



Rééquilibrage de la Loire : un programme d'actions 2015-2020

Le plan Loire Grandeur Nature

L'aménagement du fleuve pour la navigation, l'extraction massive de sable, le creusement du bassin à marée et les activités humaines ont perturbé les équilibres de la Loire, aggravant les phénomènes d'érosion et d'incision du lit. Les conséquences sont diverses : chute des fonds et de la ligne d'eau, augmentation des pentes et des vitesses d'écoulement, déstabilisation d'ouvrages (quais, ponts), déconnexion des boires avec le bras principal, intrusion de la marée et du bouchon vaseux... Face à ces phénomènes et depuis plus de 20 ans, les acteurs se mobilisent autour du Plan Loire Grandeur Nature pour que le fleuve retrouve son équilibre.

La stratégie de reconquête

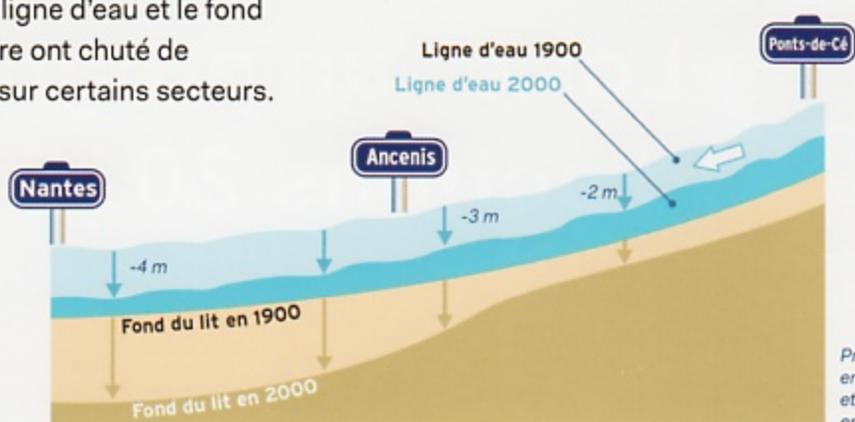
Pour contrer cette évolution et contribuer à un fonctionnement plus naturel du fleuve, une stratégie de reconquête du lit de la Loire a été définie par le GIP Loire Estuaire, sur la base d'une étude menée par Setec Hydratec en 2013.

Cette stratégie doit permettre de freiner, voire d'inverser l'évolution que l'on constate aujourd'hui. Néanmoins, le déficit en sédiments et la modification de la pente du lit sont telles que l'on ne pourra restaurer à court terme la ligne d'eau observée à la fin du XIX^e siècle.

La mise en œuvre de la première phase de cette stratégie est concrétisée dans le cadre du Contrat pour la Loire et ses Annexes, signé en septembre 2015. L'Établissement public, Voies navigables de France (VNF), gestionnaire du réseau fluvial, est l'un des principaux acteurs pour la mise en œuvre de ce contrat sur la période 2015-2020.

Mieux comprendre les phénomènes d'érosion du fleuve

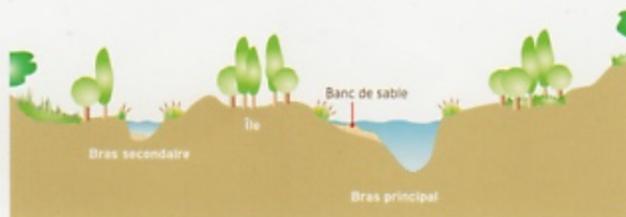
En un siècle, la ligne d'eau et le fond du lit de la Loire ont chuté de plusieurs mètres sur certains secteurs.



Profil en long de la Loire entre les Ponts-de-Cé et Nantes - Évolution entre 1900 et 2000

D'ÉQUILIBRE...

Dans un fleuve non perturbé, le sable et l'eau se répartissent entre différents bras et chenaux. Ces derniers peuvent changer de place et de forme d'une année à l'autre, permettant ainsi « la respiration du fleuve ».



Profil en travers de la Loire avant aménagements anthropiques

... EN DÉSÉQUILIBRE

Les aménagements et les extractions de matériaux ont modifié la morphologie du fleuve : le lit de la Loire est endigué par les levées, le lit mineur corseté par les épis et les bras secondaires sont déconnectés.



Profil en travers de la Loire après aménagements anthropiques

REPRENDRE LA BONNE PENTE

Pour contrer cette dynamique d'érosion et permettre une restauration progressive du transit sédimentaire, la première phase du programme d'actions porté par VNF comprend :

- une action structurante dans le lit à Bellevue assurant la transition entre la Loire estuarienne profonde fortement incisée et le bief amont à restaurer. Les travaux permettront de réduire les pentes hydrauliques et donc les vitesses d'écoulement, et favoriser les dépôts de sédiments ;
- des actions de décorsetage du lit (remodelage d'épis, ouverture de bras secondaires) adaptées aux configurations locales et ordonnancées de façon cohérente afin de libérer les alluvions piégées entre les épis et favoriser le processus de dépôt dans le bras principal.



© VNF / Alexandra LEDON

LE PROGRAMME EN QUELQUES CHIFFRES

42 M€ TTC d'études et travaux

1,5 Mm³ de dépôts de sable attendus en 10 ans entre Bellevue et Ancenis

20 km de lit traité, répartis sur les 3 sites

4 opérations, 3 maîtres d'œuvre pour 3 secteurs (Bellevue, Oudon-Anetz et Ingrandes-Montjean)

Les zones d'intervention VNF sur le lit mineur



1 Aménagement de Bellevue

Créer une perte de charge suffisante pour favoriser le dépôt des sédiments.

