



Les mouvements

Les eaux fluviales

Les lignes d'eau du fleuve

Les lignes d'eau du fleuve

Résumé

Les lignes d'eau d'étiage et de basse mer entre Les Ponts-de-Cé et Nantes ont fortement baissé tout au long du 20^e siècle, avec une intensité croissante d'amont en aval : de 0,70 mètre aux Ponts-de-Cé à 3,90 mètres à Nantes.

Depuis la fin du 20^e siècle dans le bief fluviomaritime, et le début des années 2000 dans le secteur fluvial, une élévation des lignes d'eau d'étiage et de basse mer est observée sur la majorité des stations, jusqu'à 0,75 m à Oudon. Les conséquences attendues de l'arrêt des extractions de granulats dans le lit mineur s'ajoutent donc aux effets locaux des travaux visant au relèvement de la ligne d'eau d'étiage.

Depuis 1996, selon les débits, les évolutions dans le bief fluvial sont variables mais une stabilisation ou une remontée des niveaux d'eau est mesurée dans la majorité des cas.



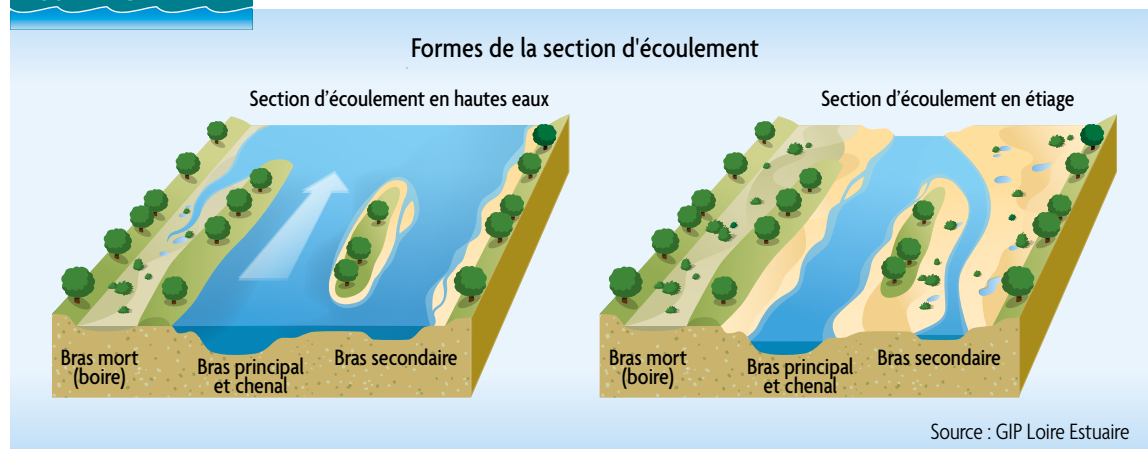
Objectif définition

Les lignes d'eau sont des profils en long de la surface du fleuve à un moment donné, construites en joignant les hauteurs d'eau enregistrées aux stations de mesure et rapportées au même référentiel d'altitude.

Les niveaux d'eau de la Loire varient suivant le débit et la forme de la section d'écoulement.

La pente du fond du lit règle également la pente de la surface de l'eau. Dans le bief fluviomaritime, d'Ancenis à Nantes, s'ajoute l'influence de la marée. En choisissant des situations de référence à débit et coefficient de marée fixés, il est alors possible de mettre en évidence les variations et les évolutions de la morphologie du lit de la Loire.

FIGURE L1 C2 - 1



L'objectif de cet indicateur est de suivre et d'expliciter les variations des niveaux d'eau de la Loire entre Les Ponts-de-Cé et Nantes au cours du 20^e siècle et jusqu'en 2014.

Il se compose, depuis 1900, du suivi de l'évolution du débit nécessaire pour atteindre le 0 à l'échelle de Montjean-sur-Loire et des niveaux d'eau

atteints par un étiage sévère entre Les Ponts-de-Cé et Nantes ; ainsi que depuis 1996, du suivi des lignes d'eau entre Les Ponts-de-Cé et Nantes pour les 3 situations de référence et de l'évolution des niveaux d'eau dans le bief fluvial à différents débits.

