

# Les niveaux d'eau de la Loire en amont de Nantes



Un siècle d'évolution des lignes d'eau



---

## Sommaire

---

Introduction .....	3
Un siècle d'évolution des niveaux d'eau .....	7
Un siècle de données quotidiennes à Montjean-sur-Loire .....	7
Des Ponts-de-Cé à Nantes .....	8
Des Ponts-de-Cé à Oudon de 1968 à 2018 .....	10
L'étiage (250 m <sup>3</sup> /s) .....	11
Bief fluvial .....	11
Ancenis et Oudon .....	11
L'effet des programmes de relèvement de la ligne d'eau d'étiage .....	12
Le module (850 m <sup>3</sup> /s) .....	13
Bief fluvial .....	13
Les hautes eaux (1500 m <sup>3</sup> /s) .....	13
Bief fluvial .....	13
Ancenis et Oudon .....	13
Crue non débordante (3300 m <sup>3</sup> /s) .....	14
Bief fluvial .....	14
Ancenis et Oudon .....	14
La ligne d'eau des Ponts-de-Cé à Nantes .....	15
Conclusion/Perspectives .....	17
Planches graphiques .....	18



## Introduction

Les niveaux d'eau de la Loire en amont de Nantes varient suivant le débit et la forme de la section d'écoulement. Dans le bief fluvio-maritime, d'Ancenis à Nantes, s'ajoute l'influence de la marée dont l'amplitude dépend du coefficient de marée et du débit fluvial.

**L'influence marine disparaît à environ 100 km de Saint-Nazaire, en aval de Saint-Florent-le-Vieil.** Selon les conditions hydrologiques, un marnage d'amplitude variable (différence entre le niveau de pleine mer et celui de la basse mer suivante) est donc observé entre Ancenis et Nantes.

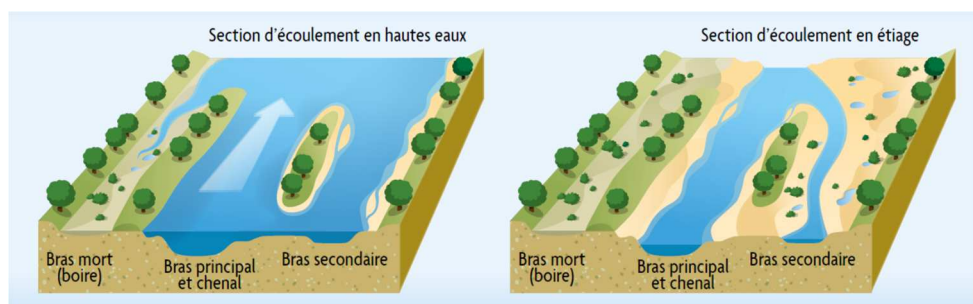


Figure 1 : formes de la section d'écoulement

Les travaux réalisés dans le lit de la Loire au cours du XX<sup>e</sup> siècle avaient pour objectif de faire remonter l'onde de marée avec une amplitude maximale jusqu'à Nantes. L'influence marine - qui remontait jusqu'à Mauves-sur-Loire au début du siècle dernier - atteint Ancenis depuis les années 1970.

En choisissant des situations de référence à débit et coefficient de marée fixés, il est possible de mettre en évidence les variations et les évolutions des niveaux d'eau et donc de la morphologie du lit de la Loire. Dans le bief fluvio-maritime, le niveau des basses mers est utilisé afin que les mesures soient comparables au bief fluvial.

**Les conditions météorologiques (pression atmosphérique et vent) influencent également les niveaux d'eau :** les basses pressions atmosphériques et le vent d'ouest favorisent une élévation des niveaux, il s'agit alors de **surcote**, tandis que les hautes

pressions et le vent d'est provoquent une **décote**. L'influence de la force du vent décroît dans l'estuaire d'aval en amont : un vent d'ouest de 10 m/s provoque une élévation de 10 cm à Saint-Nazaire mais négligeable à Ancenis. Des différences de plusieurs dizaines de centimètres entre les niveaux d'eau prédits (à pression atmosphérique normale et vent nul) et mesurés sont ainsi régulièrement observées.

Même en fixant les conditions hydrologiques, il est difficile de s'affranchir des variations liées au débit. En effet le contexte hydrologique au-delà du seul débit du jour a une importance. Par exemple, une crue quelques temps avant la date sélectionnée aura remobilisé le sable et modifié la section d'écoulement.

Ceci (ainsi que les conditions météorologiques) explique notamment les variations de niveaux d'eau pour un même débit. C'est pourquoi l'écart type sera toujours représenté avec les valeurs moyennes.

N°	Situation	Débit à Montjean-sur-Loire (Q en m <sup>3</sup> /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
5	Hautes eaux et mortes eaux	1450 ≤ Q ≤ 1550	40 ≤ coef. ≤ 50
7	Module	840 ≤ Q ≤ 860	Marée quelconque
8	Crue	3250 ≤ Q ≤ 3320	Marée quelconque

Figure 2 : les situations de références utilisées dans l'analyse

Les conditions couplées d'étiage et de vives eaux favorisent un marnage maximal, alors qu'il sera minimal, lors de hautes eaux en mortes eaux.



**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.



**Ecart-type** : mesure de la dispersion des valeurs autour de la moyenne.

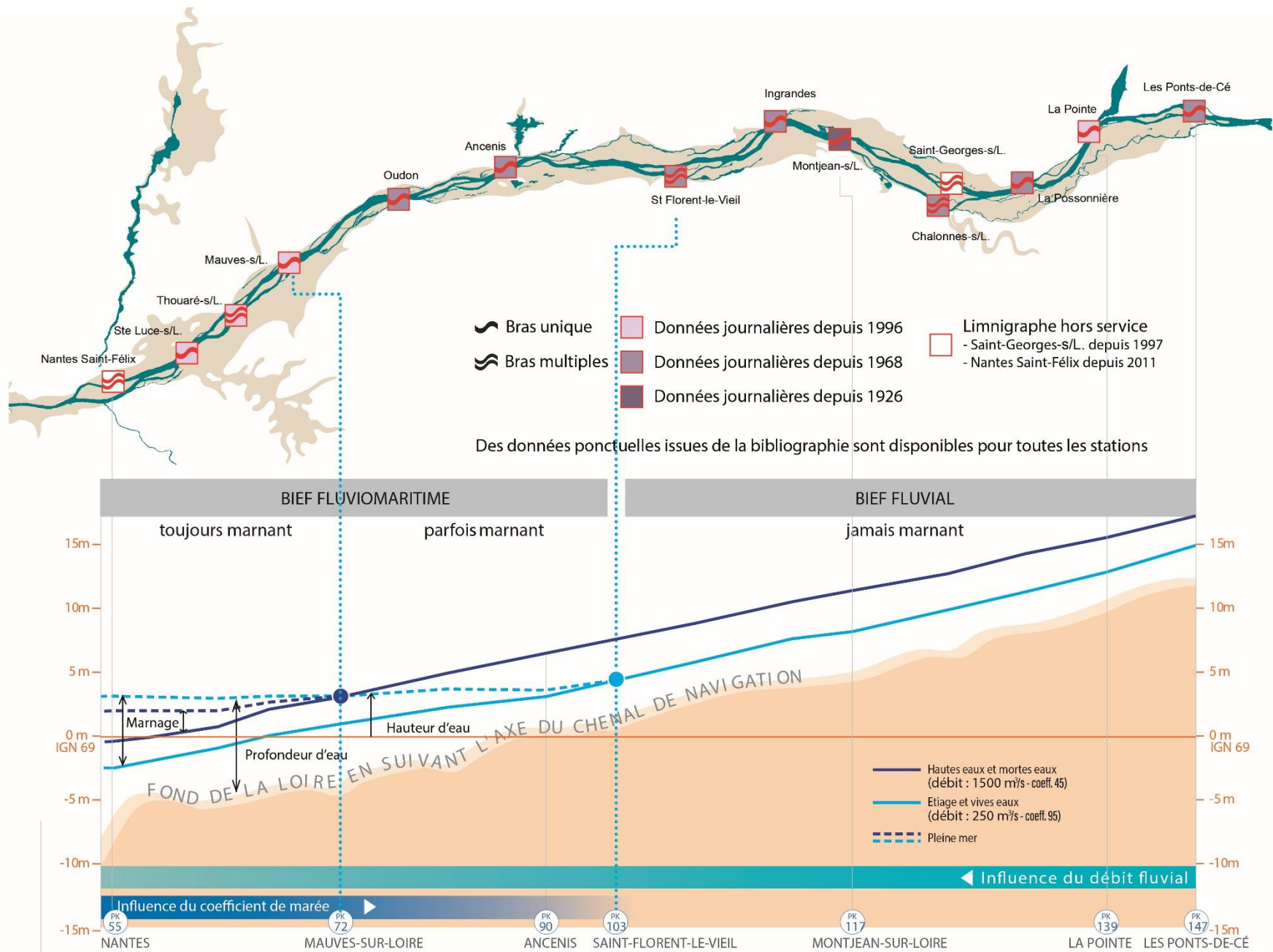


Figure 3 : localisation des limnigraphes et schéma des lignes d'eau entre Les Ponts-de-Cé et Nantes

Débit (m<sup>3</sup>/s)

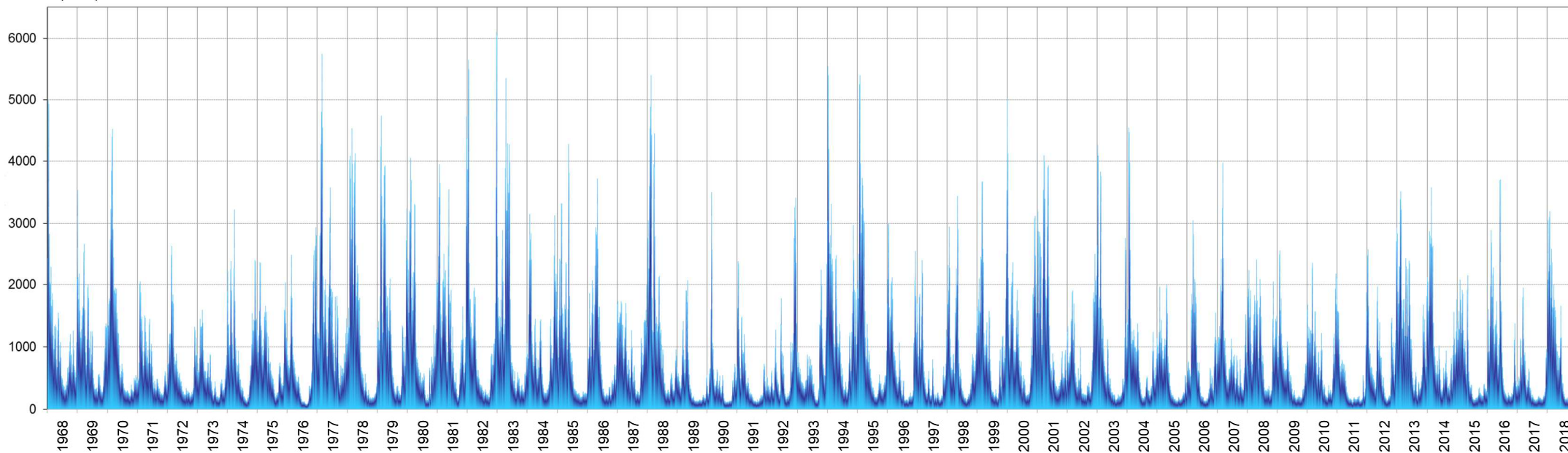
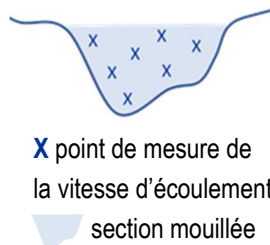


Figure 4 : débits journaliers à Montjean-sur-Loire de 1968 à 2018 – Source des données : DREAL Pays de la Loire

**Le suivi des niveaux d'eau en amont de Nantes est mis à jour régulièrement grâce aux enregistrements en continu des 12 limnigraphes entre Les Ponts-de-Cé et Nantes.** Ces limnigraphes sont situés proches des rives, parfois à des endroits où la Loire coule dans plusieurs bras. Le point de mesure n'est donc pas forcément représentatif de toute la section d'écoulement.

Les méthodes de mesure ont évolué depuis le début du suivi, de la simple lecture d'échelle au capteur radar.

**Le débit, dont la mesure en continu est très complexe, est déterminé à partir de la hauteur d'eau à l'échelle de Montjean-sur-Loire, grâce à des jaugeages réguliers.** Les jaugeages consistent en des mesures des vitesses d'écoulement en plusieurs points de la section.



Le débit est ensuite calculé en multipliant la surface de la section mouillée par la vitesse moyenne. Les jaugeages permettent de définir une courbe de tarage qui exprime la correspondance entre les débits et les hauteurs d'eau.