- 2016 - 2019
- 2018 - 2019
- 2020

2 Remodelage des épis entre Oudon et Anetz

Libérer les matériaux piégés entre les épis et restaurer la bande active du lit.

- 2016 - 2017
- 2018
- 2019-2020

3 Démontage des boudins en géotextile des seuils du Fresne

Actions de suivi de l'évolution du lit et de remodelage des épis entre Ingrandes et Montjean-sur-Loire.

- 2016 - 2017
- 2018
- 2019-2020

4 Réouverture du bras de l'île de Neuve Macrière et rechargement du bras principal

Rééquilibrer les débits entre les deux bras et réactiver le transit sédimentaire dans le bras secondaire.

- 2016 - 2019
- 2018 - 2019
- 2019-2020

Opérations expérimentales déjà réalisées (Plan Loire II et III)

Études de maîtrise d'œuvre et réalisation des dossiers réglementaires

Obtention des autorisations administratives

Démarrage des travaux

Sources : CEN, VNF, GIPLE - Réalisation GIPLE

LE PHASAGE DES ÉTUDES

— Les études préliminaires (EP)

Des ébauches dessinent les contours des solutions techniques envisageables pour atteindre les objectifs visés. Une analyse multicritères doit permettre de guider le choix du ou des scénarios à étudier plus en détail.

— L'avant-projet (AVP)

Le cœur de la conception ! Modèle numérique du fleuve et modélisation physique du site de Bellevue sont au programme pour définir et dimensionner la configuration des aménagements. Différents scénarios ou variantes sont testés sur ordinateur, voire en modèle réduit, pour sélectionner la meilleure solution technique.

— Le projet (PRO)

On cale les derniers détails, on organise le chantier : modalités de construction, accès, pistes... rien n'est laissé au hasard. Le moindre détail des travaux est arrêté à ce stade. Le planning et le coût des travaux sont plus précis.

— L'enquête publique

La présentation des actions prévues et l'évaluation environnementale de leurs effets seront présentés au public. Chacun pourra ainsi s'exprimer librement sur le projet présenté.

Tout au long des études, des réunions de concertation seront organisées avec les acteurs du territoire pour qu'à chaque étape, les choix puissent être discutés et partagés.



Le contrat pour la Loire et ses Annexes 2015-2020

En septembre 2015, l'État, l'agence de l'eau Loire-Bretagne, la Région Pays de la Loire, VNF et d'autres maîtres d'ouvrage ont signé le Contrat pour la Loire et ses Annexes.

Ce contrat vise le rééquilibrage morphologique du lit mineur de la Loire et le bon fonctionnement écologique des milieux qui lui sont associés. Il décline, sur la période 2015-2020, une stratégie d'actions structurantes sur la Loire de Nantes à Montsoreau.

Les fonctionnalités hydro-écologiques entre le fleuve et ses annexes ne sont plus assurées du fait de l'enfoncement du lit mineur de la Loire et de l'absence de gestion cohérente des boires et des bras secondaires.

Le plan d'action vise un objectif général :

- de rééquilibrage longitudinal du fleuve (réduction de la pente de la ligne d'eau et du fond);
- de rééquilibrage latéral du lit mineur (extension de l'espace de mobilité);
- d'amélioration de la connectivité des annexes fluviales et des bras secondaires en fonction des différents débits de la Loire;
- d'amélioration du fonctionnement actuel des annexes par des travaux de restauration, suivis d'éventuels travaux d'entretien.

Deux structures co-animent ce contrat :

Le GIP Loire Estuaire et le Conservatoire d'espaces naturels Pays de la Loire.

Pour en savoir plus : <http://contrat-loire-annexes.fr>

Le maître d'ouvrage et ses missions

Voies navigables de France (VNF) est le maître d'ouvrage du programme de rééquilibrage du lit de la Loire entre les Ponts-de-Cé et Nantes.

Établissement public administratif placé sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, il est en charge de l'entretien et de l'exploitation du réseau navigable, soit 6 700 km de fleuves, de canaux et de rivières aménagées en France, plus de 3 000 ouvrages d'art ainsi que des dépendances du domaine public fluvial. Il a également pour mission d'améliorer le service qu'il apporte aux usagers de la voie d'eau et de concilier les nécessités de la navigation fluviale avec les différents usages de l'eau et la préservation des milieux aquatiques.

La Direction territoriale Bassin de la Seine de VNF gère la Loire entre Nantes et Bouchemaine.

Contact VNF : Direction territoriale Bassin de la Seine / Unité Territoriale d'Itinéraire Loire

Tél. : 02.40.67.26.01 courriel : uti.loire@vnf.fr

Le financement

Le programme de rééquilibrage du lit de la Loire est estimé à 42 millions d'euros (études et travaux). Il est cofinancé par :

- FEDER : 20 %
- Région Pays de la Loire : 30 %
- Agence de l'eau Loire Bretagne : 45 %
- VNF : 5 %



Présentation du projet

UN OBJECTIF MAJEUR : REDRESSER LA PENTE DU LIT

L'opération de Bellevue a pour objectif de réduire la pente de la ligne d'eau afin de favoriser le dépôt d'une partie du sable transporté par le fleuve. Elle constitue la clé de voute de la stratégie de restauration du lit et sans doute l'action la plus délicate à réaliser car il s'agit d'obtenir le meilleur résultat tout en minimisant les impacts sur les usages, le milieu naturel et les lignes d'eau en crue.

LE VEROU NATUREL DE BELLEVUE

Le seuil rocheux naturel de Bellevue jouait autrefois un rôle essentiel de contrôle de la ligne d'eau en période d'étiage. Dans les années 60, ce seuil a fait l'objet d'un déroctage pour les besoins de la navigation, puis d'un contournement par dragage du lit au sud dans les années 70. Couplées au creusement du bassin à marées en amont de Nantes, ces opérations ont profondément bouleversé l'équilibre général de ce secteur.

