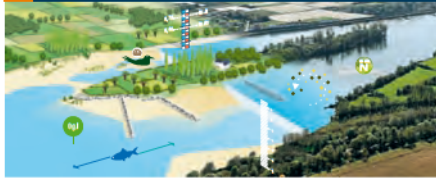


L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE

de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



GIP Loire Estuaire
 gip@loire-estuaire.org
 www.loire-estuaire.org

La vallée du fleuve à l'océan

La Loire, depuis le Mont Gerbier de Jonc, parcourt plus de 1000 kilomètres avant de se jeter dans l'océan Atlantique, à Saint-Nazaire. Dans les 100 derniers kilomètres, elle rencontre l'océan, formant ainsi l'estuaire.

Le fleuve reçoit en quantité variable les eaux douces de nombreux affluents qui drainent près de 20% de la surface de la France métropolitaine, soit un bassin versant de 117 000 km².



Bassin versant de la Loire :
 espace géographique dans lequel les eaux de pluie ruissellent pour finir dans l'océan Atlantique, au débouché du fleuve, à Saint-Nazaire.

1000 ESPACES URBANISÉS ET PRINCIPALES ROUTES

620 000 habitants dans l'agglomération nantaise, la plus peuplée du bassin de la Loire.

18 franchissements pour passer d'une rive à l'autre de la Loire, entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire, dont un pont ferroviaire, 2 bacs de Loire, 1 Navibus. S'ajoutent à ces franchissements 16 autres, autour de l'île de Nantes.

PLAINE ALLUVIALE

40 000 hectares de plaine alluviale entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire qui bénéficient majoritairement à l'agriculture.

44 îles entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire, dont une grande majorité est inhabitées. Le banc de Bilho est la dernière île de Loire avant l'océan.

LOIRE ET AUTRES COURS D'EAU

1800 kilomètres de canaux et de douves entre Nantes et Saint-Nazaire. Les échanges en eau avec la Loire sont contrôlés par plus de 250 vannages dans les marais estuariens.

140 kilomètres de Loire navigable entre Bouchemaize et Saint-Nazaire. Le canal de navigation est balisé sur tout le parcours, mais sa profondeur n'est entretenue qu'entre Nantes et Saint-Nazaire.

Des Ponts-de-Cé au Pellerin, la vallée présente des resserrments parfois abrupts formés de coteaux rocheux, tandis qu'en aval, la plaine alluviale s'ouvre largement sur l'océan, bordée par deux reliefs, le Sillon de Bretagne au nord et la Voussure du Pays de Retz au sud.



L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



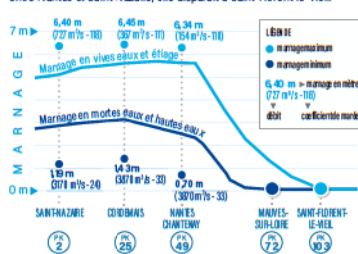
GIP Loire Estuaire
 gip@loire-estuaire.org
 www.loire-estuaire.org

Des niveaux d'eau en constante variation

Les quantités d'eau apportées par le fleuve et l'océan s'inscrivent dans une géométrie donnée. Elles se traduisent par des hauteurs d'eau enregistrées en continu par une vingtaine d'appareils entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire.

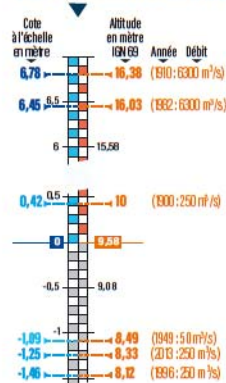
Si la forme du lit du fleuve reste la même, les niveaux d'eau varient en fonction du débit du fleuve et du coefficient de marée, et sont influencés par les paramètres météorologiques : direction et force du vent, pression atmosphérique.

L'amplitude de la marée le long de l'estuaire peut dépasser 6 mètres entre Nantes et Saint-Nazaire, elle disparaît à Saint-Florent-le-Vieil.



- 6,45 mètres** est le marnage maximal mesuré dans l'estuaire, à Cordemans, au cours de la période 1996-2016.
- 0,20 mètre** est la profondeur d'eau minimale mesurée entre Les Ponts-de-Cé et Nantes au cours de la période 1996-2017.
- 6,45 mètres** est la cote atteinte à l'échelle de Montjean-sur-Loire lors de la crue de décembre 1982 pour un débit de 6300 m³/s.
- 93%** des volumes dragués dans la Loire, concernent le chenal et les soulies (emplacements à quai) en aval du Carret.

Niveaux d'eau mesurés à l'échelle de référence de Montjean-sur-Loire



Répère de cotes à Montjean-sur-Loire (44)