TABEAU L1 C2 - 1

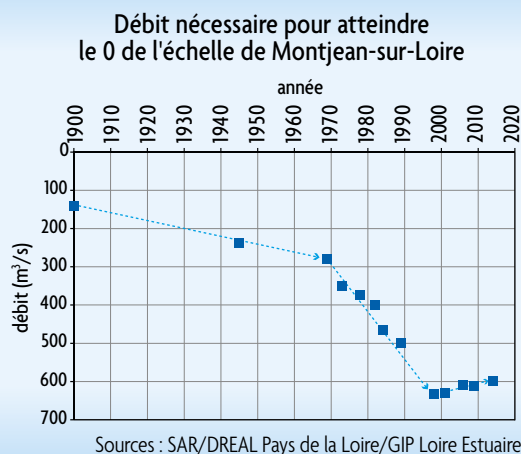
Les situations de référence			
N°	Libellé	Débit à Montjean-sur-Loire (m³/s)	Coefficient de marée
1	Etiage et vives eaux	240 ≤ Q ≤ 260	90 ≤ coef. ≤ 100
2	Hautes eaux et vives eaux	1450 ≤ Q ≤ 1550	90 ≤ coef. ≤ 100
4	Etiage et mortes eaux	240 ≤ Q ≤ 260	40 ≤ coef. ≤ 50

Source : GIP Loire Estuaire

Un abaissement enrayé

Tout au long du 20^e siècle, le débit nécessaire pour atteindre le 0 de l'échelle de Montjean-sur-Loire n'a cessé d'augmenter : d'abord lentement de 1900 à 1970 (le débit passe de 140 à 280 m³/s pour atteindre le même niveau) puis, plus rapidement de 1970 à 2000 (de 280 à 630 m³/s). Cette augmentation est liée à l'incision du chenal consécutive aux travaux d'amélioration de la navigabilité du fleuve (mise en place des épis et chevrettes entre La Pointe et Nantes, creusement du bassin de marée entre Oudon et Nantes) et aux extractions de sable dans le lit mineur (entre le bec d'Allier et Nantes). Cette augmentation est particulièrement rapide dès les années 1970, notamment en raison de l'augmentation des volumes de sable extraits à partir de 1965. L'extraction dans le lit mineur est réduite dès 1978 et interdite depuis 1993.

GRAPHIQUE L1 C2 - 1



Depuis une quinzaine d'années, la tendance s'est inversée puisqu'une légère baisse du débit nécessaire pour atteindre le zéro est observée, avoisinant les 600 m³/s en 2014. Cela suppose un rehaussement des fonds, au moins localement.

L'analyse des niveaux d'eau à l'étiage sur l'ensemble du secteur compris entre Les Ponts-de-Cé et Nantes confirme cette évolution. Dans le bief fluvial, l'analyse est faite pour l'étiage conventionnel de 177 m³/s. Dans le bief fluvio-maritime, elle est conduite avec les niveaux de basse mer, pour un débit de 150 m³/s et un coefficient de marée de vives eaux, situation pour laquelle suffisamment de données anciennes existent.

L'intensité de l'abaissement des lignes d'eau tout au long du 20^e siècle croît d'amont en aval : de 0,70 m aux Ponts-de-Cé à 3,90 m à Thouaré-sur-Loire et Nantes-Saint-Félix.