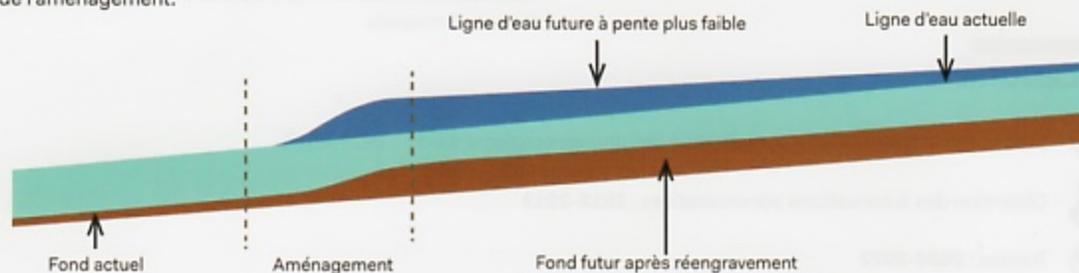


© Photo : Setec-Hydratic

Le seuil rocheux visible à Bellevue

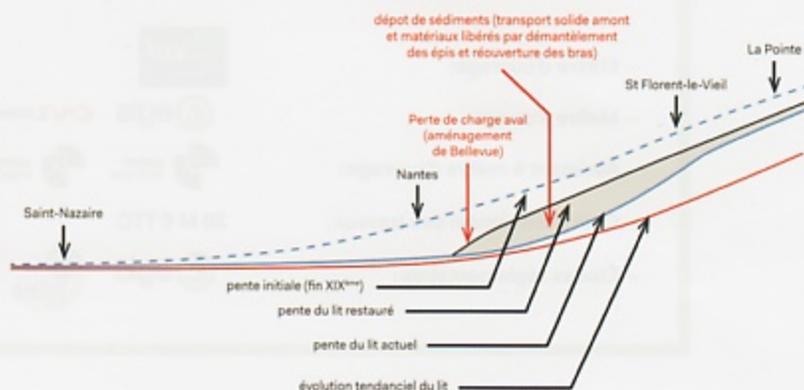
REDRESSER LA PENTE... MAIS COMMENT FAIRE ?

Dans un premier temps, l'opération consiste à recréer une zone de ralentissement sur le chemin de l'eau. Par des resserrements du lit et/ou des rugosités sur près d'un kilomètre, l'aménagement doit créer, ce que les hydrauliciens appellent une « perte de charge » d'environ 1m. Il s'agit de rehausser la ligne d'eau et de ralentir les écoulements en amont de l'aménagement.



ET ENSUITE ?

C'est la Loire qui reprendra son cours. Le sable charrié par le fleuve doit naturellement se redéposer sous l'effet du ralentissement des écoulements, contribuant ainsi au rehaussement progressif des fonds. Environ 1,5 millions de tonnes de sable doivent ainsi se redéposer entre Bellevue et Ancenis, suite à l'aménagement.



Un peu de technique...

VNF A PROGRAMMÉ PLUSIEURS PHASES D'ÉTUDES DE MODÉLISATION :

Modélisation numérique Un modèle bidimensionnel du fleuve sera réalisé sur un linéaire de 14 km entre le pont de Mauves-sur-Loire en amont et l'île Beaulieu en aval. Le logiciel utilisé sera TELEMAC-2D autorisant le couplage des calculs hydrauliques et de transport sédimentaire. Le modèle numérique donnera une vision globale des écoulements en situation naturelle et pour différentes configurations d'aménagement et aidera au choix de la solution à étudier finement sur modèle physique.

Modèle physique : Le modèle physique sera réalisé dans le secteur de Bellevue sur un linéaire de 4 km environ. Cela consiste à réaliser une maquette à échelle réduite (1/100 en plan) de la Loire afin d'analyser les mouvements de sable qui résulteront de l'aménagement. Dans un premier temps, une maquette de la situation sans aménagement sera réalisée afin de reconstituer les mécanismes du transit sédimentaire actuel. Dans un second temps, une maquette de la situation future sera construite et mise en eau selon les mêmes modalités afin de tester l'impact des aménagements sur l'évolution du lit en amont.

Hybridation des deux modèles La démarche de modélisation hybride consiste à coupler un modèle physique avec un modèle numérique des écoulements, de façon à pouvoir interagir entre les deux modèles en phase de conception. L'utilisation en parallèle de ces deux outils permet de bénéficier des avantages des deux approches et rend plus fiable leur exploitation.



Le hall d'essai de la CNR, pour la réalisation de la maquette

© Photo : CNR



Exemple de maquette

© Photo : CNR

CALENDRIER



Études de maîtrise d'œuvre et réalisation des dossiers réglementaires : **2016-2019**



Obtention des autorisations administratives : **2018-2019**



Travaux : **2020-2022**

— Maître d'ouvrage :



— Maître d'œuvre :



CNR INGENIERIE

— Assistant à maître d'ouvrage :



— Coût prévisionnel des travaux :

20 M € TTC

— Études réglementaires :



Études préliminaires

UN OBJECTIF, PLUSIEURS SCÉNARIOS

Un objectif a été fixé dans le Contrat pour la Loire et ses Annexes pour le secteur de Bellevue : rehausser la ligne d'eau en amont de l'aménagement pour ralentir les écoulements et favoriser le dépôt de sable. Plusieurs scénarios ont été définis par le maître d'œuvre, EGIS/CNR, dans le cadre du programme défini par VNF et ses partenaires. Présentés en concertation le 10 novembre 2016, ces scénarios ont été comparés pour sélectionner ceux qui répondent le mieux aux objectifs du projet, aux enjeux du site et aux attentes territoriales.