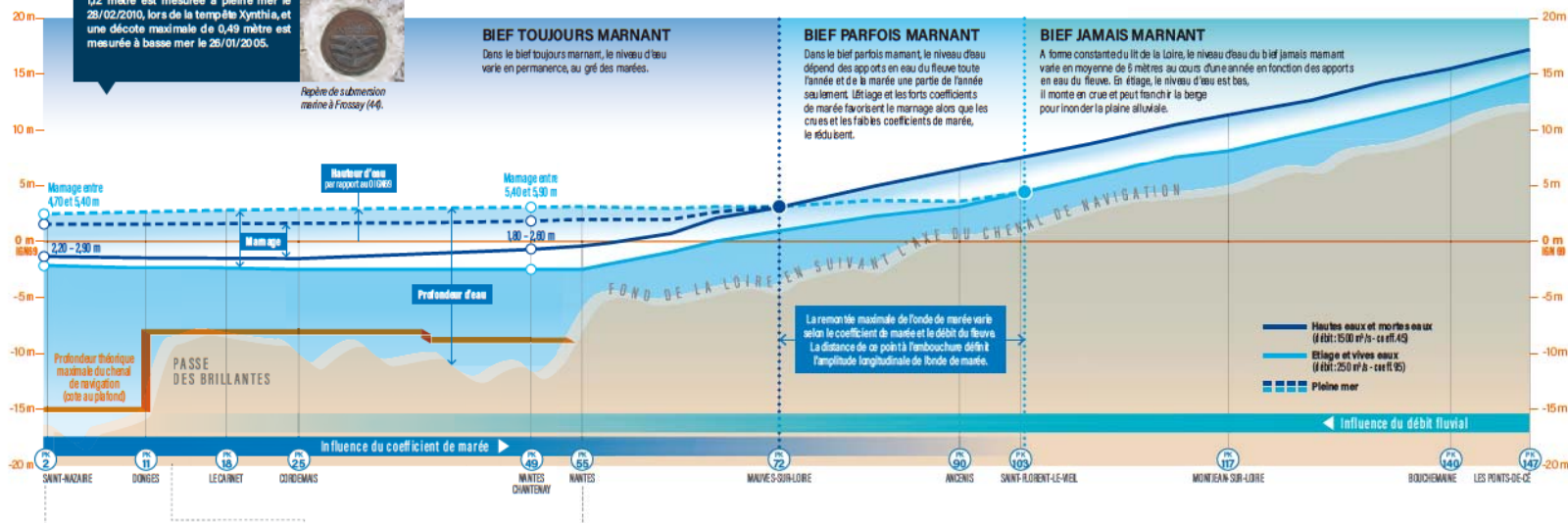
SURCOTE ET DÉCOTE, QUAND LA MÉTÉO S'EN MÊLE

Dans l'estuaire, il y a surcote lorsque le vent d'ouest et/ou les basses pressions atmosphériques favorisent une élévation des niveaux d'eau, et décote, dans la situation contraire (vent d'est et/ou hautes pressions atmosphériques). Les surcotes sont plus fréquentes et de plus grande importance que les décotes : à Saint-Nazaire, une surcote exceptionnelle de 1,2 mètre est mesurée à pleine mer le 28/02/2010, lors de la tempête Xynthia, et une décote maximale de 0,49 mètre est mesurée à basse mer le 26/01/2005.



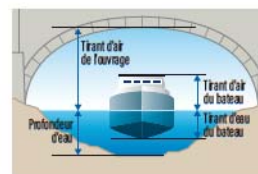
Répère de submersion marine à Frossay (44)

Marnage : amplitude verticale de l'onde de marée, correspondant à la différence entre le niveau de pleine mer et celui de la basse mer suivante.



LE FLEUVE ENTRETIENU À L'AVAL DE NANTES

Entre Saint-Nazaire et Nantes, en montée ou en descente, les navires empruntent le chenal de navigation toute l'année, à pleine mer. Le passe des Brillantes constitue la principale contrainte au chenalage, elle est franchissable qu'à pleine mer locale. Passés Donges, les navires doivent remonter jusqu'à Nantes pour faire demi-tour (zone d'évitage). Afin de garantir un accès aux installations portuaires pour les navires de marchandises, le Port procède à l'entretien du chenal de navigation et des soulies (emplacements à quai) des terminaux, par dragage en aval de Nantes.



UNE NAVIGATION ADAPTÉE À L'AMONT DE NANTES

Entre Bouchemaîne et Nantes, pour sécuriser la navigation (de plaisance essentiellement), Navig'Alpes de France balise le chenal et indique la profondeur d'eau lorsqu'elle est inférieure à 1,80 mètre. En effet, la navigation est limitée par les profondeurs d'eau disponibles en période de basses eaux, moins en aval d'Ancois où l'influence de la marée augmente la profondeur d'eau à marée montante. Quand l'échelle de Montjean-sur-Loire affiche +3,50 mètres, correspondant aux Plus Hautes Eaux Navigables (PHEN), la navigation de plaisance est interdite.

L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



GIP Loire Estuaire
 gip@loire-estuaire.org
 www.loire-estuaire.org

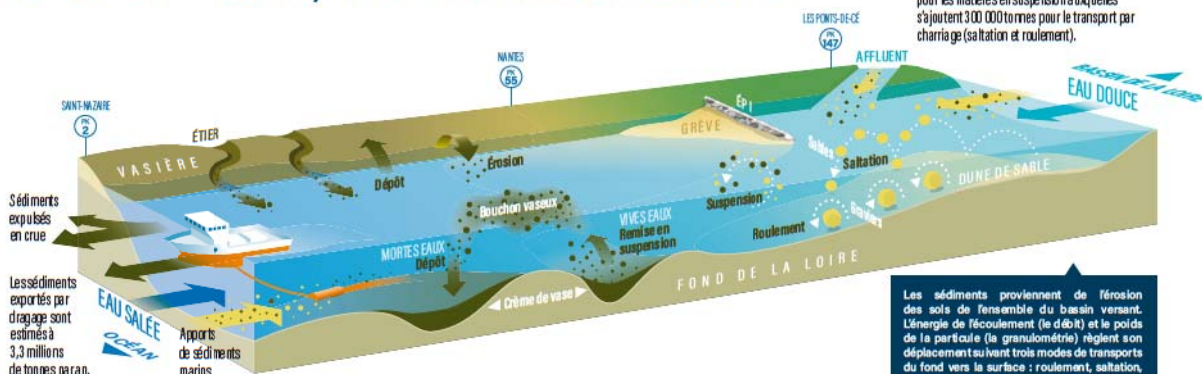


Un estuaire de sel et de vase, un fleuve de sable

La salinité et les sédiments conditionnent, en partie, la présence et la répartition des espèces animales et végétales dans l'estuaire, et peuvent restreindre certains usages (prélèvements en eau, par exemple).