**L'évolution très rapide des niveaux d'eau entre la fin des années 1960 et 1990 a nécessité la mise à jour régulière de la courbe de tarage.** Les dates de changements de courbe sont fixées au mieux et peuvent entraîner des erreurs ou des approximations sur les débits lorsque la différence entre deux courbes est grande. C'est le cas pour le changement au cours de l'année 1980 (50 cm de différence pour un débit de 250 m<sup>3</sup>/s) d'après les courbes de tarage reconstituées par la DREAL Pays de la Loire (celles utilisées à l'époque ne sont pas disponibles). Les différences les plus grandes sont mesurées à l'étiage et peuvent engendrer des erreurs dans la sélection des situations de référence. Les niveaux d'étiage de cette année-là ne seront donc pas représentés sur les graphiques.

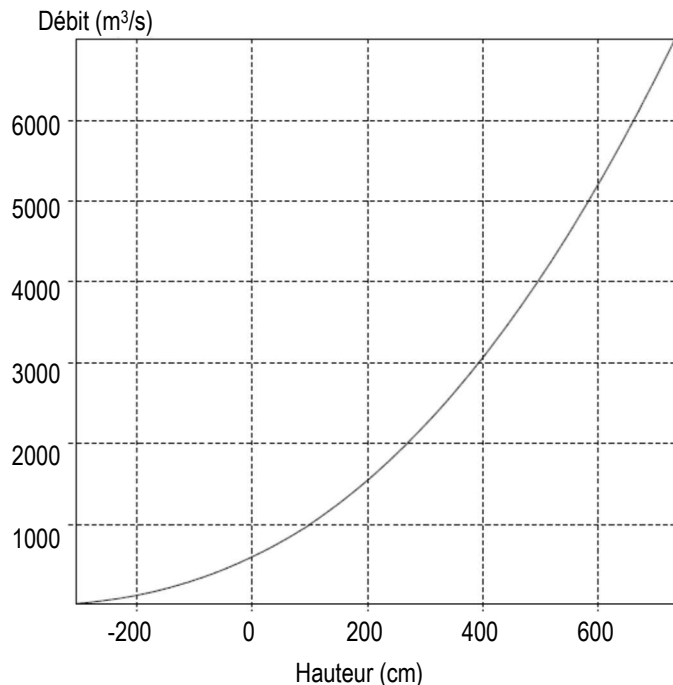
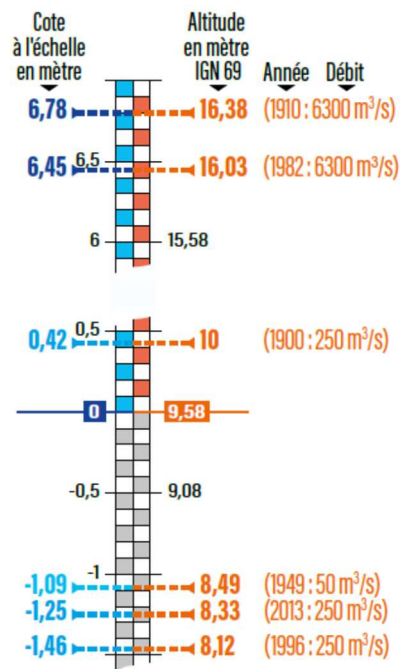


Figure 5 : courbe de tarage en vigueur depuis juin 2016 à Montjean-sur-Loire (courbe de tarage valable à ce jour (juillet 2019), susceptible d'être modifiée, y compris rétroactivement, sans avertissement préalable) - Source des données : DREAL Pays de de la Loire

Les niveaux d'eau en amont de Nantes s'expriment soit directement en cote à l'échelle, soit en altitude par rapport au zéro de l'Institut Géographique National (0 IGN 69). **L'altitude du zéro des différents limnigraphes étant différente, le 0 IGN 69 est utilisé pour les représentations des lignes d'eau.**

Ce suivi en continu est complété par les données issues des cahiers de relevés manuscrits quotidiens de 1968 à 1996 sur 9 stations entre Les Ponts-de-Cé et Oudon (depuis 1926 pour Montjean-sur-Loire), saisis et validés. Les relevés de Chalonnes-sur-Loire sur cette période ne sont pas utilisés car trop de données sont jugées douteuses.



Des données plus anciennes issues de la bibliographie sont utilisées afin de reconstituer l'évolution des niveaux d'eau depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle sur toutes les stations.

La synthèse de ce suivi est ici présentée, en s'attachant à expliciter les variations des niveaux d'eau par les différents aménagements, travaux et usages ayant lieu sur le lit de la Loire.

Figure 6 : niveaux d'eau mesurés à l'échelle de référence de Montjean-sur Loire – Sources des données : DREAL Pays de de la Loire, SAR



Figure 7 : exemple de cahier de relevés manuscrits des niveaux d'eau

## Un siècle d'évolution des niveaux d'eau

### Un siècle de données quotidiennes à Montjean-sur-Loire

À Montjean-sur-Loire, station hydrologique de référence, les données historiques de hauteurs d'eau depuis 1925 ont été numérisées par la DREAL Pays de la Loire et permettent d'avoir une chronique de données précise sur près d'un siècle.

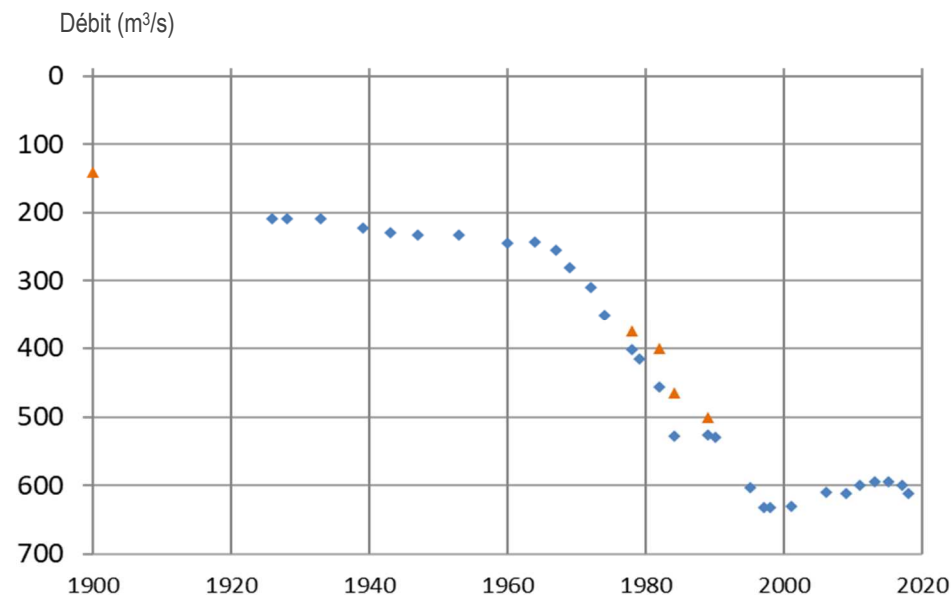
L'évolution du débit nécessaire pour atteindre le 0 de l'échelle de Montjean-sur-Loire, calé sur le niveau des plus basses eaux à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, traduit les modifications de la morphologie du lit de la Loire.

Les données numérisées par la DREAL ont été comparées aux données de la bibliographie et, malgré quelques différences, la tendance qui en ressort est la même. La fréquence des données numérisées permet de compléter la chronique et préciser l'évolution tout au long du XX<sup>e</sup> siècle. Trois phases se distinguent nettement :

- une augmentation d'abord lente du débit nécessaire pour atteindre le 0 de l'échelle ;
- puis une augmentation beaucoup plus rapide de la fin des années 1960 à la fin des années 1990 ;
- enfin, un inversement de la tendance avec une légère baisse du débit nécessaire pour atteindre le 0.

#### Travaux réalisés :

- 1 : Construction d'épis (1909-1915) : concentrer les écoulements pour augmenter les profondeurs d'eau
- 2 : Creusement du bassin de marée entre Nantes et Oudon (1913-1915) : projeter l'onde de marée le plus loin possible vers l'amont
- 3 : Extraction de sable dans le lit mineur (1920-1992) ; quantités accrues entre 1965 et 1978 : pour les matériaux de construction principalement et pour le maraichage.
- 4 : Arasement de seuils rocheux (1970) : diminuer les frottements pour éviter tout obstacle à la propagation de la marée
- 5 : Mise en place des seuils expérimentaux du Fresne-sur-Loire / Ingrandes (2002) : relever le niveau d'étiage et rééquilibrer les écoulements avec le bras secondaire.
- 6 : Remodelage des épis entre La Pointe et Chalonnnes-sur-Loire (2009) : élargir la section d'écoulement et remobiliser le sable stocké entre épis
- 7 : Démantèlement des boudins en géotextile des seuils expérimentaux du Fresne-sur-Loire / Ingrandes (2017)



XX<sup>e</sup> siècle : volonté de projeter l'onde de marée le plus loin possible vers l'amont

XXI<sup>e</sup> siècle : volonté de relever la ligne d'eau d'étiage du fleuve, remonter les fonds du chenal principal, rééquilibrer les écoulements entre les bras de Loire

◆ Données numérisées par la DREAL Pays de la Loire

▲ Données issues de la bibliographie

Figure 8 : débit nécessaire pour atteindre le zéro de l'échelle de Montjean-sur-Loire et chronologie des travaux réalisés dans le lit de la Loire avec leurs effets recherchés – Sources des données : DREAL Pays de la Loire, SAR

L'augmentation, tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, du débit nécessaire pour atteindre le 0 de l'échelle, est liée aux travaux d'amélioration de la navigabilité du fleuve et aux extractions de sable dans le lit mineur (90 millions de mètres cubes entre 1900 et 1993 entre Nantes et la Pointe) qui ont impacté la morphologie du lit de la Loire. Le chenal s'étant alors incisé, un volume d'eau plus important est nécessaire pour atteindre le même niveau d'eau.

La répercussion sur les niveaux d'eau est plus forte à l'étiage. **Plus le débit est élevé, moins la baisse des niveaux d'eau au cours du XX<sup>e</sup> siècle est importante** : 1 m en hautes eaux contre 1,60 m en étiage. Depuis une vingtaine d'années, les niveaux d'eau sont stables ou augmentent légèrement à toutes les situations hydrologiques.

Cote à l'échelle (m)

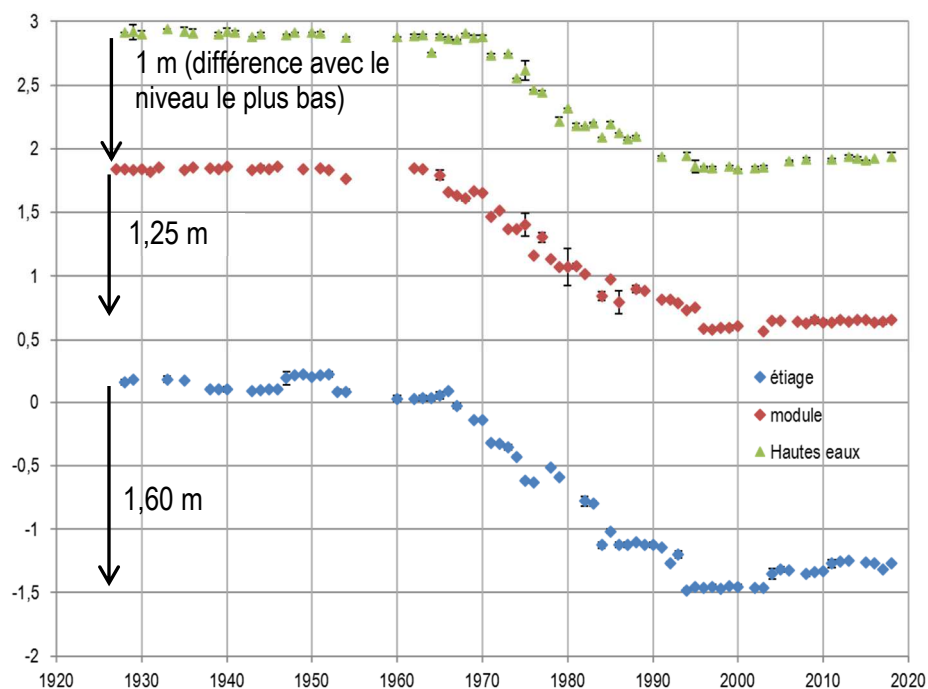


Figure 9 : niveaux d'eau à Montjean-sur-Loire à différents débits depuis 1926 –  
Source des données : DREAL Pays de la Loire



**Épi** : ouvrage généralement constitué de pieux et d'enrochements, établi dans le lit du fleuve à partir des rives pour diminuer la section d'écoulement en période de basses eaux et ainsi diriger et accélérer les courants.



**Seuil** : barre rocheuse naturelle ou ouvrage transversal établi dans le lit du fleuve remontant directement le niveau de l'eau ou indirectement, par blocage des sables.