OÙ POSITIONNER L'AMÉNAGEMENT ?

L'aménagement doit-il être positionné en amont ou en aval du pont de Bellevue ? Sur un bras unique ou sur deux bras du fleuve ? Quelle sera l'incidence sur le pont ? Et sur le marais de Goulaine, le boireau de Saint-Sébastien ou encore sur l'Angélique des Estuaires, plante emblématique du secteur ? Autant de questions débattues en concertation et examinées par EGIS et CNR pour orienter la suite des études et l'analyse multicritères. Les études concluent qu'un aménagement en amont du Pont de Bellevue, prenant en compte les piles du pont pour éviter tout problème d'érosion local, apparaît le plus adapté.

4 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Quatre scénarios ont été étudiés par le maître d'œuvre, intégrant des idées ou propositions issues de la concertation de novembre 2016 et du comité technique du Contrat pour la Loire et ses Annexes du 15 décembre 2016.



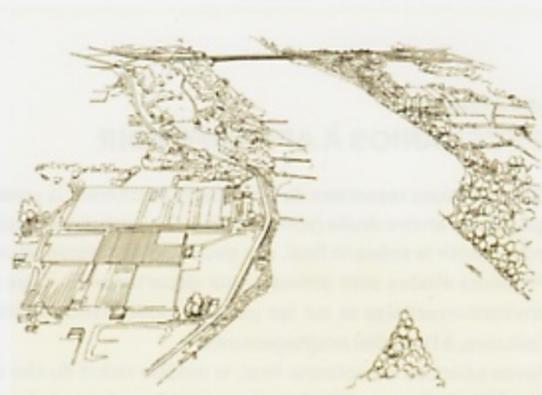
Scénario A : Contraction latérale et épis – Chenal rive gauche



Scénario B : Contraction latérale et îlots – Chenal rive gauche



Scénario C : Contraction latérale avec ou sans îlots – Chenal rive droite



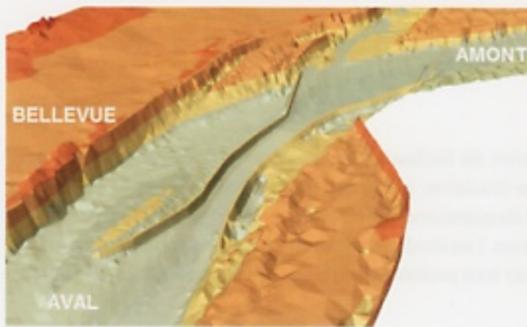
Scénario D : Macrorugosités de fond et îlots – Chenaux multiples

Un peu de technique...

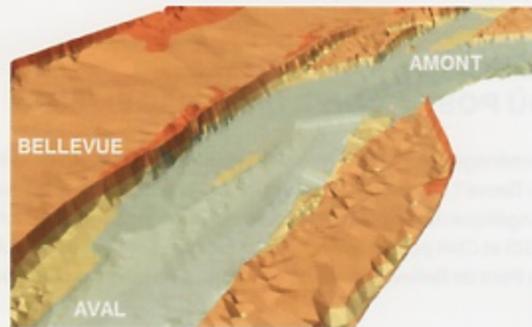
OPTIMISATION HYDRAULIQUE PAR MODÉLISATION

L'outil de modélisation numérique TELEMAC-2D a été utilisé pour optimiser la conception des 4 scénarios sur le plan hydraulique. L'objectif était d'améliorer les ouvrages afin d'obtenir une efficacité maximale pour les débits faibles à moyens, et une transparence hydraulique pour les débits forts.

L'emprise modélisée couvre 15 km du fleuve, de l'amont de l'île Beaulieu à Nantes jusqu'au pont de Mauves-sur-Loire.



Scénario B vue par le modèle numérique
Débit de Loire 220 m³/s à marée basse



Scénario C vue par le modèle numérique
Débit de Loire 220 m³/s à marée basse

ANALYSE MULTICRITÈRES

Après optimisation des scénarios, plusieurs critères objectifs ont été définis pour comparer et différencier les solutions entre elles :

- la performance attendue du projet : efficacité hydraulique et sédimentaire, qualité de transition avec l'aval, évolution attendue à long terme...;
- les gains et incidences potentielles sur l'environnement, le paysage et les usages : emprise directe de l'aménagement, artificialisation du paysage, franchissabilité piscicole, incidence sur la pêche et la navigation...;
- la faisabilité technique et financière : coût des travaux, disponibilité des matériaux, facilité de mise en œuvre...

	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario D
Performance attendue du projet		++		
Gains et incidences potentielles sur l'environnement et le paysage			++	
Faisabilité technique et financière			++	

2 SCÉNARIOS À APPROFONDIR

Deux solutions ressortent de l'analyse multicritères : la contraction du chenal avec un positionnement de ce dernier en rive gauche ou en rive droite (scénarios B et C – vues ci-dessus). Afin de garantir le meilleur niveau de connaissance technique pour choisir le scénario final, ces deux solutions seront étudiées au stade d'avant-projet sommaire.

Plusieurs études sont prévues pour départager les deux scénarios : analyses géotechniques, analyse des incidences environnementales et sur les usages, modélisation hydraulique de l'ensemble du bief et modélisation des effets sur l'estuaire, à l'aval des aménagements.

Après sélection du scénario final, le modèle réduit du site d'aménagement permettra d'observer et de vérifier l'incidence physique de l'ouvrage sur le transport sédimentaire et ainsi d'optimiser l'aménagement.