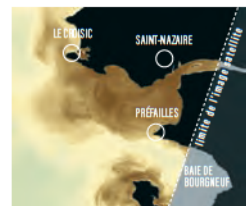
Les eaux salées de l'océan, plus denses que les eaux douces du fleuve, arrivent par le fond et pénètrent plus ou moins loin dans l'estuaire selon les apports en eau du fleuve et la force de la marée. La salinité à 0,5 g/l (valeur limite pour produire de l'eau potable) atteint rarement Nantes en étiage et par fort coefficient de marée, alors que l'estuaire est principalement constitué d'eau douce en crue.

À la rencontre de ces eaux douces et salées se forme naturellement le bouchon vaseux qui suit le déplacement de l'eau et lui donne une couleur marron.



La taille des sédiments dans le lit de la Loire varie d'amont en aval et latéralement, entre le chenal et les rives. Les sédiments sont plus grossiers et sableux en amont, plus fins et vaseux en aval.

Les sédiments proviennent de l'érosion des sols de l'ensemble du bassin versant. L'énergie de l'écoulement (le débit) et le poids de la particule (la granulométrie) régissent son déplacement suivant trois modes de transports du fond vers la surface : roulement, saltation, suspension. Les apports salés augmentent avec le débit, particulièrement en montée de crue et d'autant plus qu'elle est précédée d'une longue période de faible débit.



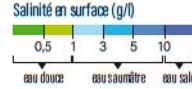
Exemple du bouchon vaseux en crue (100 m³/s coeff. 88)

Le bouchon vaseux est un phénomène naturel des estuaires à fort marnage. Les particules minérales (sable) et organiques (matière vivante) apportées par le fleuve et l'océan se regroupent en présence d'eau salée et sont piégées par les courants de marée montante. Le bouchon vaseux est présent toute l'année dans l'estuaire et contribue à la formation et au maintien des vasiers. Il se constitue à l'aval de Nantes et se déplace au gré du débit du fleuve et de la marée. Lors des crues, il peut être expulsé en surface.



LA SALINITÉ : EAU DOUCE, EAU SAUMÂTRE, EAU SALÉE

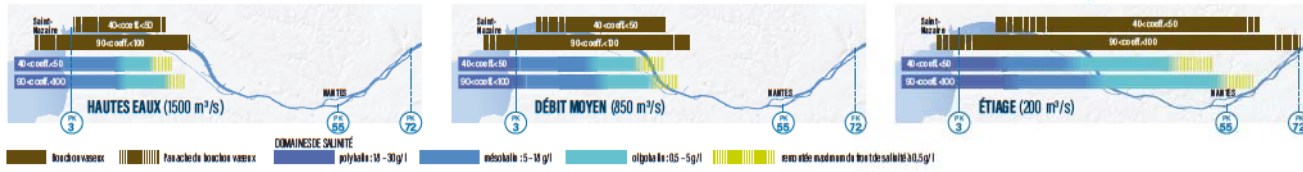
La salinité des eaux de la Loire offre une grande variabilité longitudinale entre 0 (eau douce) et 35 g/l (eau de mer) et, dans une moindre mesure, verticale.



En mortes eaux, une stratification de la salinité est observée entre les eaux de surface et de fond plus salées. En vives eaux, la salinité devient homogène et le phénomène de stratification s'atténue ou disparaît.

6 à 17 millions de m³ de matériaux dragués chaque année en aval de Nantes pour l'entretien du chenal de navigation et des soulles.

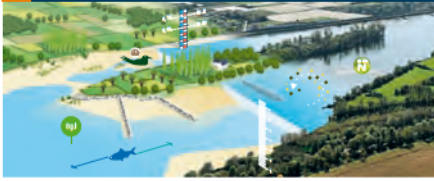
Localisation du bouchon vaseux et des domaines de salinité mesurés en sub-surface (à 1 m de profondeur)



L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE

de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



GIP Loire Estuaire
gip@loire-estuaire.org
www.loire-estuaire.org

Halte migratoire dans une vaste plaine submersible, en aval de Nantes

Entre Nantes et Saint-Nazaire, la plaine alluviale s'étend sur près de 18 000 hectares. Son microclimat et son vaste réseau d'étiers, de canaux, lui confèrent une diversité de degrés d'humidité et de salinité : propagation des eaux océaniques de l'aval vers l'amont, submersion des zones humides par les eaux estuariennes, apports d'eau douce par le fleuve