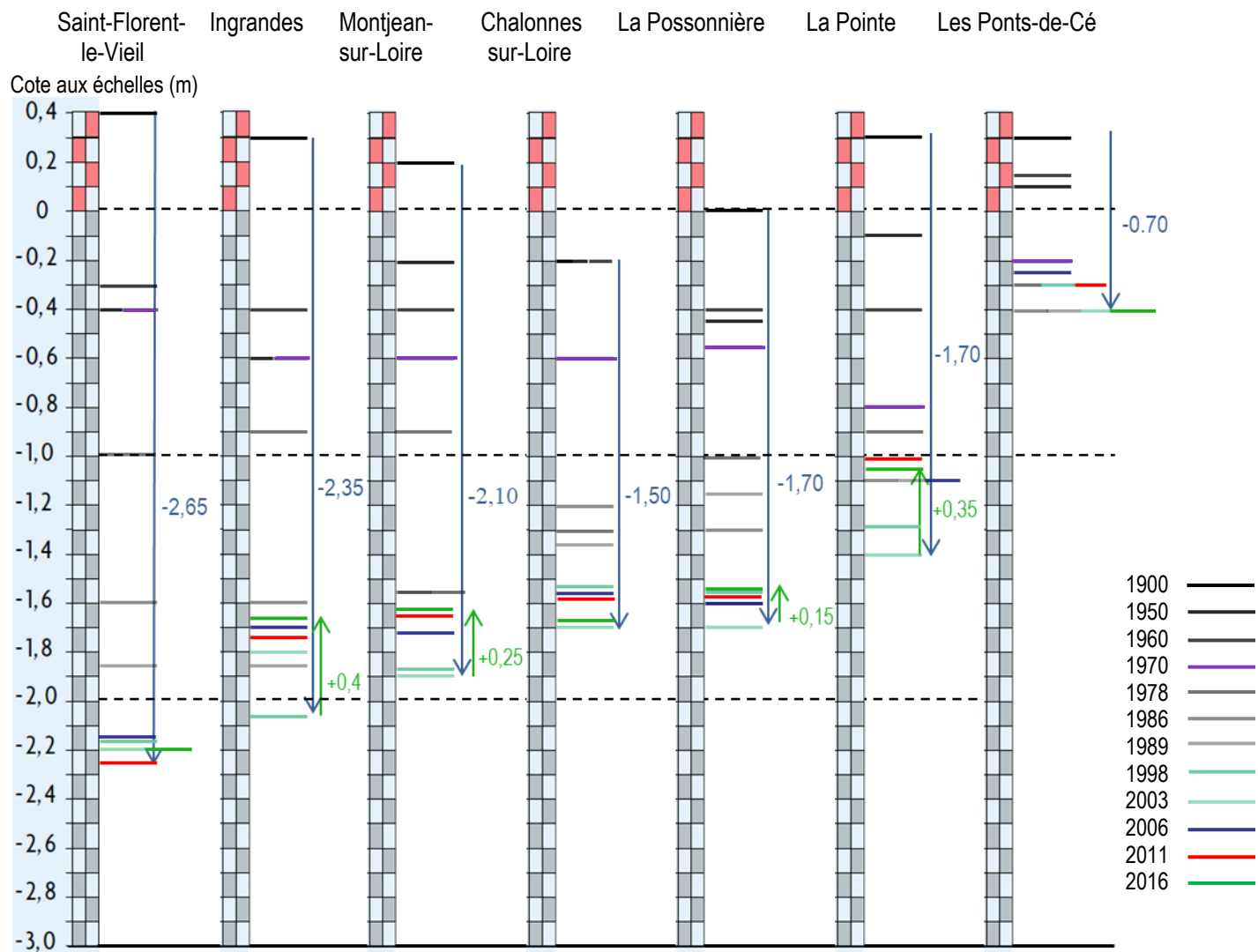
## Des Ponts-de-Cé à Nantes

**L'intensité de l'abaissement des lignes d'eau tout au long du XX<sup>e</sup> siècle croît d'amont en aval pour atteindre près de 4 m à Nantes.**

À Montjean-sur-Loire, comme sur l'ensemble des stations entre La Pointe et Oudon, l'abaissement est plus important à partir de 1970, conséquence de l'intensification des extractions de sable dans le lit mineur. En aval d'Oudon, c'est pendant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle que l'abaissement est le plus fort, en raison notamment du creusement du bassin à marée au début du siècle.

Dans le bief fluvial, les niveaux d'eau les plus bas sont atteints à la fin des années 1990 avant une stabilisation ou un rehaussement des niveaux d'eau selon les stations, jusqu'à 40 cm à Ingrandes. L'arrêt des extractions de sable dans le lit mineur est au moins un des facteurs en jeu dans cette inversion de tendance. La station des Ponts-de-Cé fait exception puisque les niveaux d'eau y sont stables depuis 1970.

**La remontée des lignes d'eau d'étiage et de basse mer est plus précoce et plus importante dans le bief fluviomaritime**, où elle est observée depuis le début des années 1990 (voire dès la fin des années 1970 à Mauves-sur-Loire) avec une remontée maximale de 70 cm.



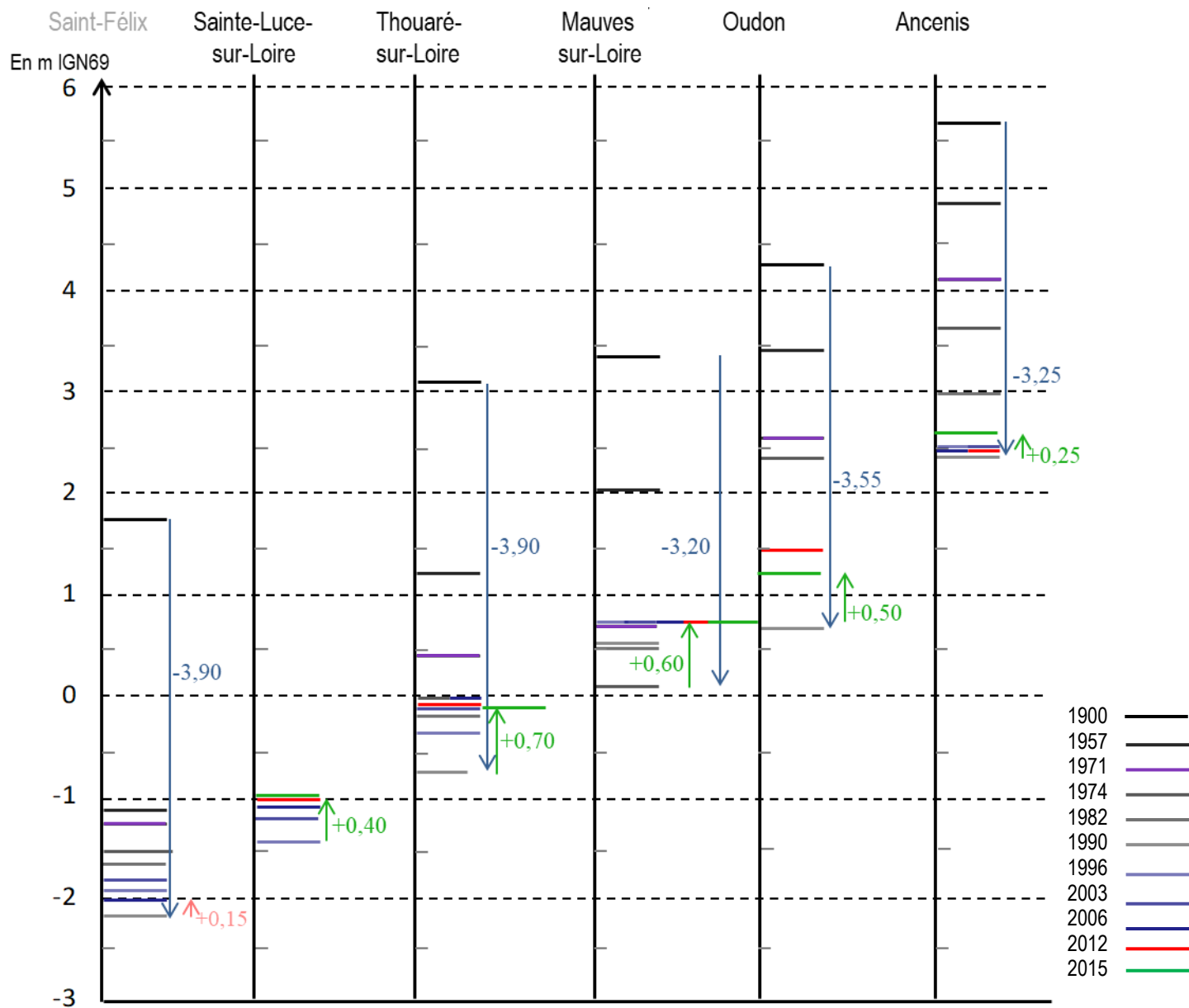


Figure 11 : niveaux d'eau atteints à basse mer de vives eaux par un étiage de 150 m<sup>3</sup>/s dans le bief fluviomaritime, entre 1900 et 2015 – Sources des données : SAR, EPL, DREAL Pays de la Loire, DDTM44



## Des Ponts-de-Cé à Oudon de 1968 à 2018

La haute fréquence des relevés disponibles dans les cahiers manuscrits permet de préciser l'évolution depuis 1968 sur l'ensemble du bief fluvial et sur une partie du bief fluvio-maritime jusqu'à Oudon. Cette date correspond au début de la période d'abaissement rapide des niveaux d'eaux dans ce secteur.

*N. B. : Les hauteurs d'eau dans le bief fluvial mesurées en cote à l'échelle sont représentées sur les planches graphiques à partir de la page 18.*

### L'étiage (250 m<sup>3</sup>/s)

#### Bief fluvial

Entre Montjean-sur-Loire et Saint-Florent-le-Vieil, les niveaux d'eau les plus bas sont atteints au début des années 1990 puis se stabilisent (Saint-Florent-le-Vieil) ou remontent (Ingrandes et Montjean-sur-Loire). L'abaissement n'est enrayé qu'au début des années 2000 à La Possonnière tandis que les niveaux sont stables depuis 1970 aux Ponts-de-Cé.

La remontée des niveaux plus tardive à La Possonnière est en partie due à la dégradation, à partir de 1995, de la brèche existante dans la chevette barrant le bras secondaire (bras de Saint-Georges) 2 km en aval. Cette brèche a continué d'évoluer de façon notable jusqu'en 2002. Elle est restée stable depuis cette date, ce qui correspond également à la période où les niveaux d'eau se sont stabilisés.

De la même façon, cette brèche a eu un effet sur les niveaux d'eaux mesurés à la station de Chalonnes-sur-Loire.

#### Ancenis et Oudon

Situées aujourd'hui dans le bief fluvio-maritime, Oudon et Ancenis étaient des stations fluviales au début du XX<sup>e</sup> siècle. L'onde de marée a atteint Oudon vers 1938 et Ancenis au milieu des années 1970. En situation de vives eaux et étiage, le marnage est mesuré depuis au moins 1978.



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



	1980	1989	1991	1992	Depuis 1996
Marnage max (m)	0,9	1,2	1,3	1,4	1,4
Débit (m <sup>3</sup> /s)	121	135	119	155	153
Coefficient de marée	110	113	107	114	109

Figure 12 : marnage maximum à Ancenis depuis 1980 – Sources des données : DREAL Pays de la Loire, SHOM

Hauteur d'eau (m IGN 69)

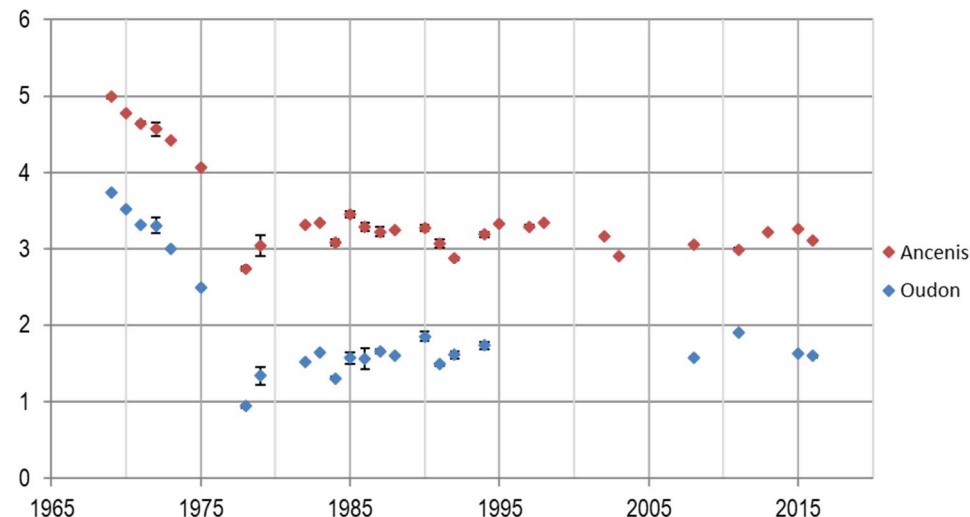


Figure 13 : niveaux d'eau de basse mer en étiage et vives eaux à Ancenis et Oudon entre 1968 et 2018 – Sources des données : DREAL Pays de la Loire

Les niveaux d'eau baissent fortement et rapidement pendant les années 1970 : en 10 ans, une baisse de 2 m est observée à Ancenis et près de 2,5 m à Oudon. Ce phénomène est lié aux extractions de sable qui s'accroissent progressivement entre Oudon et Ancenis entre 1960 et 1978 : les quantités les plus importantes sont extraites entre 1973 et 1978. **Le ralentissement considérable des extractions dans ce secteur dès 1979 a enrayé très rapidement l'abaissement des niveaux d'eau, qui sont stabilisés depuis 1980, donc plus précocement que dans le bief fluvial.**

## L'effet des programmes de relèvement de la ligne d'eau d'étiage

Depuis une vingtaine d'années, les niveaux d'eau dans le bief fluvial augmentent (La Pointe, La Possonnière, Montjean-sur-Loire et Ingrandes) ou se stabilisent. Le relèvement maximal est mesuré à La Pointe et Ingrandes (entre 35 et 40 cm). L'arrêt des extractions de sable, progressivement réduites depuis 1978 puis interdites au début 1993, est un des facteurs explicatifs.

