire.

Les difficultés rencontrées

Les effets hydrosédimentaires envisagés sont issus de modélisations mathématiques complexes, qui représentent la réalité de manière simplifiée. Ces outils ne sont pas prédictifs et permettent uniquement d'apprécier les tendances globales d'évolution du lit et des niveaux d'eau. Ce sont des outils d'aide à la décision et les résultats présentés doivent être considérés comme tel.

NIVEAU D'OBJECTIF FIXÉ PERMETTANT D'ÉTABLIR L'INTENSITÉ DU GAIN ÉVALUÉ

Critères	Objectif
Rééquilibrage longitudinal	Augmentation du volume sédimentaire dans le chenal de 1 500 000 de m ³ de sable
Rééquilibrage longitudinal – Rehausse du fond du lit	Rehausse de la ligne d'eau à Bellevue de 1,8 m environ à l'étiage marée basse pour restaurer l'équilibre mer/fleuve
Rééquilibrage longitudinal – Rehausse de la ligne d'eau	Rehausse de la ligne d'eau dans les secteurs A et B du même ordre que pour les démantèlements d'épis entre Chalonnes et Bouchemaine, soit 20 à 30 cm.
Rééquilibrage latéral – connexion des annexes	Connexion avec continuité hydraulique de l'annexe concernée à l'étiage.
Rééquilibrage latéral – mobilité du chenal sur la partie fluvial	Pas de critères définis les réponses sont jugées au regard des résultats obtenus lors des expérimentations entre Chalonnes et Bouchemaine

Une démarche spécifique pour évaluer les effets liés aux objectifs hydrosédimentaires du projet

Certains effets liés aux objectifs des travaux doivent faire l'objet d'une évaluation spécifique. Il s'agit notamment des effets sur :

- les lignes d'eau et le niveau de fond (équilibre longitudinal)
- la mobilité du chenal, le miroir d'eau et la connexion des annexes hydrauliques.

Lorsque le projet répond aux objectifs recherchés, le bénéfice est jugé fort. Il est atténué progressivement selon le niveau d'atteinte de l'objectif.

3.5 ÉVALUER LES EFFETS DU PROJET DANS LES AUTRES DOMAINES

La nature des effets du projet sur les composantes biologiques

L'effet du projet sur les habitats naturels et les espèces doit être défini selon :

• Les impacts :

- la dégradation du milieu naturel et d'habitats d'espèces causée par la circulation d'engins, le piétinement, la destruction de la végétation, lors du chantier. Cet impact est d'autant plus élevé que les habitats concernés sont rares et menacés. La disparition définitive des habitats est particulièrement préjudiciable pour les espèces peu adaptables ou possédant un petit territoire ;
- L'isolement des populations ou des différents compartiments de l'habitat, préjudiciable pour les espèces utilisant différents milieux pour effectuer leur cycle biologique ;
- Les perturbations liées au chantier qui peut être source de pollution des milieux aquatiques et de l'air, de nuisances sonores ou olfactives (produits toxiques, hydrocarbures, matières en suspension, poussières, etc.) préjudiciables à la faune et pouvant conduire les espèces les plus sensibles à désertir temporairement le site ;
- La destruction directe d'individus lors des travaux

• Les bénéfices :

- L'amélioration de la fonctionnalité des habitats
- le rétablissement de la continuité écologique, favorisant les échanges entre les populations et la colonisation de nouveaux milieux.
- La disponibilité des habitats aquatiques du chenal principal et celle des annexes hydrauliques

Ces effets peuvent avoir diverses implications spatiales et temporelles :

- **Durée de l'effet :** cette notion permet d'évaluer la période pendant laquelle les répercussions du projet seront ressenties sur le milieu ou l'espèce considérée. L'effet peut ainsi être permanent ou temporaire
- **Portée de l'effet :** cette notion fait référence à l'aire géographique sur laquelle sera ressenti l'effet. L'effet peut ainsi avoir une portée locale (le projet affecte une espèce localisée à l'intérieur ou à proximité directe des zones de travaux), régionale (le projet est

ressenti sur un vaste territoire ou à une distance importante), ou encore nationale et plus (le projet peut remettre en cause la **responsabilité** de la France sur le maintien de l'état de conservation de certains habitats ou espèces).

- **Imbrication de l'effet** : cette notion fait référence aux possibles répercussions cumulées des travaux avec d'autres projets de travaux pouvant affecter les habitats et les espèces

Un compromis entre une approche objective et le dire d'experts

Une difficulté majeure de l'évaluation consiste à définir avec justesse l'intensité de l'impact ou du bénéfice écologique.

La méthode choisie se base à la fois sur des paramètres d'évaluation objectifs et sur le dire d'experts. Les paramètres d'évaluation s'inspirent de l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire mise en œuvre par le Muséum national d'histoire naturelle. Le « dire d'experts » permet de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus.