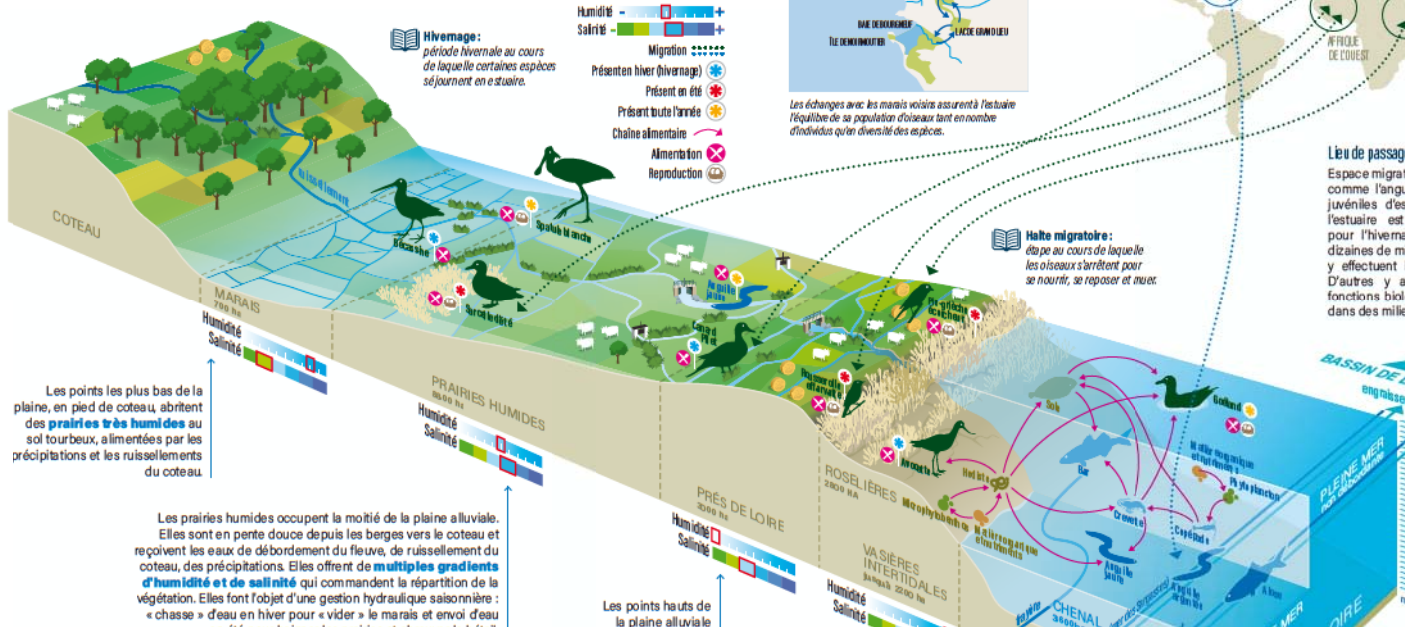
et par le ruissellement des coteaux. Ces multiples combinaisons de gradients façonnent une mosaïque d'une centaine de milieux différents qui, par leur complémentarité, assurent une variété de fonctions écologiques essentielles à l'accomplissement du cycle biologique de nombreuses espèces animales, notamment de poissons et d'oiseaux.

Du Golfe du Morbihan au marais Breton, près de 100 000 hectares de zones humides constituent un réseau interconnecté.



Les échanges avec les marais voisins assurent à l'estuaire l'équilibre de sa population d'oiseaux tant en nombre d'individus qu'en diversité des espèces.

Lieu de passage, lieu de vie
Espace migratoire pour les poissons amphihalins comme l'anguille, zone de nurserie pour les juvéniles d'espèces marines, comme la sole, l'estuaire est également une zone majeure pour l'hivernage et les haltes migratoires de dizaines de milliers d'oiseaux. Certaines espèces y effectuent l'ensemble de leur cycle de vie. D'autres y accomplissent une ou plusieurs fonctions biologiques dans un même milieu ou dans des milieux différents.



- 200 espèces d'oiseaux** régulièrement recensées ; entre 70 000 et 200 000 individus dénombrés en hivernage.
- 80 espèces de poissons** recensées ; entre 100 et 800 individus par hectare.
- 50 espèces de vers, mollusques, crustacés** inventoriés dans les vases de l'estuaire ; entre 700 et 1200 individus par m².
- 300 exploitants agricoles.**
- 38 espèces d'oiseaux d'eau** chassables.
- 1 seul alevin de poisson** pêché, la civelle.

Les points hauts de la plaine alluviale (bourlet de rive et anciennes îles) **ressentent très vite** après chaque submersion. Ils sont caractérisés par des prairies de fauche.

Roselière: milieu dominé par le roseau commun qui peut atteindre 3 mètres de haut.

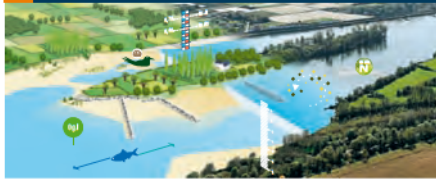
Pour partie recouvertes et découvertes à chaque marée, les roselières hautes sont utilisées comme zones de ponte et de refuge par les poissons et les oiseaux.

Nourricerie: site où les animaux, particulièrement les juvéniles, viennent s'alimenter.

Le chenal **toujours en eau** est le passage obligé pour les poissons qui migrent entre les cours d'eau du bassin de la Loire et l'océan.

L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



Entre Les Ponts-de-Cé et Nantes, la vallée de la Loire, moins large que la plaine alluviale en aval de Nantes, se compose d'un bras principal - caractérisé par un chenal de navigation souvent enserré par des épis - d'annexes hydrauliques (bras secondaires, bras morts ou boires), d'îles, de prairies inondables. L'ensemble couvre une superficie de près de 20 000 hectares, bordée de coteaux parfois abrupts.

Le chenal du bras principal collecte les eaux qui, lorsque les apports augmentent, alimentent les bras secondaires et les bras morts avant de déborder sur la plaine alluviale et ses prairies inondables. Dans la partie du fleuve comprise entre Ancenis et Nantes, la propagation de la marée dynamique se conjugue aux apports du fleuve, si bien que dans certaines conditions, les annexes de ce secteur peuvent se remplir et se vider deux fois par jour.

Les bras morts ou boires sont connectés au bras principal ou à un bras secondaire seulement par l'aval. Ils sont **alimentés en eau par le fleuve, sa nappe alluviale ou les ruissellements** venus du coteau.