Présentation du projet

UN OBJECTIF : REDONNER AU FLEUVE SON ESPACE DE LIBERTÉ

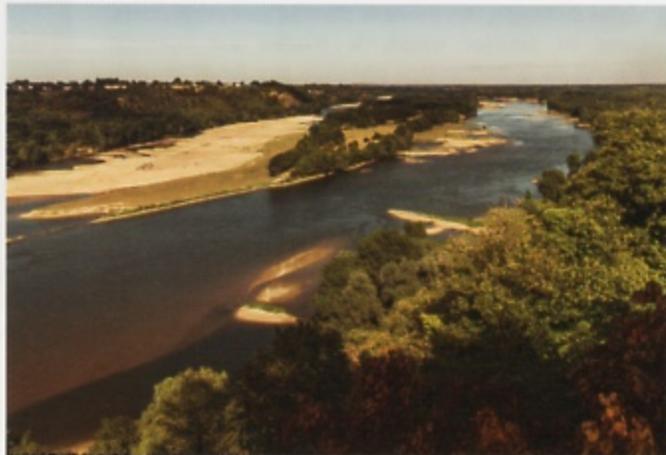
Deux opérations sont prévues dans le secteur d'Ancenis :

- **Le remodelage des épis entre Oudon et Anetz**, consistant à raccourcir, agrafer ou supprimer les épis dans le but de libérer les matériaux piégés entre les épis, restaurer la bande active du lit et rééquilibrer les niveaux bathymétriques entre le cours principal et les annexes fluviales, améliorant ainsi la continuité écologique.
- **La réouverture du bras secondaire de l'île Neuve-Macrière et le rechargement du bras principal**. Cette opération doit permettre de rééquilibrer les débits entre les deux bras et de réactiver le transit sédimentaire dans le bras secondaire.

POURQUOI CE SECTEUR ?

Le secteur de Loire entre Anetz et Oudon constitue la zone où les effets de l'enfoncement du chenal principal se font le plus sentir avec une poursuite de l'abaissement de la ligne d'eau. Le large bras de Neuve-Macrière est perché au-dessus du bras principal et ne se met en eau par l'amont qu'à partir du module*, soit un débit de 800 m³/s. En deçà, la Loire ne s'écoule que dans le bras principal où les systèmes d'épis actuels tendent à accentuer l'effet de chenalisation.

*Module : le module est le débit qui est atteint ou dépassé la moitié de l'année par le cours d'eau.



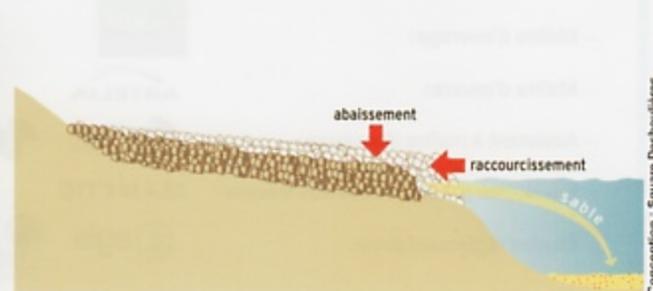
© VNF / Alexandra LEBON

QU'EST-CE QUE LE REMODELAGE D'ÉPIS ?

Des centaines d'épis ont été implantés sur la Loire depuis la fin du XIX^{ème} siècle pour fixer et maîtriser le chenal navigable. À l'instar de l'expérimentation menée en 2009 entre le Pont de l'Alleud à Chalonnes et la Pointe de Bouchemaine, qui a montré toute son efficacité, les épis seront raccourcis et abaissés, voire même supprimés selon les cas. Ce remodelage va permettre de libérer une partie du sable retenu et conduire à un nouvel équilibre hydraulique permettant une diminution des vitesses d'écoulement. Ce sable va « nourrir » le fleuve et ainsi contribuer au reengrèvement du bras principale et au relèvement de la ligne d'eau d'étiage.



© VNF / Alexandra LEBON



Conception : Squane Deshoulières

Schéma de principe du remodelage d'un épi

Un peu de technique...

QUELLES SONT LES ÉTUDES PRÉVUES ?

— **Un modèle numérique** Le dimensionnement des actions de décorsetage du lit s'appuiera sur une modélisation 3D de 15 km de fleuve entre l'île Briand en amont et le pont d'Oudon en aval. Le logiciel utilisé sera TELEMAT-3D. Le modèle sera construit à partir des relevés bathymétriques du lit réalisés en 2013. Il sera ensuite calé sur les observations de lignes d'eau et de vitesses effectuées par VNF en 2016 pour différents débits en Loire. Ces mesures permettront de vérifier que le modèle représente correctement les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau qui détermineront les conditions de transport des alluvions. Le couplage des calculs hydrauliques et de transport solide permettra de prédire l'évolution des fonds du lit dans le temps (à moyen et long terme) et pour différentes configurations d'aménagement.

— **Des mesures nécessaires pour la construction et le réglage du modèle numérique** Pour s'assurer de la conformité des résultats de calcul avec la réalité du terrain, des données d'entrée sont nécessaires. Dans un premier temps, le modèle est construit à partir de la bathymétrie observée des fonds et de la topographie des épis. La granulométrie des sables a été caractérisée en plusieurs endroits. Elle constitue un élément très important pour apprécier les évolutions du lit. Enfin des campagnes de mesures de débit et de vitesses par ADCP* dans les deux bras de Neuve Macrière et de lignes d'eau par relevé au GPS compléteront les données nécessaires au réglage du modèle numérique.