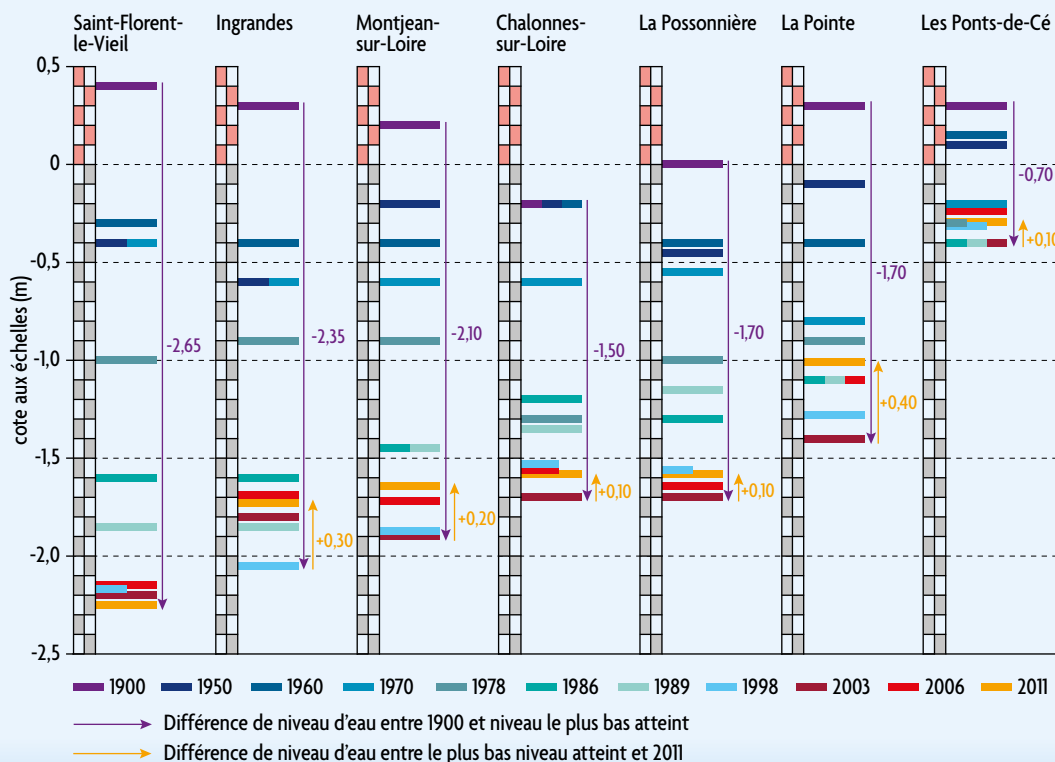
Entre Mauves-sur-Loire et Nantes-Saint-Félix, l'abaissement est très important dans la première moitié du 20^e siècle, respectivement de 1,30 m et 2,90 m, suite au creusement du bassin de marée (1913-1915). En amont de Mauves-sur-Loire, l'abaissement est plus important à partir de 1970, conséquence de l'intensification des extractions de sable dans le lit mineur : la baisse de la ligne d'eau est au moins égale à 1 m sauf aux deux stations les plus amont.

La remontée des lignes d'eau d'étiage et de basse mer est plus précoce et plus importante dans le bief fluvio-maritime. Les niveaux les plus bas sont atteints en 1990, voire dès 1974 à Mauves-sur-Loire alors qu'un abaissement des lignes d'eau jusqu'en 1998 ou 2003, selon les stations, est observé dans le bief fluvial. Le rehaussement le plus fort est mesuré entre Oudon et Thouaré-sur-Loire : les niveaux d'eau sont aujourd'hui plus hauts de 0,60 à 0,75 m. Dans le bief fluvial, excepté à Saint-Florent-le-Vieil, la remontée est moindre, de 0,10 à 0,40 m en une dizaine d'années, avec un relèvement maximal à la Pointe et un niveau d'eau en 2011 plus haut qu'en 1986.