Les opérations mises en œuvre depuis 2002 pour relever la ligne d'eau d'étiage ont aussi contribué à ce résultat.

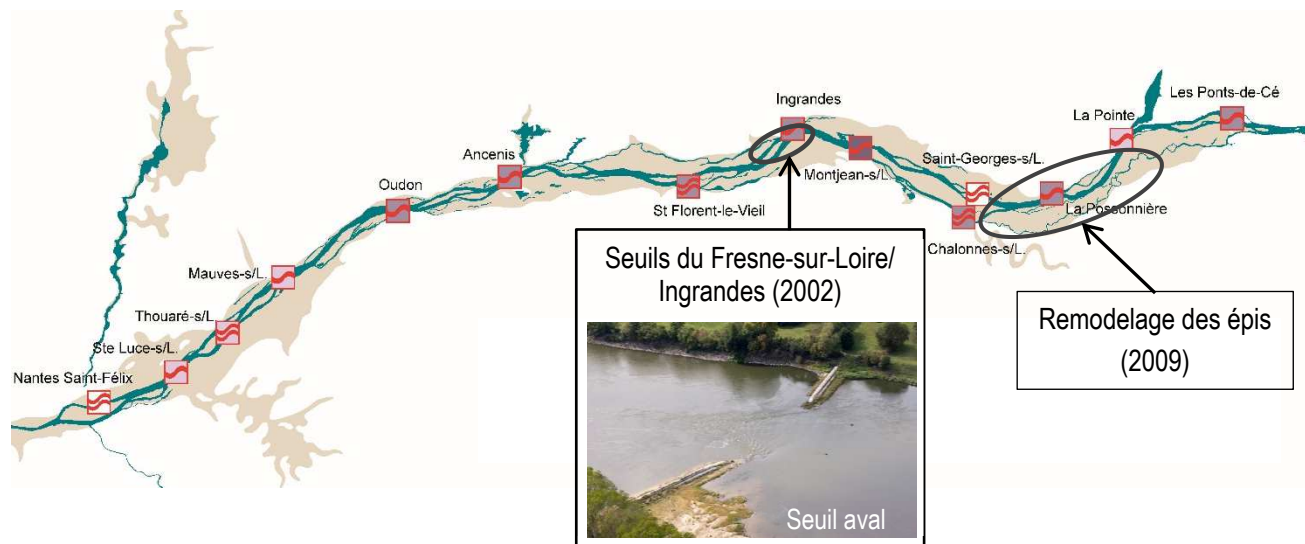


Figure 14 : localisation des opérations mises en œuvre pour relever la ligne d'eau d'étiage

Les seuils du Fresne-sur-Loire / Ingrandes ont été mis en place en 2002 dans l'objectif de relever le niveau d'étiage et rééquilibrer les écoulements avec le bras secondaire. Ils consistent en deux ouvrages transversaux en enrochements et géotextile, placés dans le bras principal. La hausse des niveaux d'eau qui s'en suit à Ingrandes en est la conséquence directe. La meilleure alimentation en eau du bras secondaire (bras de Cul-de-Bœuf) et l'élargissement de sa section d'écoulement a

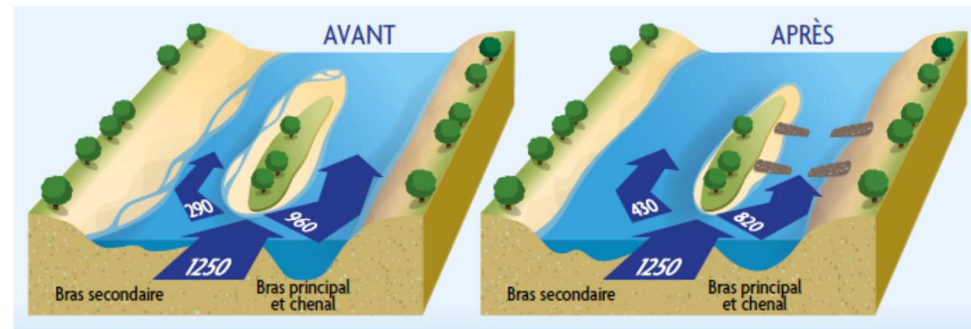


Figure 15 : comparaison des débits ( $m^3/s$ ) passant dans chaque bras avant et après les travaux des seuils du Fresne-sur-Loire/Ingrandes

conduit à un léger abaissement de la ligne d'eau en amont 5 ans après les travaux, suivi d'un autre rehaussement de même ampleur.

La dynamique d'évolution montre que la morphologie n'est pas encore stabilisée dans ce secteur, les seuils ayant encore un impact avant le démantèlement des boudins en géotextile, fin 2017. Les niveaux d'eau restent cependant toujours au-dessus de ceux mesurés dans les années 1990. La poursuite du suivi sera cruciale, afin d'analyser les effets de ce démantèlement partiel.

**Le remodelage des épis réalisé en 2009 entre La Pointe et Chalonnnes-sur-Loire, afin d'élargir la section d'écoulement et remobiliser le sable stocké entre épis a aussi porté ses fruits : les effets sont visibles à La Possonnière et à La Pointe.**

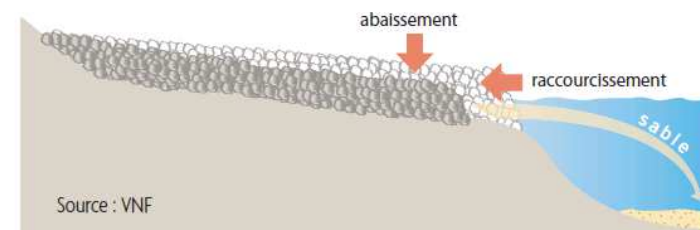


Figure 16 : schéma du remodelage des épis

À La Pointe, les niveaux d'eau mesurés depuis 2011 sont les plus hauts depuis 1996. La variabilité intra-annuelle est plus forte que sur les autres stations. Ceci est liée à sa position au débouché de la Maine : elle est donc influencée directement par son régime hydrologique qui peut être différent de celui de la Loire.

À La Possonnière, les niveaux d'eau sont en légère mais constante augmentation entre 2009 et 2017 : la ligne d'eau s'est rehaussée de 25 cm. La poursuite du suivi servira à déterminer si la baisse mesurée en 2018 est ponctuelle ou non.

## Le module (850 m<sup>3</sup>/s)

À partir de ce débit, la station des Ponts-de-Cé n'est pas prise en compte. Elle est située en amont de la confluence avec la Maine et n'est donc pas influencée par ses apports en eau. En dehors de l'étiage, le débit de la Maine modifie sensiblement le débit mesuré à Montjean-sur-Loire.

### Bief fluvial

Comme à l'étiage, la baisse des niveaux d'eau est plus importante sur les stations les plus aval. L'ampleur de l'abaissement est néanmoins plus faible à ce débit.

**Les niveaux d'eau se sont stabilisés depuis une vingtaine d'années, plus récemment pour La Possonnière** : c'est le même phénomène qu'à l'étiage mais de moindre ampleur car à ce débit, le déversement se produit sur l'ensemble de la chevette barrant le bras de Saint-Georges, le niveau est alors réglé non plus par la digue mais par le niveau aval.

Aucun rehaussement significatif n'est observé, contrairement à l'étiage.

L'évolution des niveaux d'eau à la station d'Ingrandes montre que les seuils ont encore un impact à ce débit : les niveaux d'eau sont au plus haut 2 à 3 ans après la mise en place des seuils (2002), comme à l'étiage. S'en suit également un léger abaissement qui ramène les hauteurs d'eau au niveau de la fin des années 1990 : c'est le même phénomène qu'à l'étiage (meilleure alimentation en eau du bras secondaire) qui se fait ressentir avec une intensité plus forte. Les niveaux d'eau sont plus stables depuis 2010.

## Les hautes eaux (1500 m<sup>3</sup>/s)

### Bief fluvial

La baisse des niveaux d'eau est de même ampleur qu'au module, et s'accroît également d'amont en aval. Les lignes d'eau sont stables depuis une vingtaine d'années également, même à La Possonnière, contrairement aux situations hydrologiques précédentes.

### Ancenis et Oudon

En hautes eaux et mortes eaux, il n'y a pas de marnage à ces stations. La moyenne journalière peut donc être utilisée.

**L'abaissement des niveaux d'eau, d'environ 1,5 m en 10 ans, est d'une ampleur plus faible qu'en étiage, comme sur les stations du bief fluvial.** Il est un peu plus important à Oudon. Comme à l'étiage, les niveaux d'eau sont stables depuis 1980.

Hauteur d'eau (m IGN 69)

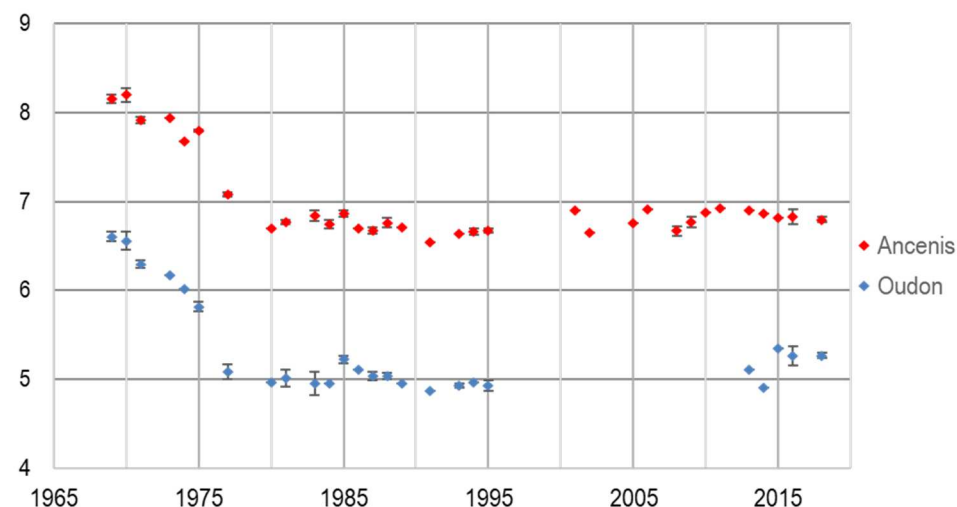


Figure 17 : niveaux d'eau en mortes eaux et hautes eaux à Ancenis et Oudon entre 1968 et 2018 – Source des données : DREAL Pays de la Loire

## Crue non débordante (3300 m<sup>3</sup>/s)

### Bief fluvial

Les niveaux d'eau en crue baissent jusqu'au début des années 1990 entre Saint-Florent-le-Vieil et Montjean-sur-Loire. Les niveaux à ce débit sont plus variables, néanmoins, à Montjean-sur-Loire et La Possonnière, ils sont aujourd'hui plus hauts d'une vingtaine de centimètres par rapport aux années 1990. C'est le cas également à Chalonnes-sur-Loire et La Pointe. Ces conclusions devront toutefois être confirmées par la poursuite du suivi étant donné le peu d'occurrences et la grande variabilité interannuelle sur certaines stations.

### Ancenis et Oudon

La baisse des niveaux d'eau de crue est beaucoup plus importante et rapide sur ces deux stations que dans le bief fluvial : environ 1,30 m en 10 ans (1970 – 1980) à Ancenis et plus d'1,50 m à Oudon. Cette baisse est du même ordre de grandeur qu'en hautes eaux. Une hausse significative d'environ 50 cm est observée depuis une vingtaine d'années à Ancenis. À Oudon, seule la dernière mesure, correspondant à la crue de juin 2016, est supérieure de plus d'1 m aux crues précédentes, et ne traduit donc pas encore une tendance réelle.