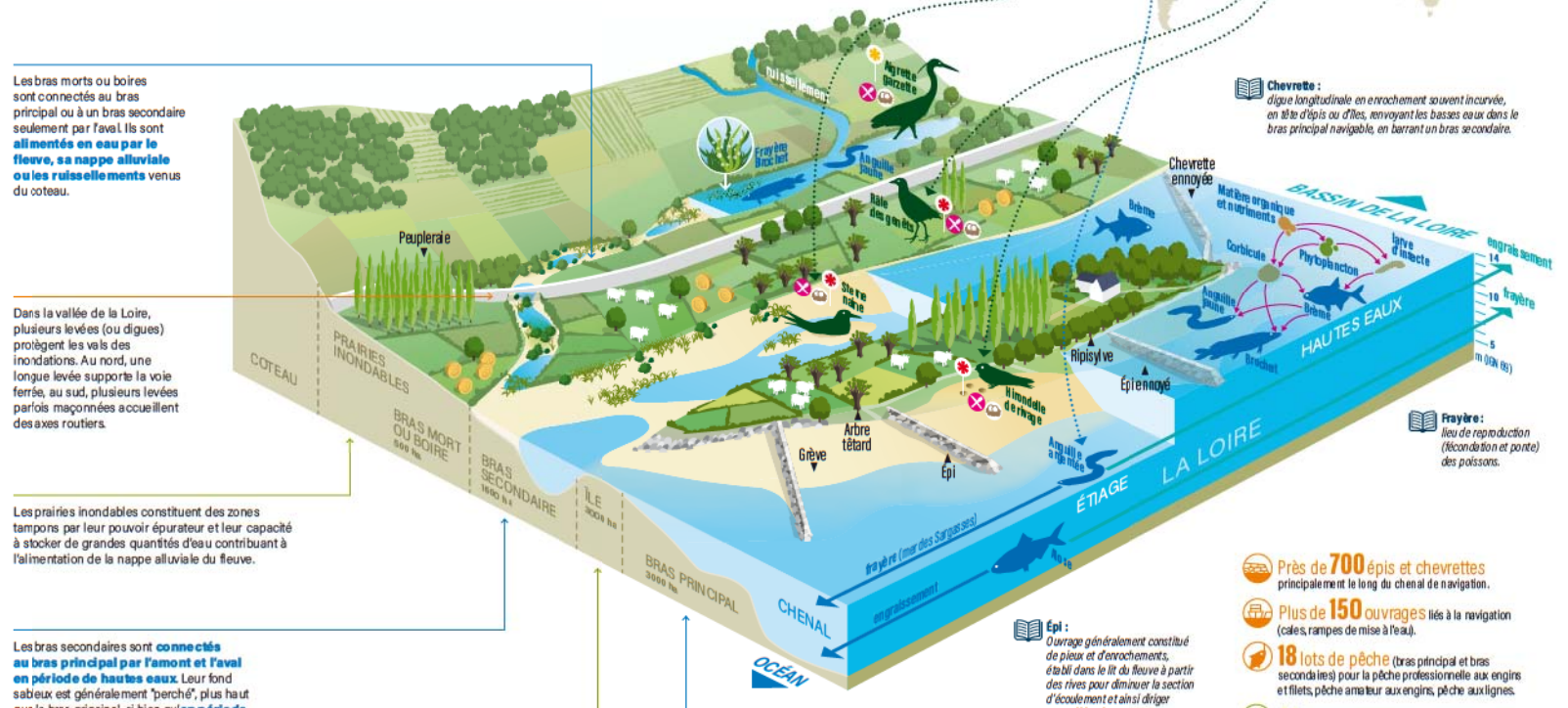
Dans la vallée de la Loire, plusieurs levées (ou digues) protègent les vals des inondations. Au nord, une longue levée supporte la voie ferrée, au sud, plusieurs levées parfois maçonnées accueillent des axes routiers.

Les prairies inondables constituent des zones tampons par leur pouvoir épurateur et leur capacité à stocker de grandes quantités d'eau contribuant à l'alimentation de la nappe alluviale du fleuve.

Les bras secondaires sont **connectés au bras principal par l'amont et l'aval en période de hautes eaux**. Leur fond sableux est généralement "perché", plus haut que le bras principal, si bien qu'en **période d'étiage, ils collectent moins d'eau et découvrent de vastes étendues de sable** colonisées par une végétation rase saisonnière.

La plus grande île de Loire est l'île de Chalonnes, la plus peuplée est celle de Nantes. La majorité d'entre elles sont pâturées, arborées (ripisylve) parfois avec des plantations de peupliers. Elles sont accessibles en bateau ou à pied suivant la saison ; parfois, des gués facilitent les accès.

Le bras principal comprend un chenal **toujours en eau** majoritairement bordé d'épis et de grèves (bancs de sable) découverts en période d'étiage. Le chenal est balisé et navigué, essentiellement pour le tourisme, la plaisance et l'activité de pêche, mais non entretenu.



- Migration
- Présent en hiver (hivernage)
- Présent en été
- Présent toute l'année
- Chair alimentaire
- Alimentation
- Reproduction



Chevette : digue longitudinale en enrochement souvent incurvée, en tête d'épis ou d'îles, renvoyant les basses eaux dans le bras principal navigable, en barrant un bras secondaire.

Frayère : lieu de reproduction (éclosion et ponte) des poissons.

- Près de **700** épis et chevrettes principalement le long du chenal de navigation.
- Plus de **150** ouvrages liés à la navigation (cotes, rampes de mise à l'eau).
- 18** lots de pêche (bras principal et bras secondaires) pour la pêche professionnelle aux engins et filets, pêche amateur aux engins, pêche aux lignes.
- 41** îles entre Les Ponts-de-Cé et Nantes.
- 160** espèces d'oiseaux régulièrement recensées.
- Plus de **17** millions de m³ de sédiments émergés (bancs de sable) en étiage (débit: 150 m³/s).