GRAPHIQUE L1 C2 - 2

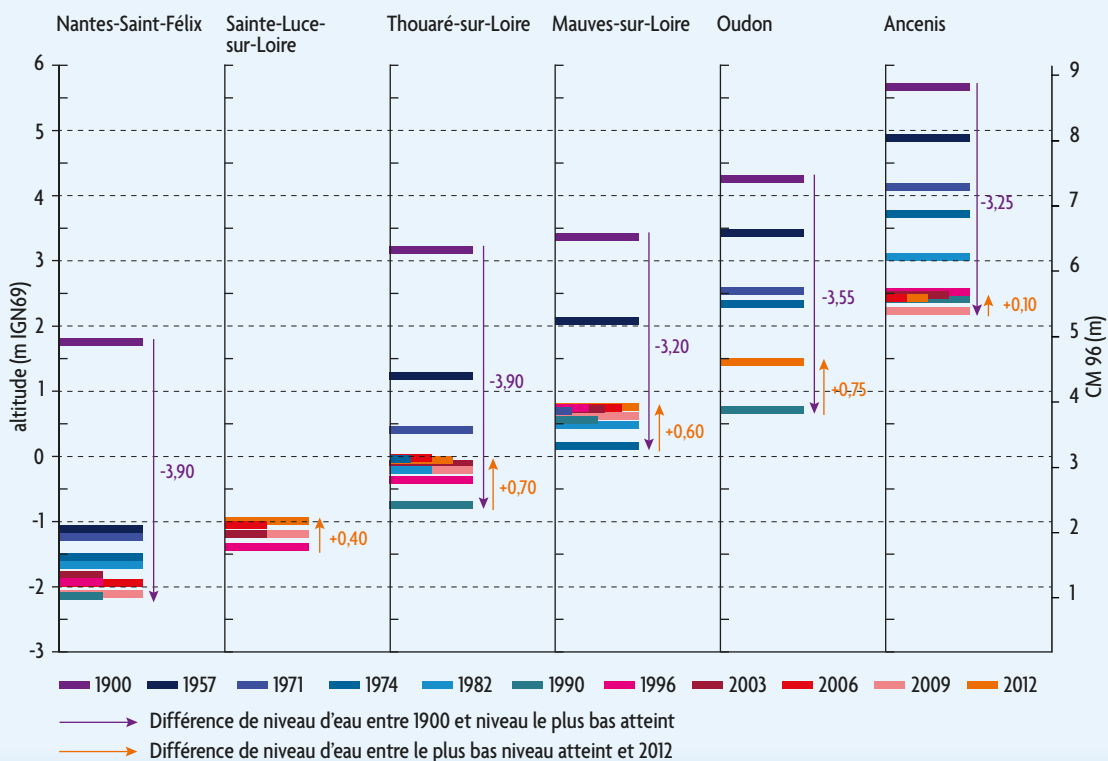
Niveaux d'eau atteints par un étiage de 177 m³/s à chaque échelle du bief fluvial, entre 1900 et 2011



Sources : SAR/EPL/DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

GRAPHIQUE L1 C2 - 3

Niveaux d'eau atteints à basse mer de vives eaux par un étiage de 150 m³/s dans le bief fluviomaritime, entre 1900 et 2012



Sources : SAR/EPL/DREAL Pays de la Loire/DDTM44/GIP Loire Estuaire



Amont du Pont d'Ingrandes à 2000 m³/s



Amont du Pont d'Ingrandes à 200 m³/s

Depuis 20 ans, des évolutions différentes en fonction du débit et les effets des travaux

Sur la période 1996-2014, les mesures en continu des niveaux d'eau montrent que les petites différences de coefficient de marée pour une même situation de référence entraînent de faibles variations du niveau des basses mers, accentuées par les surcotes ou décotes liées aux conditions météorologiques (vent, pression atmosphérique).

Aucune évolution significative du niveau des basses mers dans le bief fluviomaritime n'est observable depuis 20 ans pour chacune des 3 situations de référence étudiées (étiage/vives eaux, étiage/mortes eaux, hautes eaux/vives eaux).

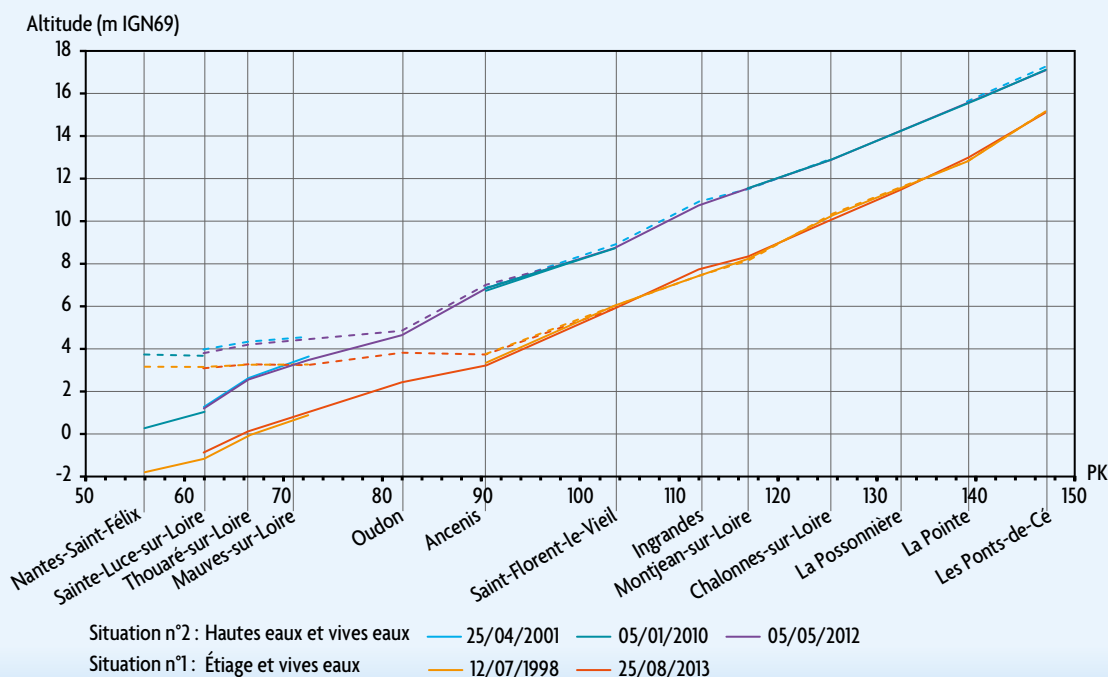
La forme générale des lignes d'eau entre Les Ponts-de-Cé et Nantes est la même pour les 3 situations de référence étudiées entre 1996 et 2014. La différence entre les niveaux d'eau