Hauteur d'eau (m IGN 69)

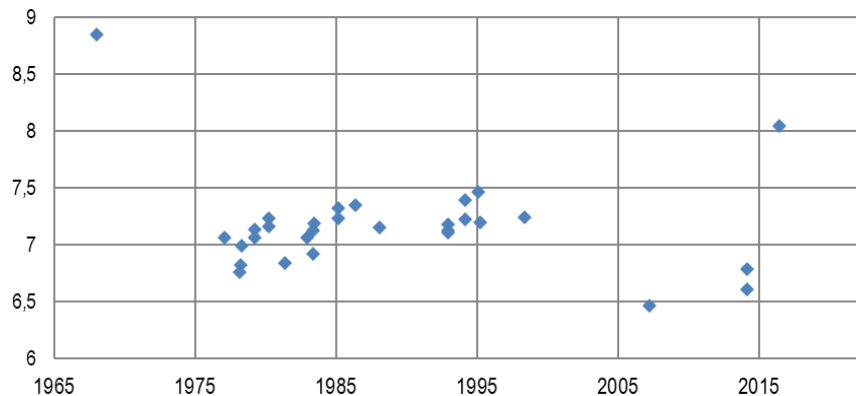


Figure 18 : niveaux d'eau à Oudon à 3300 m<sup>3</sup>/s de 1968 à 2018 – Source des données : DREAL Pays de la Loire

Hauteur d'eau (m IGN 69)

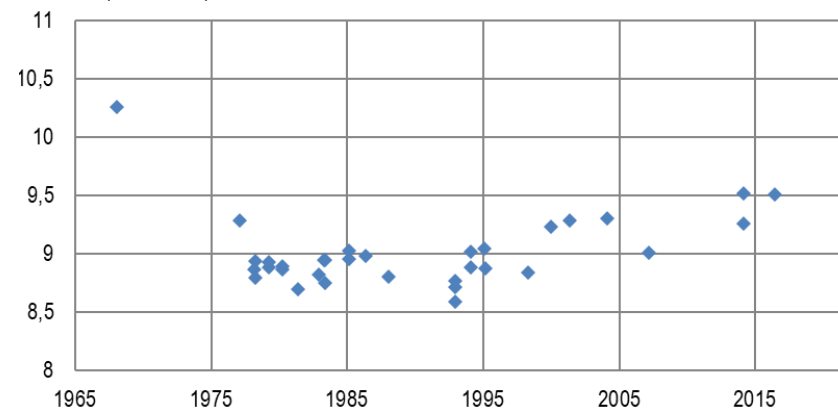
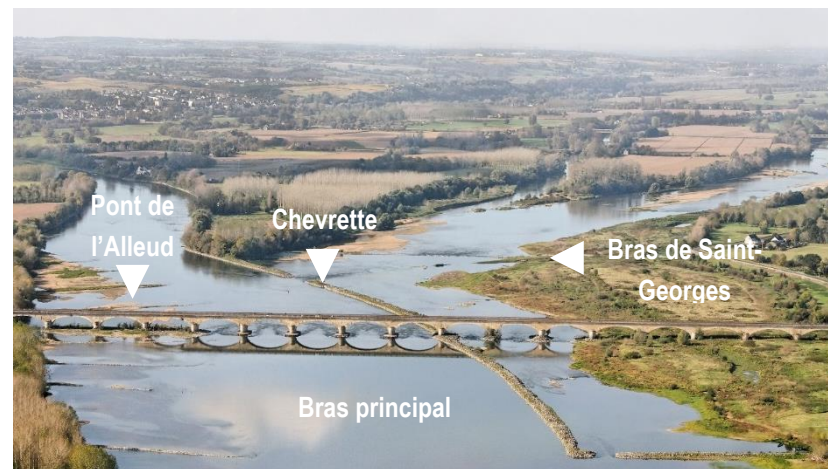


Figure 19 : niveaux d'eau à Ancenis à 3300 m<sup>3</sup>/s de 1968 à 2018 – Source des données : DREAL Pays de la Loire

### ----- Saint-Georges-sur-Loire -----

La station de Saint-Georges-sur-Loire est située à hauteur de Chalonnes-sur-Loire dans le bras secondaire. La connexion amont avec le bras principal est entravée depuis 1906 par une chevrette qui contrôle l'écoulement et entraîne donc un fonctionnement



hydraulique différent des autres stations (des buses permettant néanmoins le maintien d'un écoulement à minima en étiage). De plus, ce bras est marqué par la présence de plusieurs îles qui multiplient les possibilités d'axes d'écoulement. Cette station n'est plus suivie depuis 1996 mais sa position particulière rend l'analyse intéressante.

Une baisse des niveaux d'eau est observée jusqu'au début des années 1990, comme sur la majorité des autres stations du bief fluvial. Cependant, contrairement aux autres stations, la baisse est plus forte au module puis en hautes eaux, et moindre à l'étiage (moins d'1 m). Le contrôle de l'écoulement par la chevette, mais aussi la largeur du bras secondaire explique au moins en partie ce phénomène. En effet, la largeur de la section d'écoulement limite l'incision du lit en étiage, et donc la baisse des niveaux d'eau.

L'incision du chenal dans le bras principal a également entraîné une augmentation du débit nécessaire pour submerger la chevette et mettre en eau le bras secondaire. Ce débit, proche des 1200 m<sup>3</sup>/s au début des années 1990 (la chevette commençant à être submergée à 900 m<sup>3</sup>/s environ), devait être significativement moins élevé au début du suivi ; le bras devant probablement être en eau au module.

## La ligne d'eau des Ponts-de-Cé à Nantes

La forme générale des lignes d'eau entre Les Ponts-de-Cé et Nantes n'a pas changé depuis 1996 pour des situations de vives eaux. 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). L'écart est maximal à Montjean-sur-Loire avec 3,30 m environ. 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 (étiage – vives eau) et n°2 (hautes eaux – vives eaux) est de près de 0,60 m à Nantes-Saint-Félix et de plus d'1 m à Mauves-sur-Loire.

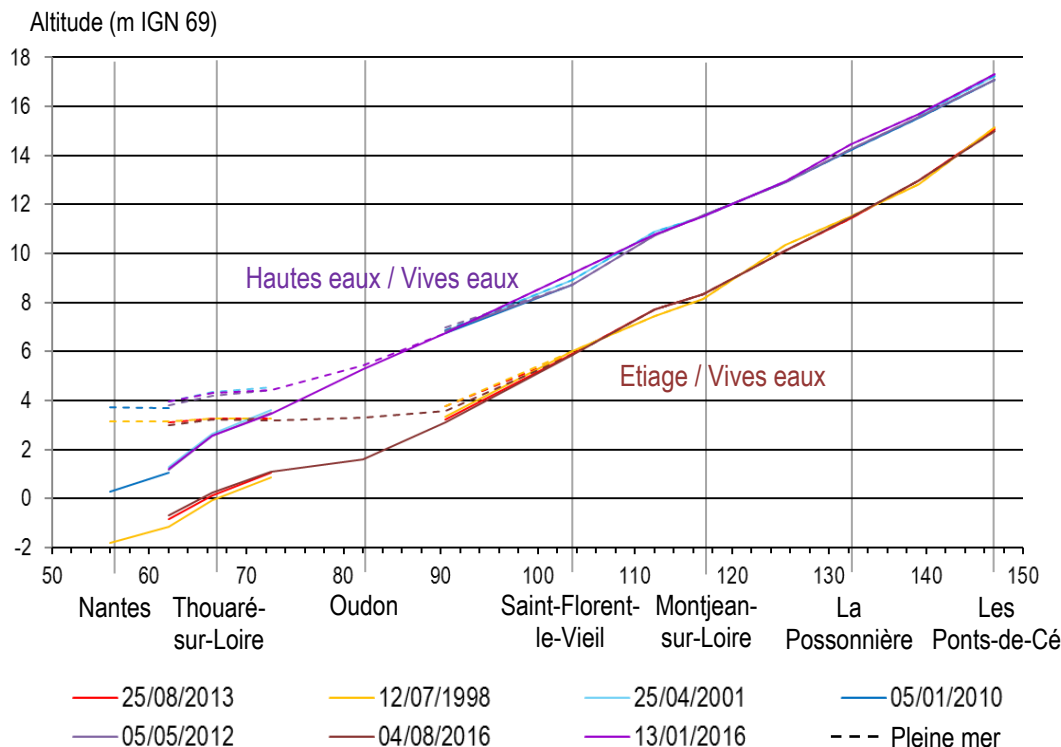


Figure 20 : extrait des lignes d'eau en étiage et hautes eaux, des Ponts-de-Cé à Nantes, sur la période 1996 - 2018 – Source des données : DREAL Pays de la Loire

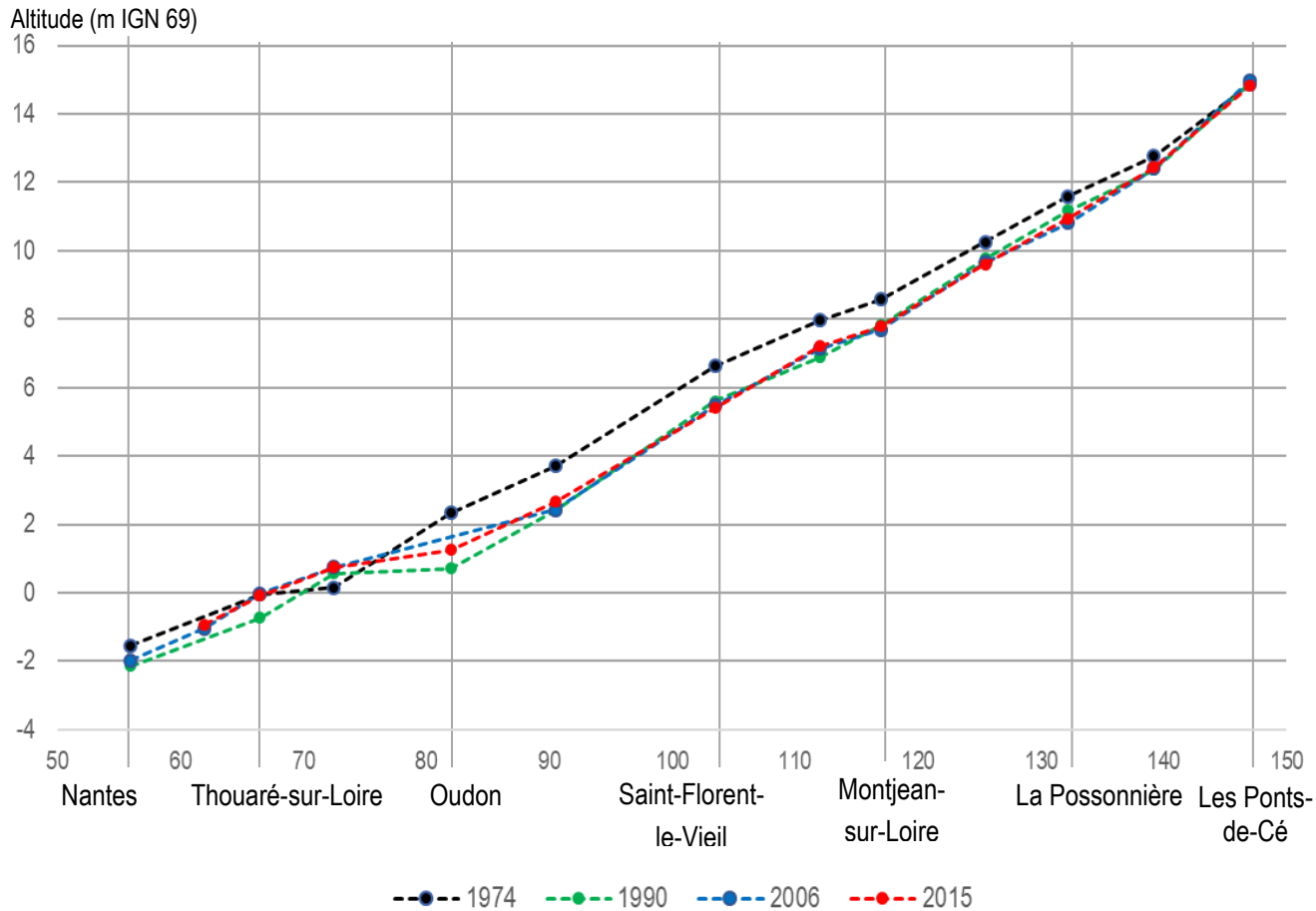


Figure 21 : évolution des lignes d'eau atteintes à basse mer de vives eaux pour un étiage de 150 m<sup>3</sup>/s – Sources des données : DREAL Pays de la Loire, SAR, EPL, DDTM44

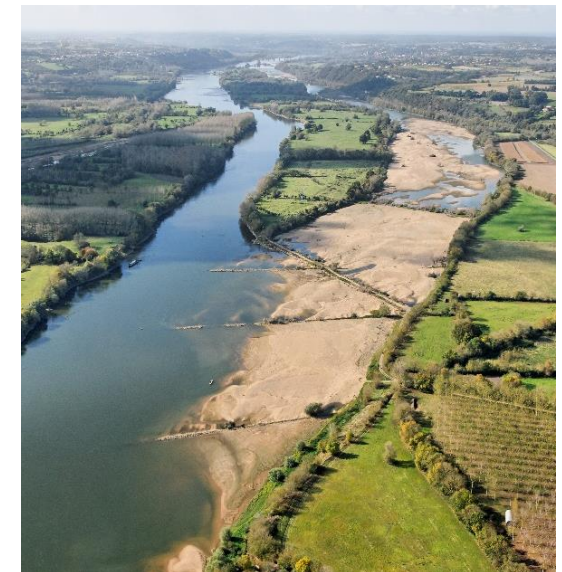
L'évolution de la ligne d'eau d'étiage et de basse mer entre Les Ponts-de-Cé et Nantes depuis le début des années 1970 est différente selon les secteurs :

- De La Pointe à Ancenis, une baisse de la ligne d'eau est mesurée entre 1974 et 1990, s'intensifiant d'amont en aval (plus d'1 m entre Ancenis et Ingrandes). Depuis cette date la ligne d'eau est relativement stable comparativement aux évolutions antérieures.