L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



Différentes doctrines d'aménagements pour une Loire navigable

Depuis l'antiquité, la Loire est aménagée. Mais au milieu du 19^{ème} siècle, les « grands » travaux commencent, avec une priorité donnée au développement industriel et au trafic portuaire, voulue depuis 1756 et concrétisée par les lois de 1903 et 1913, et le décret de 1933. Pour que Nantes devienne un port maritime et reste accessible à la grande navigation, d'importants travaux sont réalisés, dont, au premier chef, l'augmentation des profondeurs.

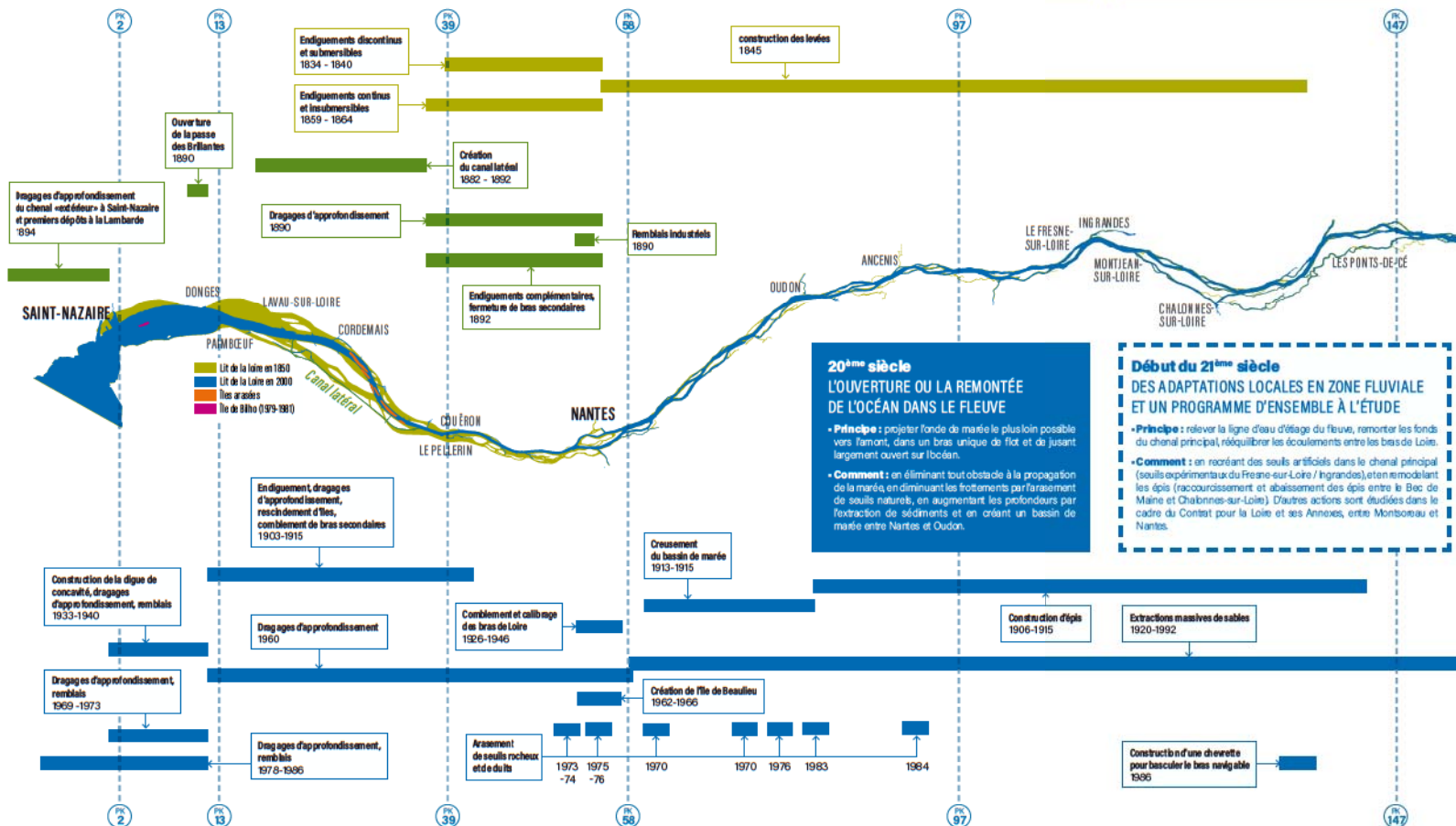
En amont de Nantes et en vue de relier son bassin à celui de la Seine, la Loire a été rendue navigable de Nantes au Bec de Maine. D'abord expérimentale de la Maine à Chalennes-sur-Loire, à partir de 1906, la mise en place des épis fut poursuivie jusqu'à Oudon en 1915 afin de raccorder le « nouveau » chenal, au bassin de marée. Par la suite, des adaptations locales ont eu lieu : choix d'un bras navigable, démantèlement d'anciens ouvrages (duits), arasement de seuils naturels.

19^{ème} siècle
LE RESSERREMENT OU LA DESCENTE DU FLEUVE VERS L'OcéAN

- Principe :** faire gagner au fleuve en profondeur, ou qu'un resserrement latéral lui fait perdre en largeur, grâce à l'accélération des courants.
- Comment :** en entraînant le fleuve à couler entre épis et digues, dans un bras unique.

Fin 19^{ème} siècle
LA SÉPARATION OU LE CANAL LATÉRAL

- Principe :** permettre la remontée des navires jusqu'à Nantes par un ouvrage artificiel.
- Comment :** en construisant un canal latéral doublant la partie du fleuve inappropriée à la navigation, et en approfondissant les chenaux d'accès au canal (passe des Brillantes).