Les difficultés rencontrées pour évaluer les effets sur le milieu biologique

Les difficultés rencontrées lors de la réalisation des différentes modélisations se répercutent sur le milieu biologique. En effet, l'évolution des écosystèmes est fondée sur une extrapolation des résultats des modèles concernant l'évolution morphologique du lit de la Loire (évolution des fonds, des niveaux d'eau, etc.).

D'autres difficultés proviennent de la dynamique des milieux. Les habitats et espèces se développant au niveau de la Loire sont pour la plupart soumis à une dynamique fluviale importante. Ce fonctionnement naturel du fleuve entraîne la disparition de certains milieux en période de crue pour se réinstaller à l'étiage. Pour certains, leur localisation pourra être modifiée par le projet. La localisation précise des espèces en année n+1 ne peut donc pas toujours être précisée.

Approche fonctionnelle

L'analyse de la biodiversité doit se fonder sur la fonctionnalité des milieux présents, nécessitant une approche dynamique croisée entre évolutions morphologiques et évolutions biologiques.

Les méthodes utilisées pour évaluer les effets sur le milieu humain et le patrimoine

L'évaluation des effets sur le milieu humain est essentiellement basée sur les retours d'expérience des opérations similaires menées sur la partie fluviale.

Quelques points ont fait l'objet d'une évaluation particulière

- La thématique inondation a fait l'objet de modélisations spécifiques :
 - une modélisation globale en 1 dimension sur l'ensemble du secteur d'étude
 - une modélisation locale en 2D autour du secteur de Bellevue, compte tenu des enjeux présents
- La thématique navigation sur le secteur C de Bellevue, a été appréhendée par une étude de trajectographie spécifique.

Conclusion

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire, porté par Voies navigables de France, a pour ambition d'enrayer les déséquilibres hydromorphologiques et écologiques du système fluvial entre les Ponts-de-Cé et Nantes, causés par les grands travaux d'aménagement des 19^e et 20^e siècles.

Il s'inscrit dans le Contrat pour la Loire et ses annexes. Le programme comprend deux grands principes d'actions et trois secteurs d'interventions, avec pour **objectifs** :

- **Le réengrèvement du fond du lit et le rehaussement des lignes d'eau d'étiage ;**
- **La reconquête d'une dynamique fluviale plus naturelle au sein du lit et des bras ;**
- **L'amélioration des fonctionnalités écologiques et de la richesse biologique au sein du lit et des annexes fluviales.**

La démarche d'étude employée a permis d'évaluer **les impacts directs et indirects du projet, en phase chantier et à terme, sur et entre les différents compartiments** (milieu physique, biologique, humain, patrimoine et paysage). Pour cela, différents modèles numériques ont été créés, des inventaires de terrain ont été réalisés, des études spécifiques ont été menées. Les effets bruts ont été déterminés pour chaque enjeu relatif à chaque compartiment. La démarche **ERC « éviter, réduire, compenser »** a été utilisée afin de proposer des mesures appropriées permettant d'optimiser les effets bénéfiques des aménagements et de limiter les effets négatifs bruts (principalement causés en phase chantier) pour atteindre des **impacts résiduels acceptables**.

Ces études montrent que le remodelage des épis (arasement, raccourcissement, suppression) permettra de **favoriser la dynamique hydro-sédimentaire** aujourd'hui contrainte par les systèmes d'épis et les ouvrages transversaux bloquant la libre circulation des espèces et des sédiments au sein des annexes fluviales (bras secondaires et boires). **L'espace de mobilité du fleuve sera augmenté, les conditions physiques seront plus variées,**

la diversité d'habitats et d'espèces inféodées à ces milieux sera favorisée. La réouverture des bras secondaires permettra une connexion plus fréquente et plus longue des annexes fluviales qui seront ainsi **mieux accessibles aux espèces; les corridors écologiques seront plus fonctionnels.** La meilleure alimentation en eau des annexes fluviales permettra aussi **de conforter ou de diversifier ces milieux humides et les fonctions qu'ils exercent** (zones refuges, sites de reproduction, territoire d'alimentation...). Les épis seront également **moins visibles** dans le futur permettant de **restaurer des paysages ligériens plus typiques de la Loire aval.**