En aval, l'évolution est différente selon les stations :

- À Oudon, le rehaussement est significatif depuis 1990 après un abaissement de plus d'1,60 m des niveaux d'eau à ce débit ;
- À Mauves-sur-Loire, les niveaux d'eau ont déjà atteint leur niveau le plus bas en 1974 ;
- Entre Thouaré-sur-Loire et Nantes, le rehaussement de la ligne d'eau depuis 1990 est bien visible.

Dans tous les cas, la courbe montre que **l'abaissement observé tout au long du XX<sup>e</sup> siècle est aujourd'hui enrayé**. À cette échelle, le rehaussement n'est cependant pas visible sur toutes les stations.



## Conclusion/Perspectives

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, la profonde modification de la morphologie de la Loire a entraîné un abaissement généralisé de la ligne d'eau des Ponts-de-Cé à Nantes, d'autant plus important que le débit est faible.

Cet abaissement, d'abord lent jusqu'au milieu des années 1960, s'est ensuite accéléré concomitamment à l'intensification des extractions de sable dans le lit mineur du fleuve. Son intensité croît d'amont en aval pour atteindre près de 4 m à Nantes.

Depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle, une stabilisation ou une remontée des niveaux d'eau est observée sur la plupart des stations, quelle que soit la situation hydrologique. Ce rehaussement est un peu plus précoce sur le bief fluviomaritime. C'est à l'étiage que l'inversion de la tendance est la plus remarquable. La remontée des niveaux d'eau est encore en cours sur certaines stations du bief fluvial à l'étiage.

Débit	Etiage 250 m <sup>3</sup> /s	Module 850 m <sup>3</sup> /s	Hautes eaux 1500 m <sup>3</sup> /s	Crue non- débordante 3300 m <sup>3</sup> /s
Tendances d'évolution de la ligne d'eau				

Figure 22 : tendances actuelles d'évolution de la ligne d'eau selon les débits dans le bief fluvial en aval de la Maine

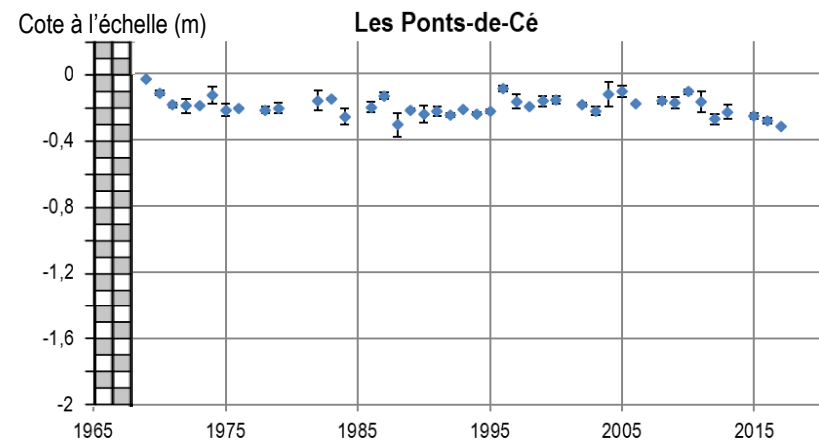
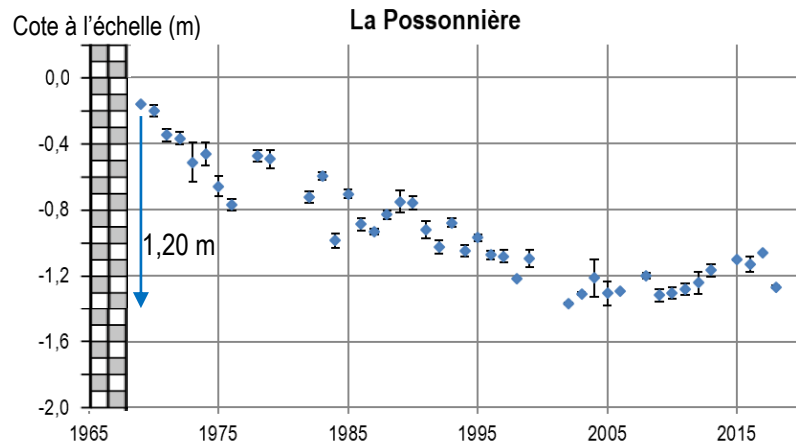
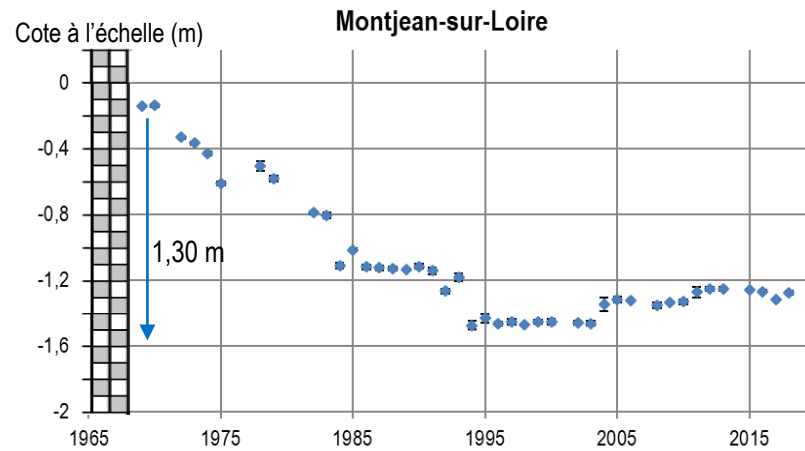
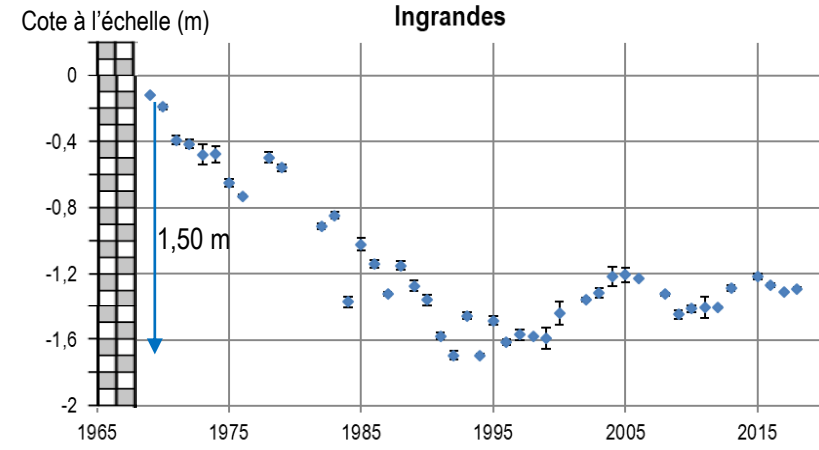
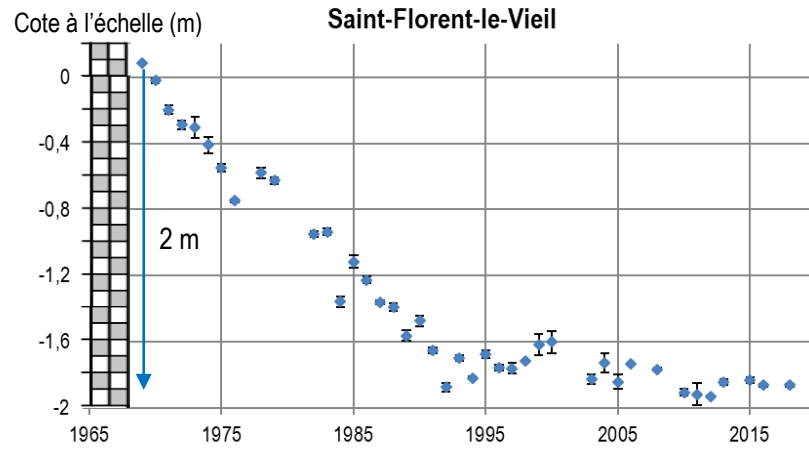


Le rôle des aménagements réalisés au début des années 2000 pour relever la ligne d'eau d'étiage a été réel. Cependant, ces travaux ayant des effets essentiellement locaux, d'autres facteurs avec un effet plus global sont entrés en jeu ; l'arrêt des extractions de granulats depuis 1993 en fait partie.

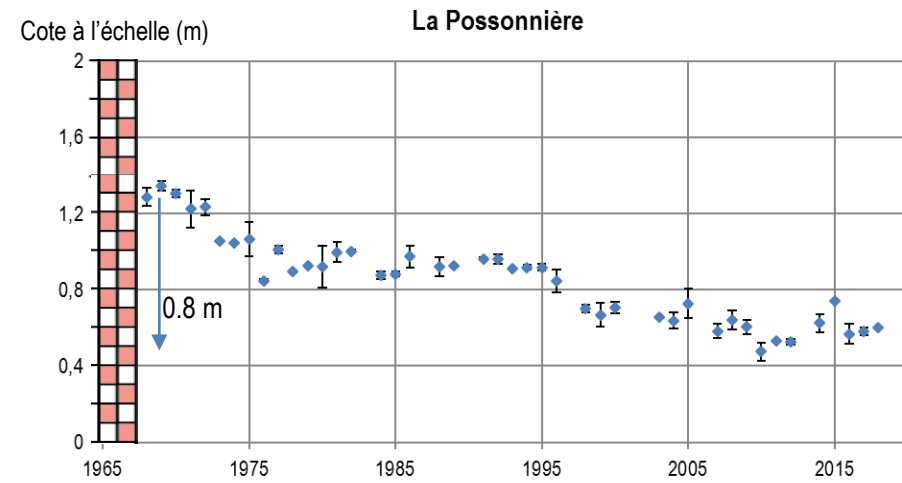
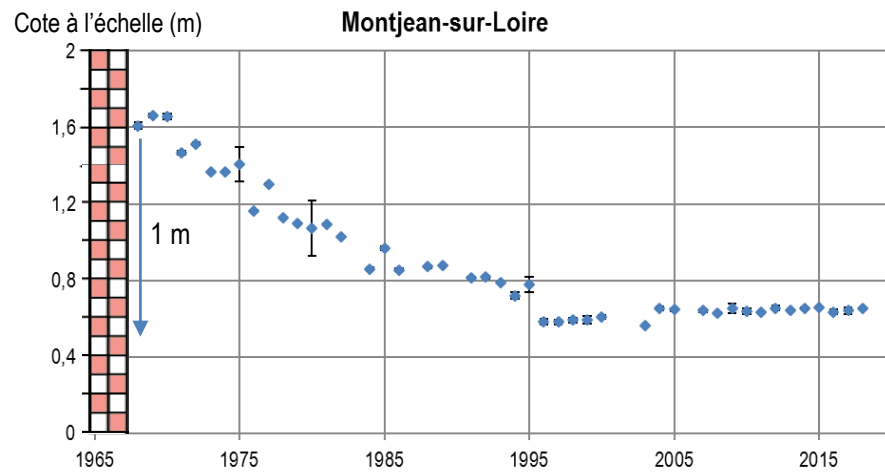
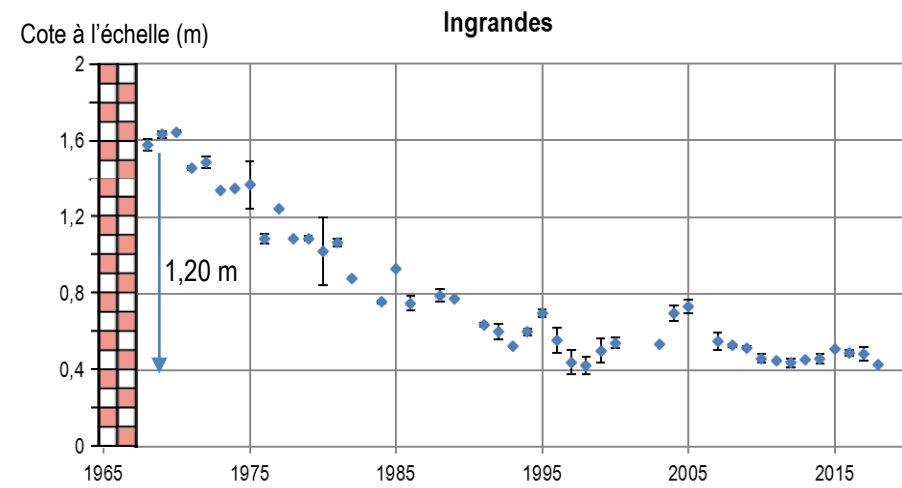
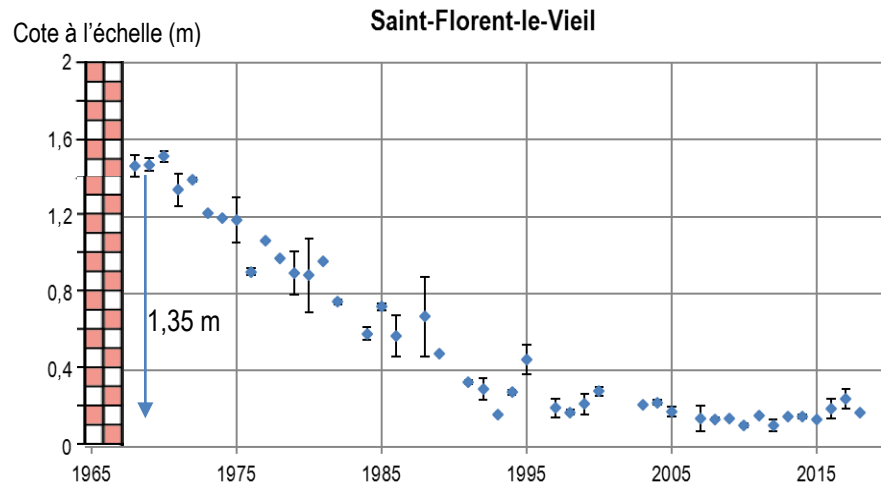
Les niveaux d'eau de crue suivent la même tendance (stabilisation ou rehaussement), même si les moindres occurrences de ce débit rendent l'analyse plus délicate. Une vigilance sera donc de mise dans la poursuite du suivi, notamment dans le cadre du Contrat pour la Loire et ses annexes. Ce contrat consiste à mettre en œuvre un programme pluriannuel d'actions visant le rééquilibrage morphologique du lit mineur de la Loire de Nantes à Montsoreau et le bon fonctionnement écologique des milieux qui lui sont associés.