Photo d'un appareil de mesure de vitesse par ADCP

*ADCP Acoustic Doppler Current Profiler (outil de mesure de débits et vitesses)

CALENDRIER



Études de maîtrise d'œuvre et réalisation des dossiers réglementaires : **2016-2018**



Obtention des autorisations administratives : **2018-2019**



Travaux : **2019-2021**

— Maître d'ouvrage :



Maître d'œuvre :



Assistant à maître d'ouvrage :



Enveloppe prévisionnelle des travaux : **12,4 M € TTC**

Études réglementaires :



Études préliminaires

PLUSIEURS ACTIONS ET DE MULTIPLES COMBINAISONS POSSIBLES

Redonner au fleuve son espace de liberté, tel est l'enjeu des travaux envisagés sur le secteur qui s'étend d'Oudon à Anetz. Deux principales opérations sont prévues : d'une part, le remodelage des épis, qui consiste à raccourcir et abaisser ou supprimer certains épis ; et d'autre part, la réouverture du bras secondaire de l'île Neuve-Macrière. Parmi les multiples combinaisons de scénarios, le maître d'œuvre - ARTELIA - définira la solution qui permettra d'obtenir le meilleur équilibre.

COMMENT REMODELER LES ÉPIS ?



Épis à Oudon, en aval du bras de l'île Neuve-Macrière

Le maître d'œuvre s'est appuyé sur les grands principes de l'opération expérimentale de remodelage des épis, menée entre Chalonnais et Bouchemaine en 2009, pour définir les principes d'intervention entre Oudon et Anetz : un arasement des ouvrages au niveau d'eau d'étiage et un raccourcissement des épis adapté à la largeur du bras. Dans le secteur du bras principal, en rive gauche de l'île Neuve-Macrière, il est proposé la suppression totale des épis. Le remodelage va concerner 124 épis répartis sur une vingtaine de kilomètres de fleuve : 16 épis devraient être supprimés, 47 abaissés, 56 raccourcis et abaissés et 5 maintenus en l'état.

RÉOUVERTURE DU BRAS DE L'ÎLE NEUVE-MACRIÈRE

Plusieurs scénarios d'aménagement de la chevette* amont ont été proposés, puis amendés suite à la concertation de novembre 2016. Les deux scénarios retenus sont les suivants : suppression complète de la chevette ou reprofilage en forme concave - à l'instar de la chevette du bras de Varades. En complément, un chenal sera creusé pour accroître les vitesses d'écoulement dans le bras et favoriser la mobilisation du sable. Enfin, l'implantation de platures* dans le bras principal pour rééquilibrer la répartition des débits entre les deux bras doit être étudiée sur le modèle hydrosédimentaire.

*Chevette : ouvrage en enrochement barrant l'entrée d'un bras secondaire.

*Plature : rampe constituée en enrochements sur le fond du lit du fleuve



Chevette barrant l'entrée du bras de Neuve-Macrière

Un peu de technique...

OPTIMISATION PAR MODÉLISATION NUMÉRIQUE

La définition pertinente des aménagements va être optimisée grâce au développement d'un modèle numérique TELEMAC-3D. La compréhension du fonctionnement hydro-sédimentaire actuel sur le secteur d'étude va permettre d'orienter plus en détail les aménagements et de les dimensionner.

LE CALAGE DU MODÈLE

La phase de calage du modèle consiste à comparer les résultats obtenus aux mesures de vitesses et de ligne d'eau réalisées par VNF et d'ajuster les paramètres hydrauliques afin de s'assurer de la conformité des résultats de calcul avec la réalité du terrain.



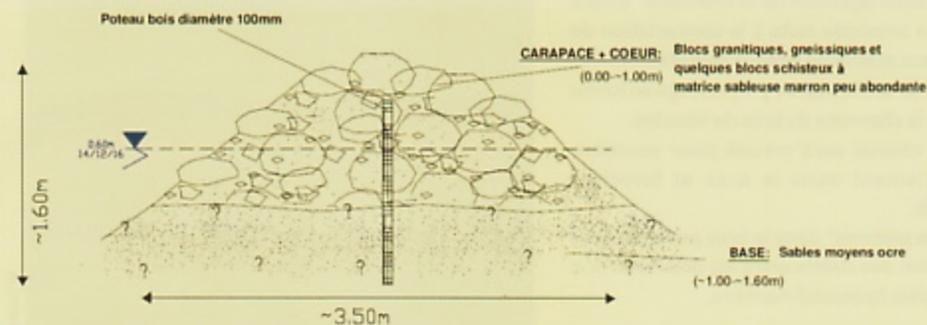
Exemple de carte de travail : Résultat de l'évolution des fonds sur la période de calage : 2010-2013 sur le secteur Oudon-Saint-Florent

GÉOTECHNIQUE ET GÉOPHYSIQUE

Deux campagnes d'acquisition de données géotechnique et géophysique ont été menées en décembre 2016 et mars 2017, notamment pour caractériser les épis. Deux principales catégories d'épis ont été mises en évidence :

- les épis « à carapace » : constitués de gros blocs en carapace, d'un cœur en sable et de petits blocs ;
- les épis « homogènes » : entièrement constitués de gros blocs.

Ces données permettront à ARTELIA d'évaluer le volume d'enrochements concernés par le remodelage et de distinguer les enrochements réutilisables sur le secteur de Bellevue de ceux qui seront à évacuer.