20^{ème} siècle
L'OUVERTURE OU LA REMONTÉE DE L'OcéAN DANS LE FLEUVE

- Principe :** projeter l'onde de marée le plus loin possible vers l'amont, dans un bras unique de flot et de jusant largement ouvert sur l'océan.
- Comment :** en éliminant tout obstacle à la propagation de la marée, en diminuant les frottements par arasement de seuils naturels, en augmentant les profondeurs par l'extraction de sédiments et en créant un bassin de marée entre Nantes et Oudon.

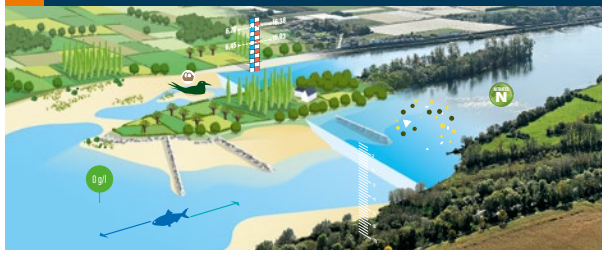
Début du 21^{ème} siècle
DES ADAPTATIONS LOCALES EN ZONE FLUVIALE ET UN PROGRAMME D'ENSEMBLE À L'ÉTUDE

- Principe :** relever la ligne d'eau d'épave du fleuve, remonter les fonds du chenal principal, rééquilibrer les écoulements entre les bras de Loire.
- Comment :** en raccordant des seuils artificiels dans le chenal principal (seuils expérimentaux du Fresne-sur-Loire / Ingrandes), et en remodelant les épis (raccourcissement et abaissement des épis entre le Bec de Maine et Chalennes-sur-Loire). D'autres actions sont étudiées dans le cadre du Contest pour la Loire et ses Annexes, entre Montboreau et Nantes.

L'ESSENTIEL SUR LA LOIRE

de la Maine à la mer

OBSERVATIONS ET SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX



GIP Loire Estuaire
 gip@loire-estuaire.org
 www.loire-estuaire.org

Un estuaire plus long et moins large, un fleuve chenalisé

La Loire a connu d'importants aménagements se traduisant par une simplification de sa géométrie : comblement et colmatage latéraux, approfondissement et régularisation de son chenal principal. Sur l'ensemble du territoire, l'équilibre général entre les influences fluviale à l'amont et marine à l'aval s'est déplacé au bénéfice de cette dernière.

Il y a un siècle, l'influence de la marée se faisait sentir quelques kilomètres en amont de Nantes ; depuis une trentaine d'années, elle se stabilise au-delà d'Ancenis, soit une remontée de plus de 30 kilomètres au cours du 20^{ème} siècle. Des berges « estuariennes », soumises à la marée, se sont substituées au linéaire fluvial entre Ancenis et Nantes.

NAVIGATION COMMERCIALE : LA NÉCESSAIRE ADAPTATION AU FLEUVE

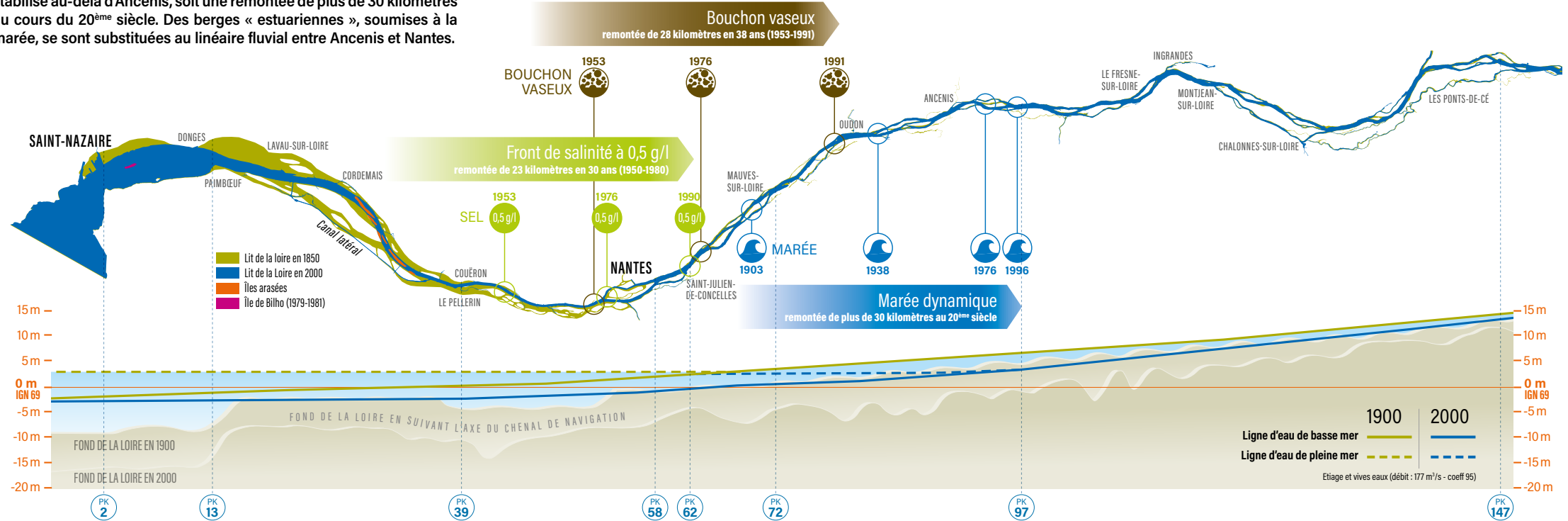
Jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle, les dimensions des navires étaient limitées par les conditions d'accès aux ports. Au cours du 20^{ème} siècle, l'accroissement considérable de la taille des navires a nécessité une adaptation constante des ports et de leurs accès ; l'augmentation des tirants d'eau des navires impliquant celle des profondeurs d'eau disponibles.