La valorisation des données anciennes a permis de préciser la dynamique d'évolution de la ligne d'eau à toutes les situations hydrologiques sur un demi-siècle, les données issues de la bibliographie n'étant que ponctuelles. La recherche du même type de données sur le reste du bief fluviomaritime (entre Oudon et Nantes) est donc à envisager afin d'avoir la même précision sur l'ensemble des lignes d'eau des Ponts-de-Cé à Nantes. Dans la même optique, la valorisation d'éventuelles données antérieures à 1968 sur l'ensemble des stations serait intéressante. Cette analyse montre en effet tout l'intérêt de suivre sur le long terme l'évolution des niveaux d'eau, notamment pour replacer les variations récentes par rapport aux évolutions historiques et pour suivre les effets des travaux entrepris dans le lit de la Loire.

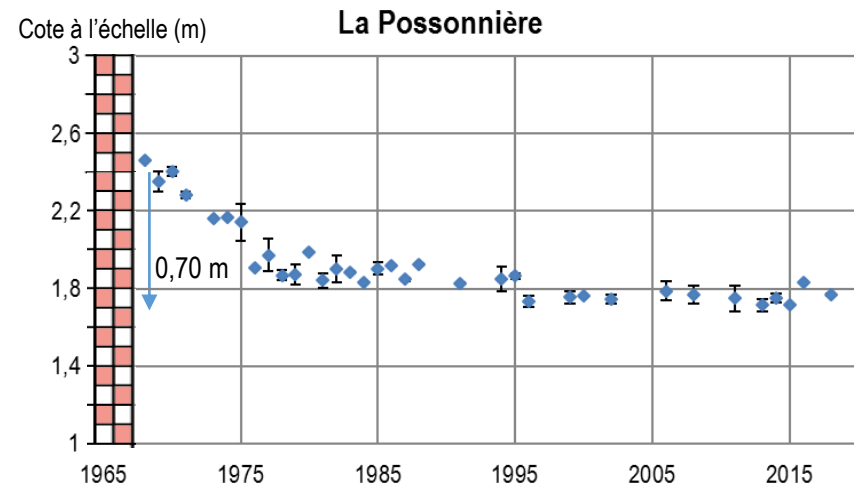
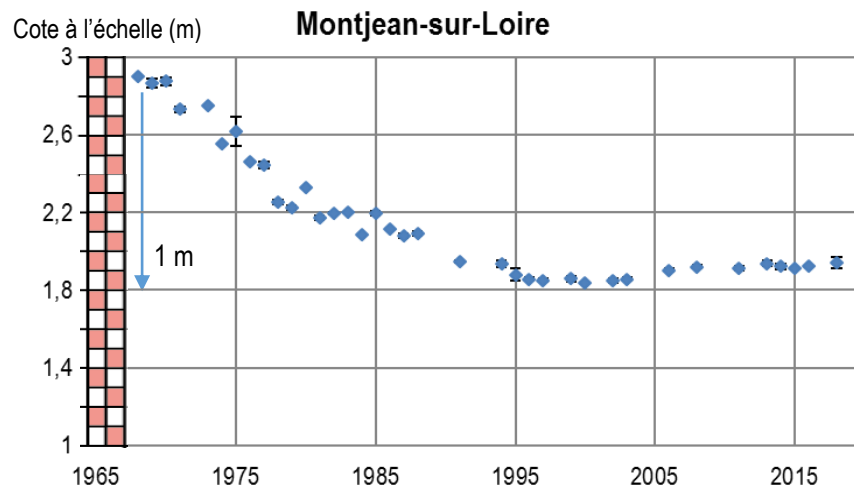
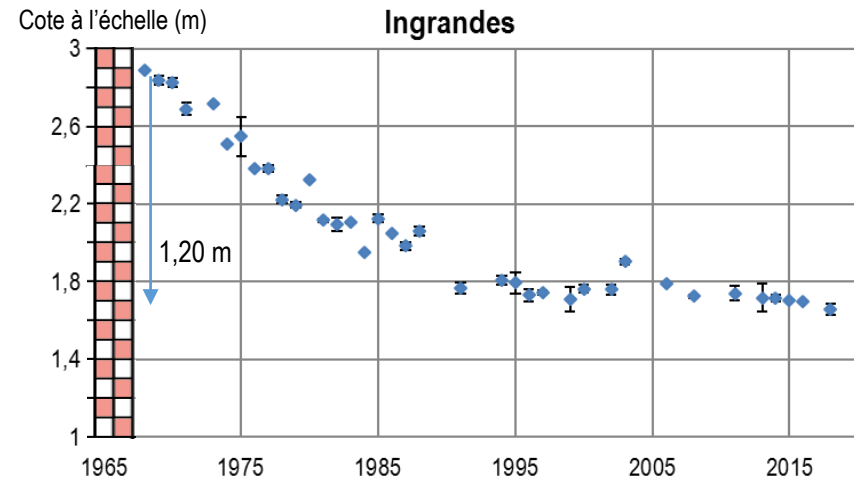
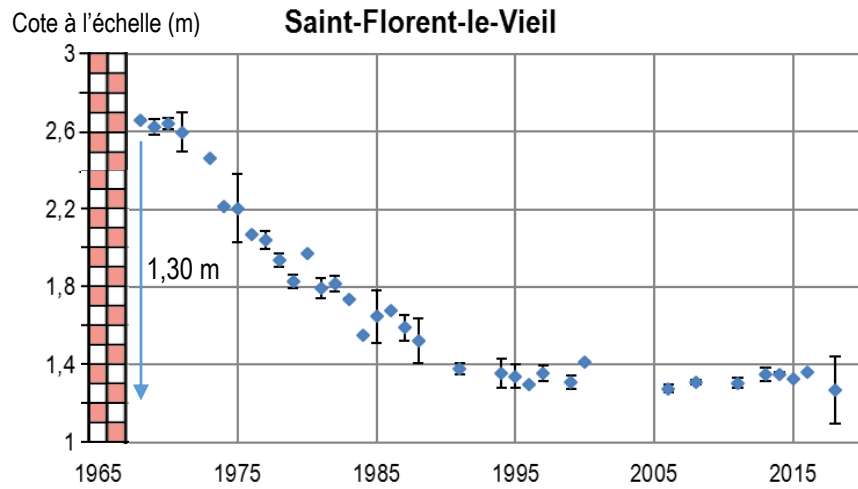
## Niveaux d'eau à l'étiage (250 m<sup>3</sup>/s) dans le bief fluvial (1968 – 2018)



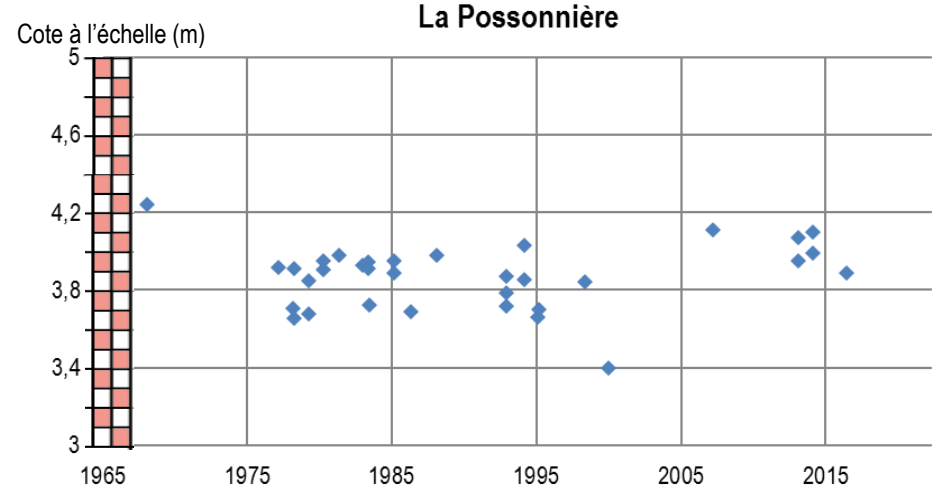
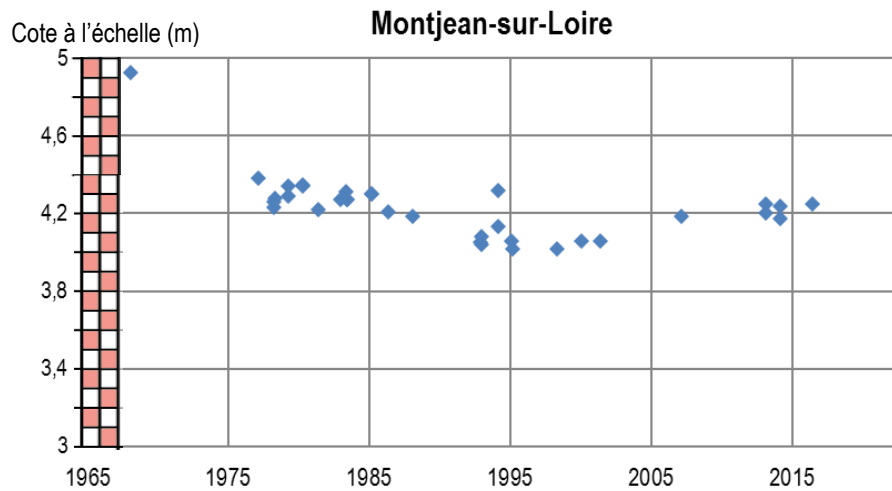
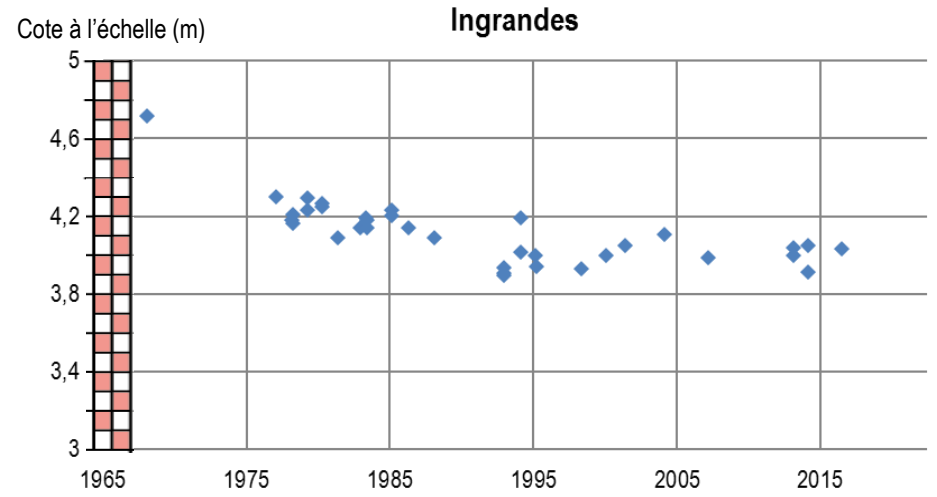
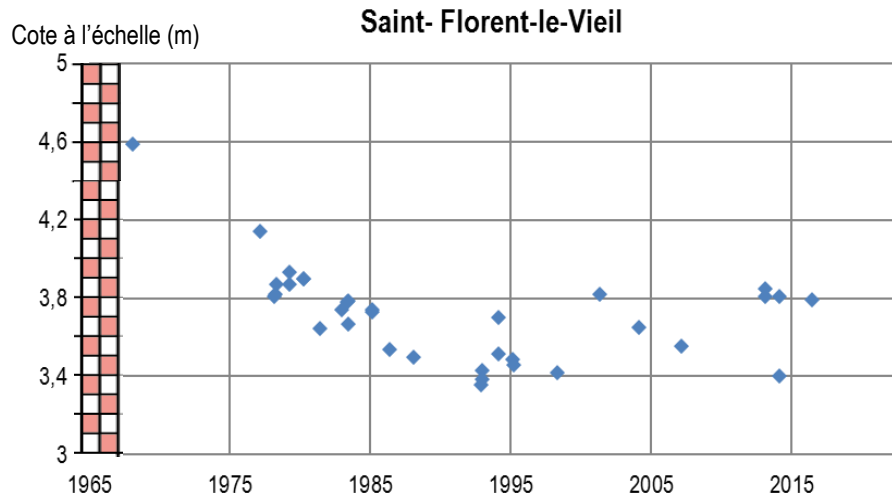
## Niveaux d'eau au module (850 m<sup>3</sup>/s) dans le bief fluvial (1968 – 2018)