Exemple de profil en travers d'un épi « homogène »

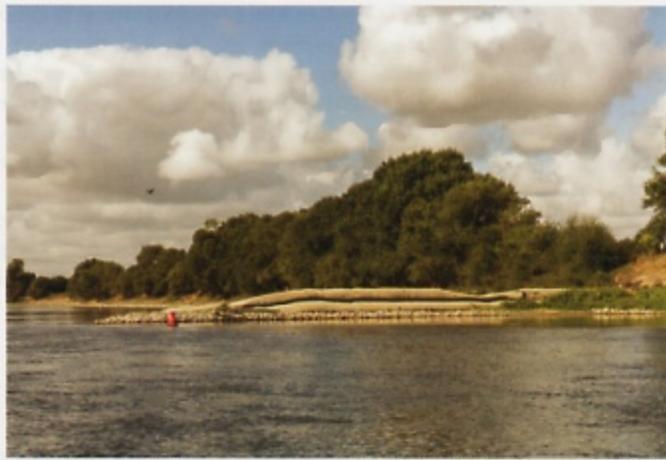
© Hydrogéotechnique

Présentation du projet

UN OBJECTIF : POURSUIVRE LA RESTAURATION MORPHOLOGIQUE DU FLEUVE

Réalisés durant les étiages 2002 et 2003 et situés à l'entrée du bras du Fresne-sur-Loire, les seuils expérimentaux avaient pour objectifs la réalimentation du bras de Cul de Bœuf et le réengrèvement progressif du lit principal de la Loire en amont. Cette expérimentation a permis de satisfaire en partie ces objectifs avec une reprise de la dynamique alluviale dans le bras de Cul de Bœuf et un début de réengrèvement du lit en amont.

Le nouvel équilibre obtenu doit être maintenu par la mise en œuvre d'une action moins intrusive couplée à un suivi efficace. En parallèle et dans le même objectif, le décorsetage du lit sera poursuivi avec le remodelage des épis entre Ingrandes et Montjean-sur-Loire.

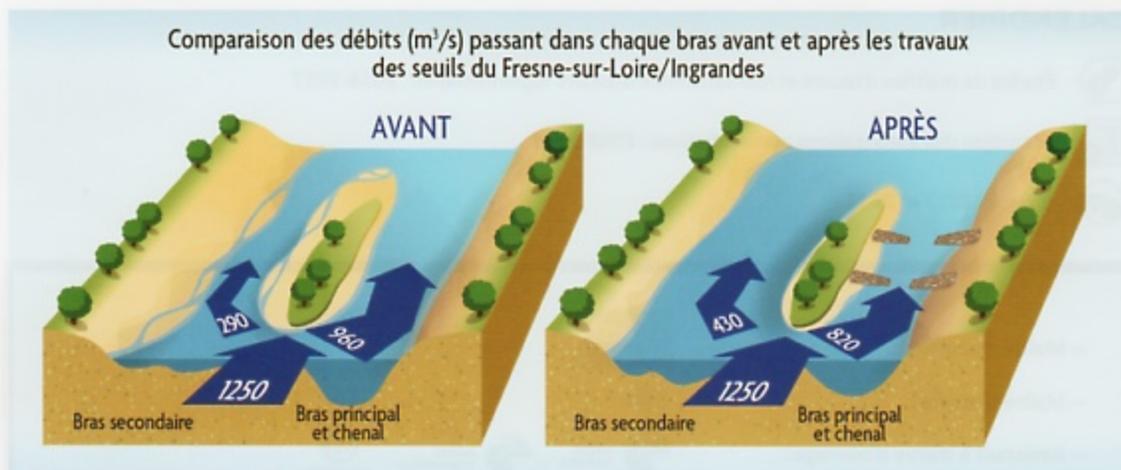


Seuil du Fresne

© VNF / Alexandra LEBON

QUEL DEVENIR POUR LES SEUILS DU FRESNE-SUR-LOIRE ?

Les seuils sont actuellement dégradés et ne jouent plus leur rôle. Par ailleurs, la concertation menée entre mai et juillet 2015 avec les riverains et les acteurs sur la Loire a confirmé le souhait de maintenir un équilibre hydraulique entre les deux bras par la mise en œuvre de dispositifs mieux intégrés, conduisant dans un premier temps à la suppression des boudins fortement dégradés.



Évolution des débits entre le bras principal et le bras secondaire avant et après la réalisation des seuils expérimentaux du Fresne-sur-Loire

© GIP Loire Estuaire

Un peu de technique...

QUELLES SONT LES ÉTUDES PRÉVUES ?

La modélisation hydraulique : Le dimensionnement des actions de décorsetage du lit s'appuiera sur une modélisation 2D de 9 km de fleuve entre le pont de Montjean-sur-Loire et le débouché aval du bras de Cul de Boeuf. Le logiciel utilisé sera Delft D. Il autorise le couplage des calculs hydrauliques et hydrosédimentaires et permettra de simuler l'évolution des fonds pour différentes configurations des systèmes d'épis. Le modèle sera construit à partir des relevés bathymétriques du lit réalisés en 2013. Il sera ensuite calé sur les observations de lignes d'eau et de vitesses effectuées par VNF pour différents débits en Loire. Ces mesures permettront de vérifier que le modèle représente correctement les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau qui détermineront les conditions de transport des alluvions.

La mise en place d'un protocole de suivi : Le maître d'œuvre est chargé de définir un protocole de suivi qui permettra, d'une part d'établir l'état de référence du site et de la dynamique fluviale sur ce secteur avant le démontage des seuils du Fresne-sur-Loire, et d'autre part de fixer les indicateurs à suivre pour observer l'évolution du lit après intervention.

QUAND LES SEUILS SERONT-ILS DÉMONTÉS ?



© VNF / Alexandra LEBON

Le démontage des boudins géotextiles pourrait être envisagé d'ici fin 2017, sous réserve de disposer des conditions favorables. La reprise éventuelle des radiers et le remodelage des épis seront, quant à eux engagés en 2019, après l'obtention de nouvelles autorisations administratives.