d'étiage et de hautes eaux est minimale aux extrémités des biefs : aux Ponts-de-Cé et à Nantes-Saint-Félix, en condition de basse mer et de vives eaux. L'écart est maximal à Montjean-sur-Loire avec 3,35 m. Dans le bief fluviomaritime, le débit a encore une influence significative sur la hauteur des pleines mers : la différence de niveau d'eau entre les situations n°1 et n°2 est de près de 0,60 m à Nantes-Saint-Félix et de plus d'1 m à Mauves-sur-Loire.

Les niveaux extrêmes mesurés des Ponts-de-Cé à Nantes-Saint-Félix entre 1996 et 2014 correspondent aux occurrences des débits extrêmes : 103 m³/s en juillet 2011 et 5030 m³/s en janvier 2000 (respectivement 7,4 m et 15,2 m IGN69 à Montjean-sur-Loire).

GRAPHIQUE L1 C2 - 4

Extrait des lignes d'eau en étiage et hautes eaux, des Ponts-de-Cé à Nantes, sur la période 1996-2014



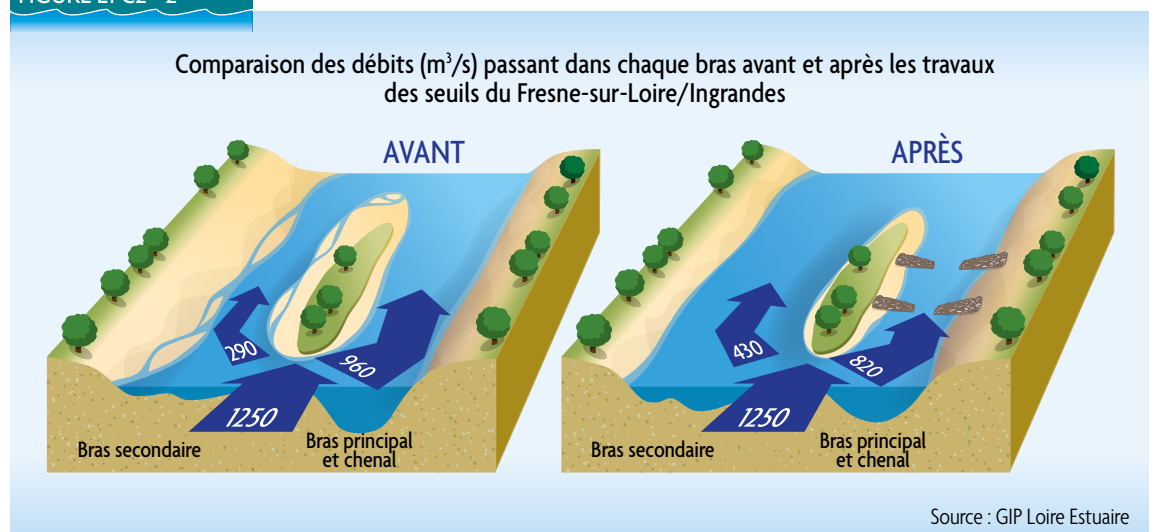
Sources : DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

Dans le bief fluvial, selon les stations et selon les débits, les variations des niveaux d'eau entre 1996 et 2014 sont différentes. Sur l'ensemble des situations hydrologiques étudiées, les variations du niveau d'eau au cours d'une année pour un même débit sont les plus importantes aux stations de La Pointe et La Possonnière. Montjean-sur-Loire est la station la plus stable. Il s'agit de la station de jaugeage, c'est-à-dire qu'à partir des enregistrements en continu des hauteurs d'eau et des mesures ponctuelles de débit (jaugage), la relation hauteur-débit est établie à l'aide des courbes de tarage.