L'ouvrage de Bellevue, à l'image de l'ancien seuil rocheux naturel, a pour but de **recréer une zone de transition entre la Loire estuarienne aval, profonde et chenalisée, et la Loire en amont à restaurer.** L'aménagement, en ralentissant la vitesse d'écoulement et en réduisant la pente de la ligne d'eau **favorisera le dépôt de sédiments et ainsi le réengrèvement du fond du lit.** Sur l'aire d'étude globale, la rehausse des fonds à 50 ans sera environ 30 % plus importante avec l'ouvrage et plus rapide qu'en son absence : à 30 ans, la rehausse sera 70 % plus importante que sans l'ouvrage. L'effet combiné des actions du programme permettra ainsi d'atteindre **un dépôt de plus de 1,5 million de mètres cubes de sédiments** dans le chenal navigable par rapport à une situation sans mise en œuvre du projet, conformément aux objectifs fixés initialement. L'élévation de la ligne d'eau, à marée basse, est principalement induite par l'ouvrage lui-même. **Cette rehausse augmentera la surface du miroir d'eau et permettra de connecter plus souvent et plus longtemps les annexes fluviales situées dans sa zone d'effet direct.** Les ouvrages à créer ont été optimisés de façon à ne pas **augmenter le risque inondation**, notamment dans le secteur de

Bellevue. La navigation devra quant à elle, à terme et en dessous de 350 m³/s s'adapter aux heures de marée. Enfin, il existe un impact résiduel négatif sur les populations de Scirpe triquètre qui se verront ennoyées et devront ainsi migrer pour s'adapter aux nouvelles conditions écologiques. Cet impact est intrinsèque à l'effet recherché du projet, à savoir le rehaussement de la ligne d'eau d'étiage à basse mer, induisant une réduction du marnage.

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire tel que présenté doit permettre de restaurer une dynamique fluviale et un fonctionnement plus équilibré entre les Ponts-de-Cé et Nantes. Il répond aux objectifs fixés par l'opération et est jugé bénéfique pour l'environnement.

Le détail des enjeux et des effets est expliqué dans les différents livrables thématiques constituant le dossier d'autorisation environnementale.

Un dispositif d'évaluation de suivi global des actions du contrat pour la Loire et ses annexes comprenant le programme de rééquilibrage du lit de la Loire d'une part et les actions de restauration des annexes fluviales d'autre part, a été élaboré par le GIP Loire Estuaire en collaboration avec le Conservatoire d'espaces naturels des Pays de la Loire et avec la participation de nombreux experts. Une vingtaine d'indicateurs, organisés de manière transversale et systémique, y sont intégrés afin d'évaluer, a posteriori, les évolutions hydromorphologiques induites par le projet et les modifications écologiques, paysagères et sur les usages qui en découlent. Ils seront mis en place dès les actions de restauration effectuées, sur plusieurs années, et seront comparés à un état initial avant projet.



Glossaire

Amont: Partie du cours d'eau située entre le point d'observation et la source, c'est-à-dire le côté d'où provient l'écoulement.

Annexes fluviales: Ensemble de zones humides alluviales en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connexions soit superficielles soit souterraines: îles, bancs alluviaux, bras secondaires, bras morts, prairies inondables, forêts alluviales, ripisylves, sources et rivières phréatiques. Ces espaces constituent d'importantes zones de transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique; ils offrent une grande variété d'habitats et jouent un rôle déterminant dans le cycle de vie de nombreuses espèces.

Aval: Partie du cours d'eau située entre le point d'observation et l'embouchure, soit l'estuaire de Saint-Nazaire dans le cas de la Loire.

Bassin de marée: Espace permettant de faire remonter l'onde de marée dans le fleuve pour favoriser la navigation.

Bathymétrie: Mesure de la profondeur des mers, cours d'eau et autres étendues d'eau en vue de déterminer la configuration de leurs fonds.

Boire: Annexe fluviale déconnectée du lit principal par l'amont et/ou l'aval. Ce type d'annexe ne participe à l'écoulement des eaux qu'en période de débit moyen ou de crue et reçoit fréquemment les eaux d'un affluent ou bien est alimenté par la nappe alluviale.

Bouchon vaseux: Phénomène naturel des estuaires où les sédiments fins et les matières organiques naturelles se mélangent et forment une zone très trouble, avec une forte concentration de matières en suspension dans l'eau.

Chenal principal: Correspond au bras principal de la Loire, en eau toute l'année.

Chenal de navigation: Section réservée à la navigation des bateaux. Le chenal de navigation de la Loire est situé sur son bras principal et est délimité par balisage.

Chenal secondaire: Correspond aux bras secondaires de la Loire, en eau une grande partie de l'année ou toute l'année.

Chevrette: Ouvrage édifié dans le lit mineur, en amont des bras secondaires, pour diriger les écoulements vers le chenal de navigation.

Corridor écologique: Connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie.

Déroctage: Opération de destruction d'une structure rocheuse. Sur la Loire, un déroctage a été expérimenté sur une partie des fonds rocheux de Bellevue afin d'y déplacer le chenal de navigation.

Duis: Petite digue submersible édifiée dans le lit de la Loire, parallèlement ou obliquement à l'écoulement, destinée à diriger les écoulements vers le chenal de navigation.

Domaine public fluvial: Domaine constitué des cours d'eau et lacs appartenant à l'État, aux collectivités territoriales ou à leurs groupements. La délimitation des cours d'eau domaniaux est déterminée par décret en Conseil d'État.