À la fin du 20^{ème} siècle, même rendue plus facilement accessible jusqu'à Nantes, la navigation doit s'adapter. En revanche, en amont de Nantes, le trafic commercial régulier en Loire fluviale s'éteint fin 1991, puis en 2013 pour la Loire fluvio-maritime, avec l'arrêt du transport de sable depuis l'océan vers la sablière de l'Officière à Saint-Julien-de-Concelles (44) par le *Saint-Germain*.

EAU POTABLE À NANTES : DÉPLACEMENT DE LA PRISE D'EAU EN 1989

L'usine d'eau potable de La Roche, à Nantes (PK58), a été mise en service en 1989. Une seconde station de pompage en Loire est mise en service en 1989 à Mauves-sur-Loire, soit 14 kilomètres en amont, pour sécuriser l'alimentation en eau potable en éloignant ce captage du front de salinité. Depuis une trentaine d'année, le front

de salinité à 0,5 g/l est stabilisé. La station de Mauves-sur-Loire, devenue le point de captage principal, fait l'objet d'une plus grande vigilance sur le prélèvement en eau à cause de la présence ponctuellement du panache du bouchon vaseux lors des marées de vives eaux d'étiage (très) sévère.



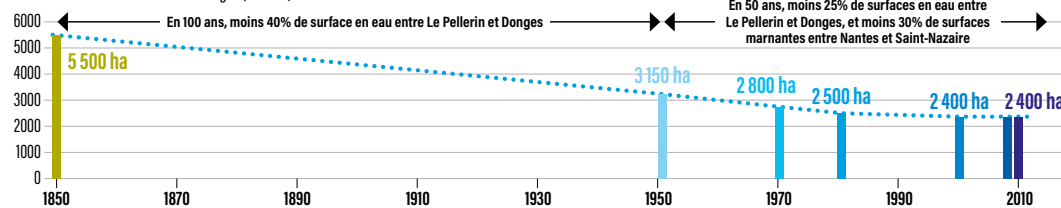
EN AVAL DE NANTES

UN ESTUAIRE MOINS LARGE, DES SURFACES EN EAU MOINDRES, DES SURFACES MARNANTES RÉDUITES

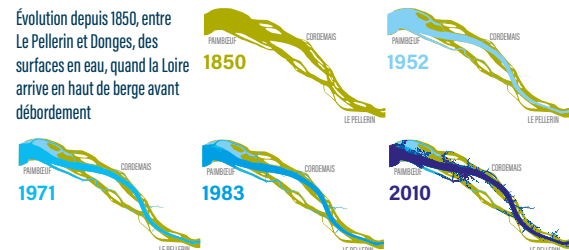
Dans la logique de la doctrine dite de l'ouverture, l'approfondissement et la régularisation du chenal principal ont modifié les équilibres fleuve-mer. Au cours du 20^{ème} siècle, la superficie des surfaces marnantes (recouvertes et découvertes par les marées) et la longueur de rive à pleine mer ont diminué de moitié ; la marée, le bouchon vaseux et le sel sont remontés d'une trentaine de kilomètres.

Depuis une trentaine d'années, l'ensemble de ces paramètres ne connaissent pas d'évolution marquée, mais des dynamiques, parfois importantes, liées à la variabilité des conditions hydrologiques et météorologiques.

Surface en eau entre Le Pellerin et Donges (hectare)



Évolution depuis 1850, entre Le Pellerin et Donges, des surfaces en eau, quand la Loire arrive en haut de berge avant débordement



EN AMONT DE NANTES

L'ABAISSEMENT DES NIVEAUX D'ÉTIAGE

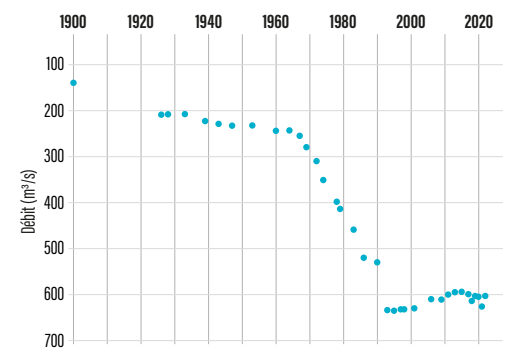
L'application des doctrines d'aménagement a profondément modifié les équilibres fleuve-mer au cours du 20^{ème} siècle :

- **latéralement** : épis, suppression de seuils et extractions massives de sable ont induit une incision du bras principal et de son chenal pouvant atteindre plusieurs mètres et une mise en eau moins fréquente des bras secondaires et boires ;
- **longitudinalement** : le creusement du bassin de marée a provoqué une augmentation locale de la pente du fleuve entre Nantes et Oudon et une érosion des fonds plus amont, le fleuve essayant de rééquilibrer sa pente en allant chercher des sédiments plus haut.



Depuis une trentaine d'années, les bénéfices de l'arrêt des extractions de sable dans le lit mineur du fleuve se combinent aux actions engagées sur la partie fluviale de la Loire et contribuent à reconstituer le stock sédimentaire pour rehausser les fonds du chenal principal et les lignes d'eau d'étiage.

Débit (m³/s) nécessaire pour atteindre le zéro de l'échelle de Montjean-sur-Loire



Dans le secteur fluvial, à Montjean-sur-Loire, le niveau d'eau à l'étiage a baissé de près de 2 mètres au cours du 20^{ème} siècle. Il tend à se stabiliser voire légèrement remonter depuis une trentaine d'années.