Depuis 2002, des opérations sont mises en œuvre pour relever la ligne d'eau d'étiage. A commencer

par les seuils du Fresne-sur-Loire / Ingrandes, 2 ouvrages transversaux distants de 400 mètres, en enrochement et géotextile, avec échancrure, placés dans le bras principal afin de relever le niveau d'eau d'étiage de 0,50 m et rééquilibrer les écoulements avec le bras secondaire. En 2009, **le remodelage des épis entre La Pointe et Chalonnes-sur-Loire**, consiste en un abaissement et/ou raccourcissement des épis par retrait des enrochements afin d'élargir la section d'écoulement, libérer le sable stocké entre épis, favoriser les dépôts de sédiments, et relever le niveau d'eau d'étiage. L'analyse des niveaux d'eau depuis 20 ans pour un débit d'étiage de 250 m³/s permet d'apprécier l'impact de ces travaux.

FIGURE L1 C2 - 2



La hausse des niveaux d'eau à Ingrandes dès 2002, pour un débit de 250 m³/s est directement liée aux impacts des seuils du Fresne-sur-Loire / Ingrandes. Une baisse des niveaux d'eau s'en suit, avant une stabilisation au-dessus du niveau mesuré à la fin des années 1990. Cette baisse est consécutive à une meilleure alimentation en eau du bras secondaire dont la section, plus large, conduit à un abaissement du niveau d'eau en amont.

Les effets du remodelage des épis s'observent aux stations de La Pointe et La Possonnière. Pour la première, les niveaux d'eau mesurés depuis 2011, sont les plus hauts mesurés depuis 1996. Pour la seconde, les niveaux sont encore en 2014 plus bas qu'à la fin des années 1990, mais un rehaussement est observé depuis 2009.

Sur la moitié des stations du bief fluvial (La Pointe, Montjean-sur-Loire et Ingrandes), les niveaux d'eau à l'étiage (250 m³/s) sont aujourd'hui de 0,20 à 0,30 mètres plus hauts qu'à la fin des années 1990. C'est l'inverse pour les trois autres stations, (Saint-Florent-le-Vieil, Chalonnes-sur-Loire et La Possonnière)