CALENDRIER



Études de maîtrise d'œuvre et réalisation des dossiers réglementaires : **2016-2017**



Obtention des autorisations administratives : **2018-2019**



Travaux : **2017 et 2019**

– Maître d'ouvrage :



– Maître d'œuvre :



– Assistant à maître d'ouvrage :



– Coût prévisionnel des travaux :

2,07 M € TTC

– Études réglementaires :



Études préliminaires

DU SCÉNARIO LE PLUS SIMPLE AU PLUS AMBITIEUX

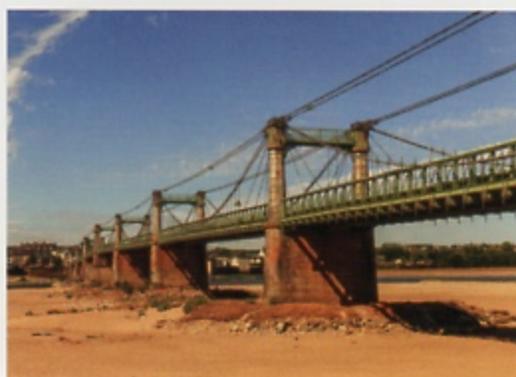
Première étape sur le secteur Ingrandes-Montjean-sur-Loire : démonter les « boudins » en géotextiles du seuil du Fresne, tout en préservant la dynamique retrouvée dans le bras de Cul de Bœuf et le réengrèvement progressif du lit en amont. Dans cet objectif, le maître d'œuvre, ISL Ingénierie, a élaboré des scénarios progressifs, du simple démontage des « boudins », au remodelage complet des épis du secteur.

SCÉNARIOS ET CRITÈRES DE COMPARAISON

Le maître d'œuvre a étudié successivement différents scénarios, intégrant le retrait des boudins géotextiles et un remodelage plus ou moins ambitieux des épis du secteur.

Des critères d'analyse et de comparaison des scénarios ont été élaborés, en fonction des enjeux locaux :

- amélioration de la valeur environnementale du secteur et contribution au programme global de rééquilibrage du lit;
- maintien de la dynamique dans le bras de Cul de Bœuf;
- maintien des niveaux d'eau à l'étiage sur la Boire de Champtocé;
- maintien des niveaux de sollicitations hydrauliques sur les digues;
- maintien des usages (plage d'Ingrandes, navigation...).



Plage et pont d'Ingrandes

© VNF / Alexandra LEBON

LE SCÉNARIO RETENU

Le scénario retenu est un des plus ambitieux : il permet le meilleur équilibre entre recherche de mobilité maximale, maîtrise de l'évolution morphologique et maintien des usages.

Il consiste à raccourcir les 4 épis situés en amont de l'île Meslet en rive gauche, à araser certains ouvrages, raccourcir de 50 m les épis longs et supprimer les épis aux extrémités de chaque banc d'épis.



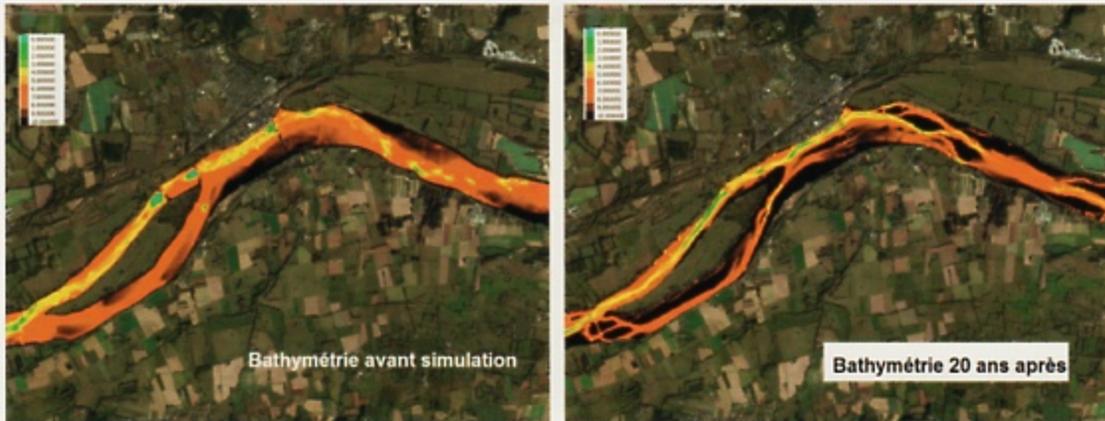
© VNF Remodelage des épis en 2009

Un peu de technique...

OPTIMISATION PAR MODÉLISATION

La simulation itérative des scénarios d'aménagements, sur une première durée de 4 ans, a permis au maître d'œuvre d'optimiser pas à pas le remodelage proposé pour aboutir au scénario retenu. La simulation des fonds, 20 ans après remodelage, met en évidence de nouvelles configurations morphologiques, qui semblent s'apparenter aux configurations suggérées par les cartes de XIX^e siècle.

En cours de phase avant-projet, les simulations s'étendront sur de plus longues chroniques pour vérifier le maintien des dynamiques observées et pour affiner le dimensionnement des ouvrages.



Evolution des fonds entre Montjean-sur-Loire et Le Mesnil-en-Vallée, 20 ans après mise en œuvre du scénario retenu

UN PROTOCOLE DE SUIVI POUR LES PREMIERS TRAVAUX

Constitués d'un géotextile protégé par un géosynthétique et remplis de sable, les boudins des seuils du Fresne doivent faire l'objet d'un enlèvement dès l'été 2017 si les conditions le permettent.

Afin de vérifier les évolutions morphologiques liées à ces travaux, un protocole de suivi a été défini : mesures bathymétriques* et topographiques, levés de ligne d'eau et mesures de débits seront mis en œuvre par VNF. La possibilité de mettre en place un suivi photographique aérien par drone est également en cours d'étude.

* Mesures bathymétriques : Levé du niveau du fond du lit du fleuve



Boudins géotextiles des seuils du Fresne-sur-Loire

© VNF / Alexandra LEJON

© ISL Ingénierie