Épis: Ouvrage en enrochement, perpendiculaire au lit du fleuve, destiné à améliorer les conditions de navigation en concentrant les écoulements. Entre les Ponts-de-Cé et Nantes, près de 750 épis ont été créés au XX^e siècle.

Érosion progressive: Mécanisme d'érosion se propageant vers l'aval d'un cours d'eau. Le point de départ d'une érosion progressive est une intervention, souvent d'origine humaine, provoquant un déficit de matériaux alluvionnaires (construction d'un barrage ou d'un seuil, prélèvements d'alluvions dans le lit mineur).

Érosion régressive: Phénomène d'érosion qui se propage de l'aval vers l'amont. La Loire a connu un épisode d'érosion régressive entre Nantes et Ancenis à la fin du XX^e siècle.

Espèce protégée: Espèce végétale ou animale bénéficiant d'un statut de protection légale pour des raisons d'intérêt scientifique ou de nécessité de préservation. Les travaux sur des zones accueillant des espèces protégées doivent respecter de nombreuses règles pour les préserver elles et leur habitat.

Étiage: Correspond à la période de l'année où le débit, et par conséquent le niveau, d'un cours d'eau est au plus bas. Pour la Loire, le niveau d'étiage est généralement atteint en septembre.

Habitat naturel: Espace homogène de par ses conditions écologiques et sa végétation (forêt, marais, ripisylve, etc.).

Habitat d'espèce: Espace dont les conditions écologiques sont favorables au développement d'une espèce animale, notamment pour son alimentation ou pour sa reproduction.

Incision du lit: Désigne un enfoncement généralisé du fond d'un cours d'eau, résultat d'une érosion régressive ou d'une érosion progressive.

Levée: Digue construite en bord de Loire en vue de protéger les terrains émergés des crues du fleuve.

Ligne d'eau: Ligne de points définissant l'altitude atteinte par le cours d'eau pour un débit donné.

Lit mineur: Espace d'un cours d'eau où l'écoulement s'effectue la majeure partie du temps. Cet espace est généralement délimité par des berges.

Maître d'ouvrage: Personne physique ou morale pour laquelle un projet est mis en œuvre ou réalisé. Il en est le commanditaire. Il définit un cahier des charges et par conséquent les besoins, le budget et le calendrier prévisionnel des travaux.

Modélisation: La modélisation est la représentation d'un système par un autre, plus facile à appréhender. Il peut s'agir d'un système mathématique ou physique. Le modèle sera alors numérique ou analogique.

Ouvrages de navigation: Ouvrage édifié par l'homme pour améliorer les conditions de navigabilité du fleuve. En Loire, il s'agit d'ouvrages en enrochement: les épis, duis et chevrettes.

Pente d'équilibre: Pente avec laquelle l'action érosive de l'eau peut être compensée par les apports sédimentaires.

Ripisylve: Végétation qui se développe sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau dans la zone frontière entre l'eau et la terre. Elle exerce une action sur la géométrie du lit, la stabilité des berges, la qualité de l'eau, la vie aquatique, la biodiversité animale et végétale.

Sédiments: Particules en suspension dans l'eau, qui se déposent progressivement au fond d'un cours d'eau.

Seuil: Rupture de pente du lit d'une rivière, engendrant ponctuellement une accélération du courant, voire une chute d'eau. Un seuil peut aussi être un ouvrage artificiel créé pour rehausser le niveau d'eau en amont. Un seuil peut comprendre une échancre, c'est-à-dire un passage.

Tirant d'eau: Hauteur de la partie immergée d'un bateau. Si un bateau est chargé, son tirant d'eau augmente.

Zone humide: Terrain, exploité ou non, habituellement inondé ou gorgé d'eau douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire.

ABRÉVIATIONS

AE	Autorité Environnementale
AELB	Agence de l'Eau Loire Bretagne
CE	Code de l'Environnement
CEN	Conservatoire d'Espaces Naturels
CLA	Contrat pour la Loire et ses Annexes
CNDP	Commission nationale du débat public
CNPN	Conseil National de la Protection de la Nature
DPF	Domaine Public Fluvial
EIE	Étude d'Impact sur l'Environnement
EP	Enquête Publique
ERC	Éviter Réduire Compenser
GIP	Groupement d'Intérêt Public
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux et Activités susceptibles d'avoir un effet sur l'eau et les milieux aquatiques
UTI	Unité Territoriale d'Itinéraire (au sein de VNF)
VNF	Voies Navigables de France

Publications: Voies navigables de France / Direction territoriale Bassin de la Seine
Conception/réalisation: Groupe Rouge Vif
Crédits photo: Alexandra LEBON / CLD Pidé / THEMA Environnement / EGIS-CNR
Impression: Espace repro