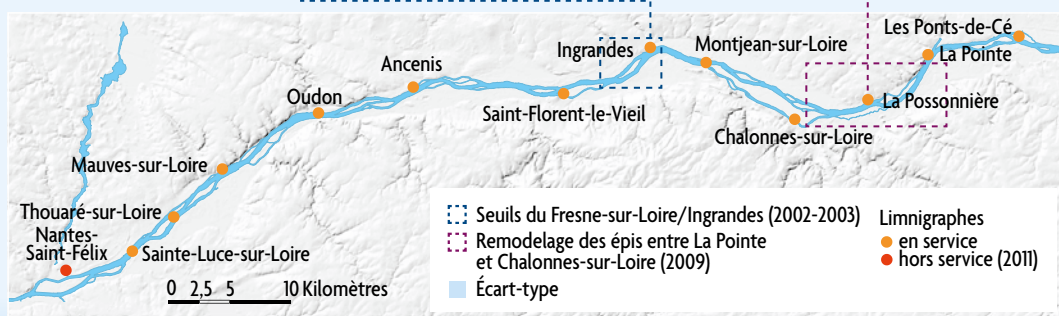
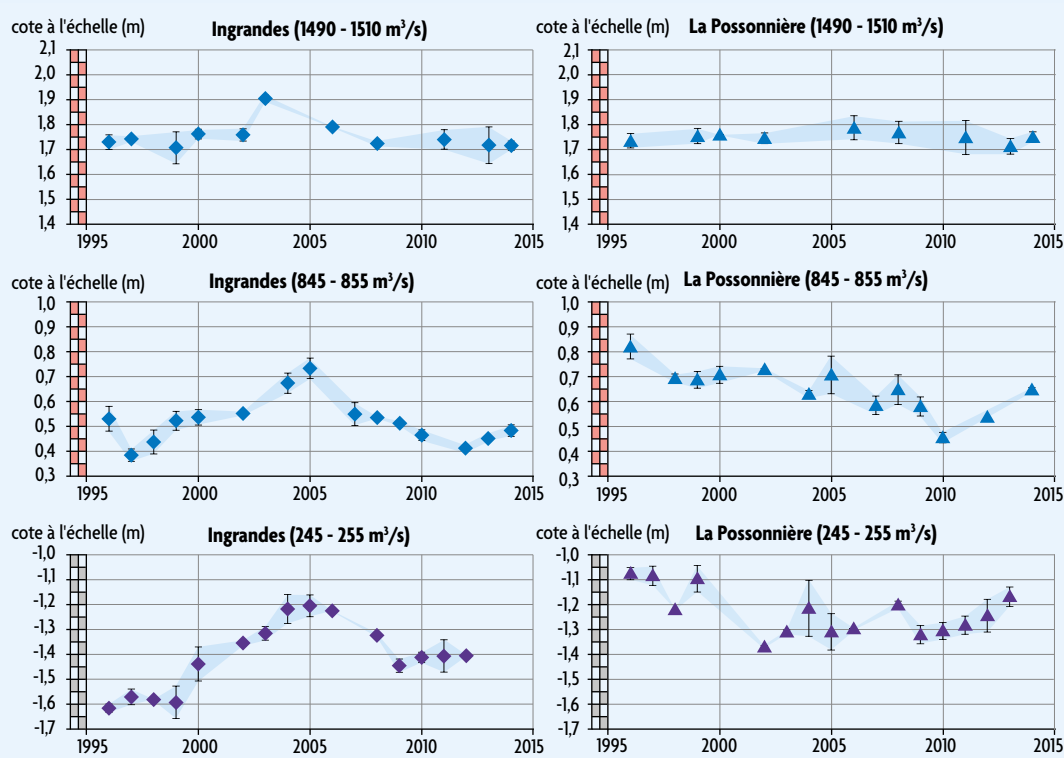
avec néanmoins une tendance à la stabilisation voire à la remontée de la ligne d'eau ces dernières années. **Les travaux réalisés ayant des effets essentiellement locaux, d'autres facteurs avec un effet plus global sur l'évolution des lignes d'eau sont donc entrés en jeu, l'arrêt des extractions de granulats depuis 1993 dans le lit mineur de la Loire en fait probablement partie.**

Les niveaux d'eau à 250 m³/s mesurés aux Ponts-de-Cé sont quant à eux stables depuis 20 ans.



FIGURE L1 C2 - 3

Niveaux d'eau aux échelles d'Ingrandes et La Possonnière entre 1996 et 2014 pour différents débits



Sources : DREAL Pays de la Loire/GIP Loire Estuaire

Au module (850 m³/s), contrairement à l'étiage, aucun rehaussement significatif du niveau d'eau n'est observé. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une modification de la morphologie : rehaussement du chenal du bras principal (correspondant à la section d'écoulement à l'étiage) et érosion des bancs de sable latéraux.

A Ingrandes, la baisse consécutive au pic de 2005 ramène les hauteurs d'eau au niveau de la fin des années 1990. C'est le même phénomène qu'à l'étiage qui se fait ressentir, mais avec une intensité plus forte.

A Chalonnes-sur-Loire, une tendance significative à la baisse s'observe, même encore récemment contrairement à l'étiage : l'hypothèse d'un débit plus important passant dans le bras secondaire de Saint-Georges suite à l'élargissement des brèches dans la chevette de l'Alleud peut être avancée (Lefort, 2009). **L'abaissement des niveaux d'eau ne correspond**

donc pas systématiquement à un abaissement des fonds, mais aussi à une modification de l'ensemble de la section d'écoulement.

En hautes eaux (1500 m³/s), les niveaux d'eau sont généralement stables sur la période de suivi. Les variations intra-annuelles sont plus fortes que les variations interannuelles sur certaines stations.

En crue non débordante (3300 m³/s), les niveaux d'eau actuels sont à minima les mêmes qu'à la fin des années 1990, voire supérieurs sur plusieurs stations. Cette condition est cependant représentée par seulement 9 occurrences entre 1996 et 2014. Pour les 4 stations les plus amont, les niveaux d'eau sont plus hauts aujourd'hui qu'à la fin des années 1990, de 0,20 m (La Possonnière, Montjean-sur-Loire) à 0,40 m (La Pointe). Pour les 2 autres stations (Saint-Florent-le-Vieil et Ingrandes), les niveaux actuels sont sensiblement les mêmes qu'à la fin du siècle dernier.

Sources & Méthodes

Les hauteurs d'eau sont obtenues à partir des enregistrements en continu aux limnigraphes de la DREAL Pays de la Loire. Les données retenues ou calculées sont : **la hauteur moyenne du jour entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Florent-le-Vieil, la hauteur d'eau instantanée maximale (pleine mer) et minimale (basse mer) entre Ancenis et Nantes-Saint-Félix** (cette dernière station étant hors service depuis 2011). Afin de comparer les stations entre elles, les données sont rapportées au plan unique de référence topographique IGN69 pour tracer les lignes d'eau, en ajoutant, aux valeurs de hauteurs d'eau enregistrées à chaque station, le nivellement correspondant.

Les dates d'occurrence des situations de référence sont obtenues par croisement des tables de coefficient de marée à Saint-Nazaire fournies par le SHOM, et des chroniques des débits moyens journaliers à Montjean-sur-Loire de la Banque

Hydro du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer.

Les dates retenues pour tracer les lignes d'eau sont celles qui rassemblent le plus de données. **Cette méthode permet des comparaisons interannuelles entre des situations de référence précises de débits du fleuve et de coefficients de marée mais ne prend pas en compte l'influence de la pression atmosphérique et du vent sur les niveaux d'eau. Pour y remédier, les dates choisies sont celles pour lesquelles la pression atmosphérique est la plus proche de 1013 hPa** (soit sans effet de surcote ou décote des niveaux d'eau) quand cela est possible, et les conditions météorologiques sont systématiquement recherchées sur le site internet Infoclimat.fr pour chaque mesure afin d'expliquer les éventuelles variations.

Des références

Les données historiques sur le bief fluviomaritime proviennent de l'Etude de faisabilité sur la remontée de la ligne d'eau entre Nantes et la Maine et son dossier technique « Abaissement des lignes d'eau de la Loire et milieux naturels », de l'Etablissement Public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents et du Service Maritime et de Navigation de Nantes, 1992.

Sabliers Angevins Réunis – Rapport de synthèse, « Histoire et analyse de l'évolution du cours de la Loire entre Nantes et Angers », mars 1993.

A. Latapie, « Modélisation de l'évolution morphologique d'un lit alluvial : application à la Loire moyenne », 2011.

Expertise hydrosédimentaire de P. Lefort, « La Loire des Ponts-de-Cé à Nantes, redéfinition d'un cadre d'objectifs et d'intervention », 2009, GIP Loire Estuaire.

S. Poligot-Pitsch et al., « Contribution de l'hydrométrie au suivi de l'évolution du lit de la Loire aval », La Houille Blanche, 2014.



Établissement public du ministère
chargé du développement durable



Cette brochure est cofinancée par l'Union européenne.
L'Europe s'engage en Pays de la Loire avec
le Fonds européen de développement régional.

Cette fiche appartient au CAHIER 2002 INDICATEURS édité par le GIP Loire Estuaire • 22, rue de la Tour d'Auvergne 44200 NANTES • Tél. : 02 51 72 93 65 • Télécopie : 02 51 82 35 67 • E-mail : gip@loire-estuaire.org • www.loire-estuaire.org • Rédaction : GIP Loire Estuaire • Maquette : Jean-Luc Hubiche • Réalisation / illustrations : Com'caféine, GIP Loire Estuaire • Crédits photo : Philippe Graindorge-Gerpho, Montevideo, GIP Loire Estuaire • ISSN : en cours. Le GIP Loire Estuaire est cofinancé par ses membres, l'Union européenne et l'Agence de l'eau Loire Bretagne.