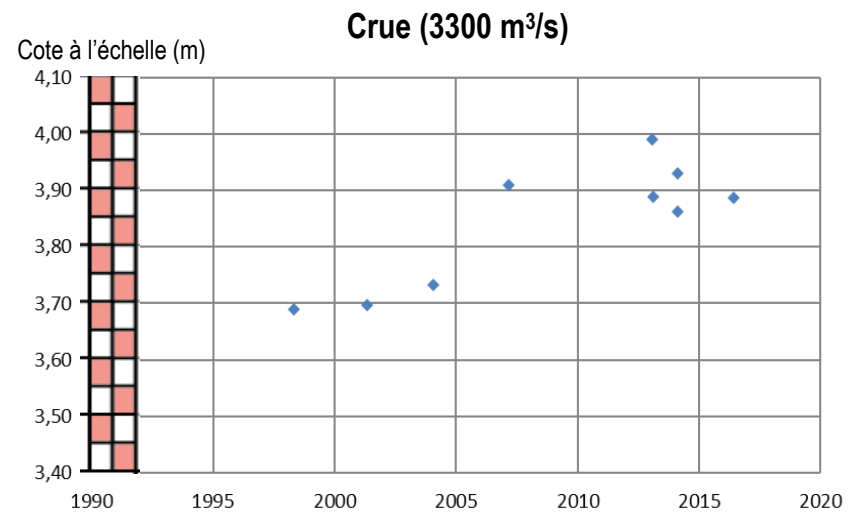
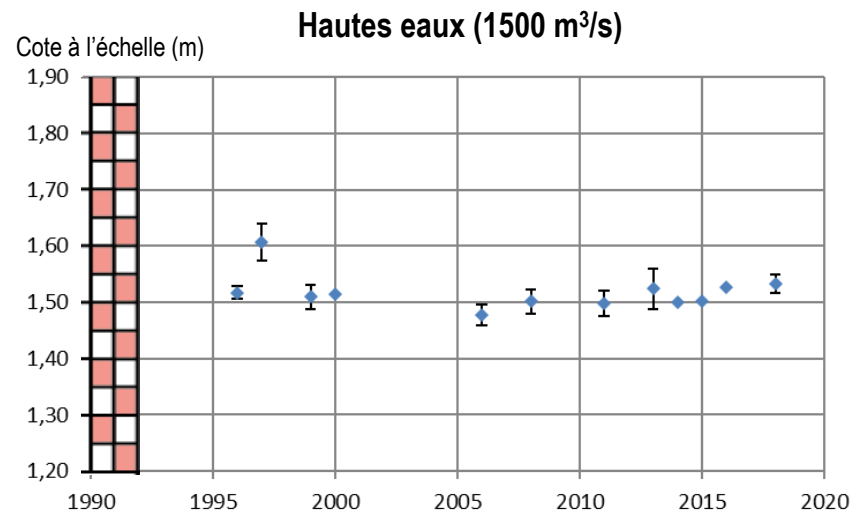
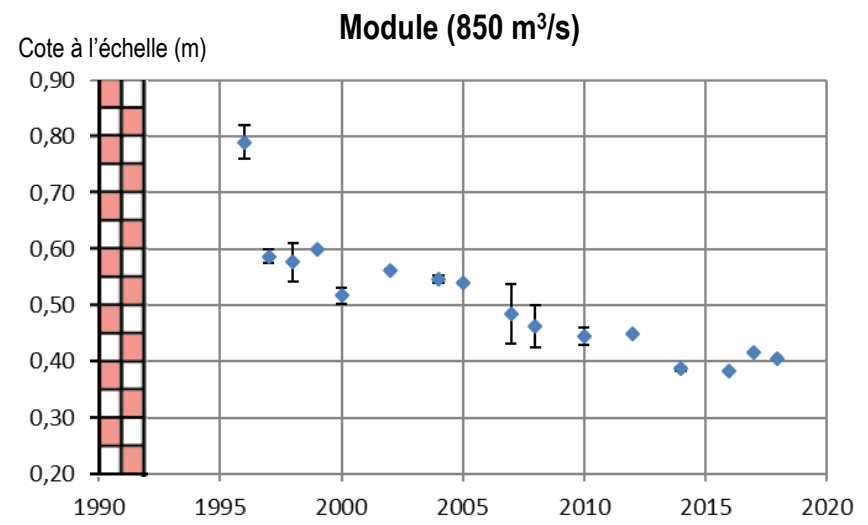
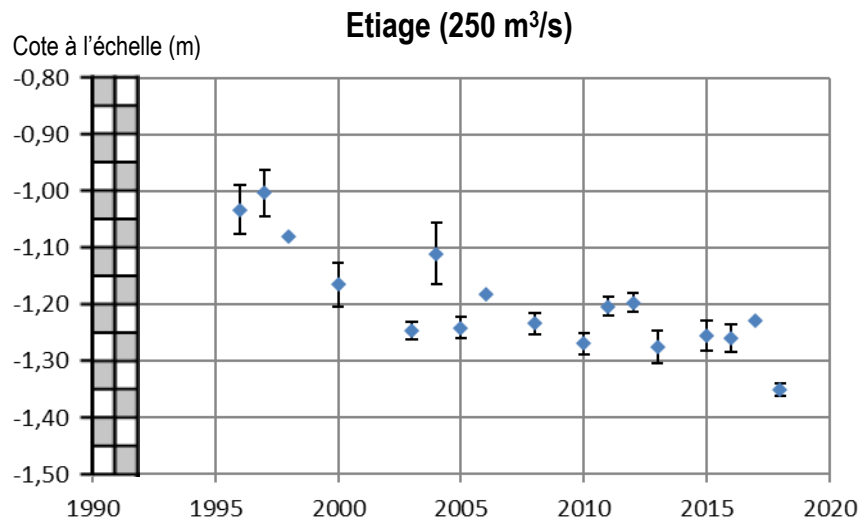
## Niveaux d'eau en hautes eaux (1500 m<sup>3</sup>/s) dans le bief fluvial (1968 – 2018)



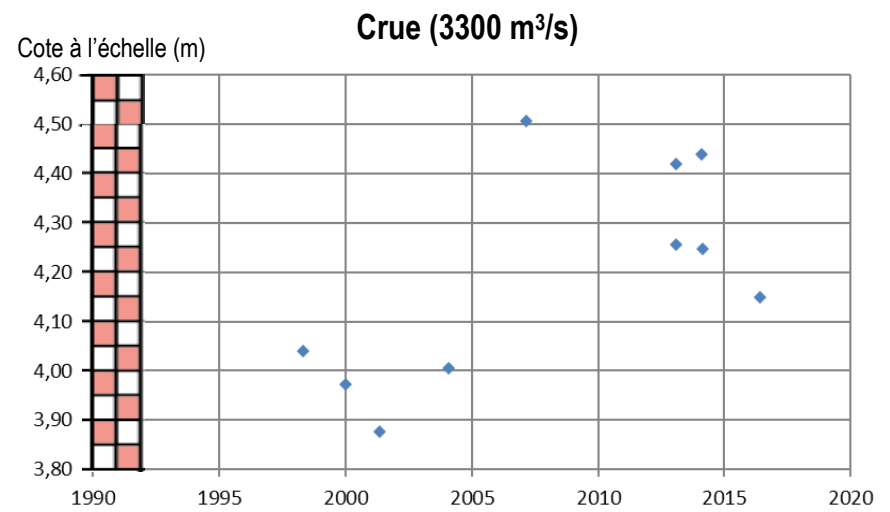
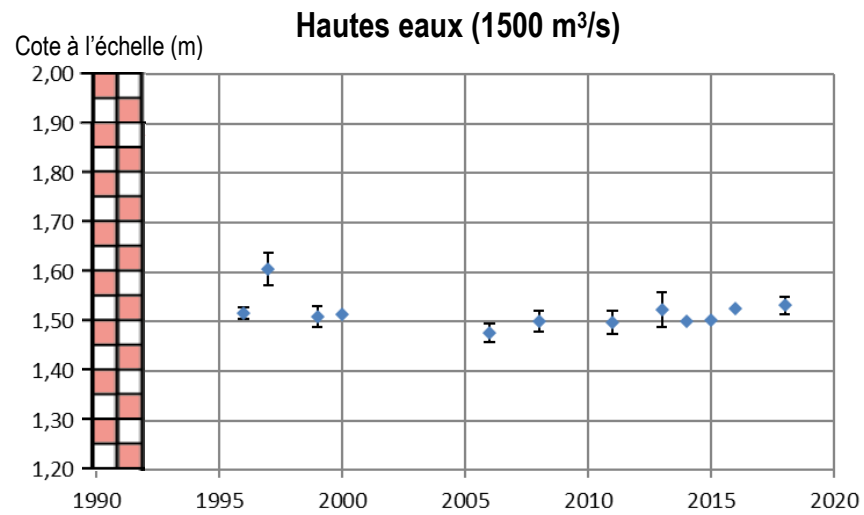
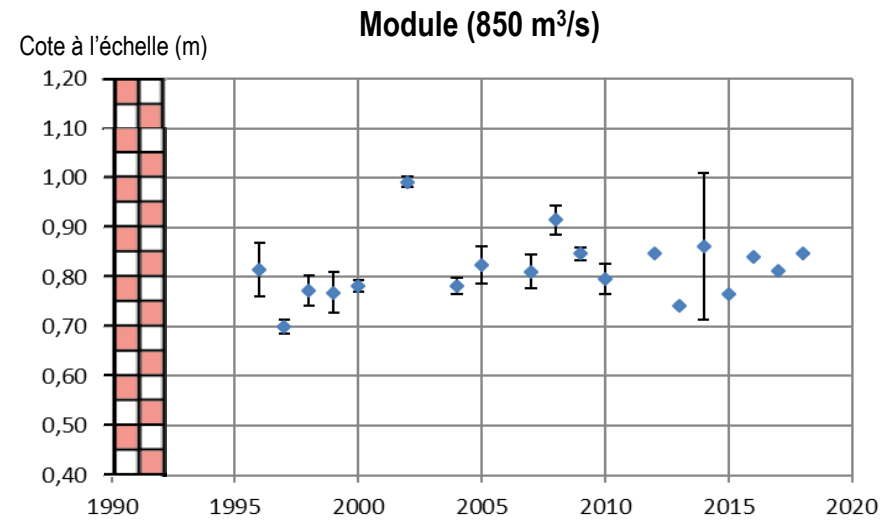
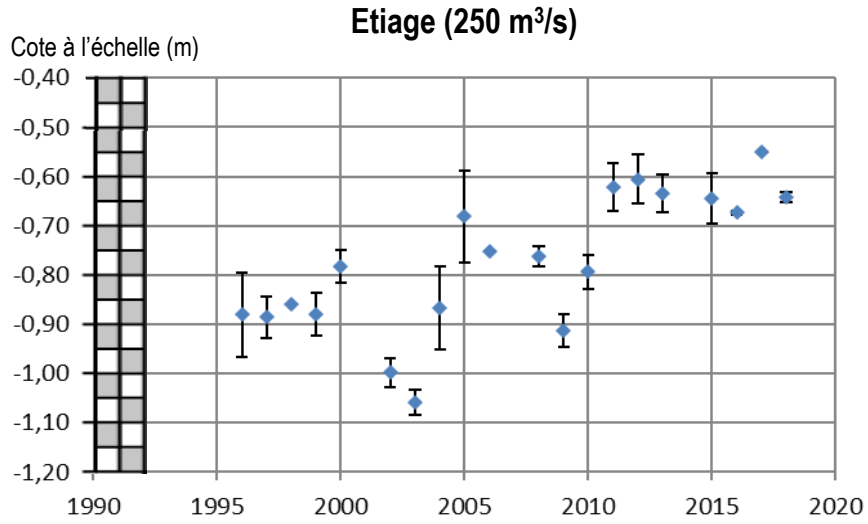
# Niveaux d'eau en crue non débordante (3300 m<sup>3</sup>/s) dans le bief fluvial (1968 – 2018)



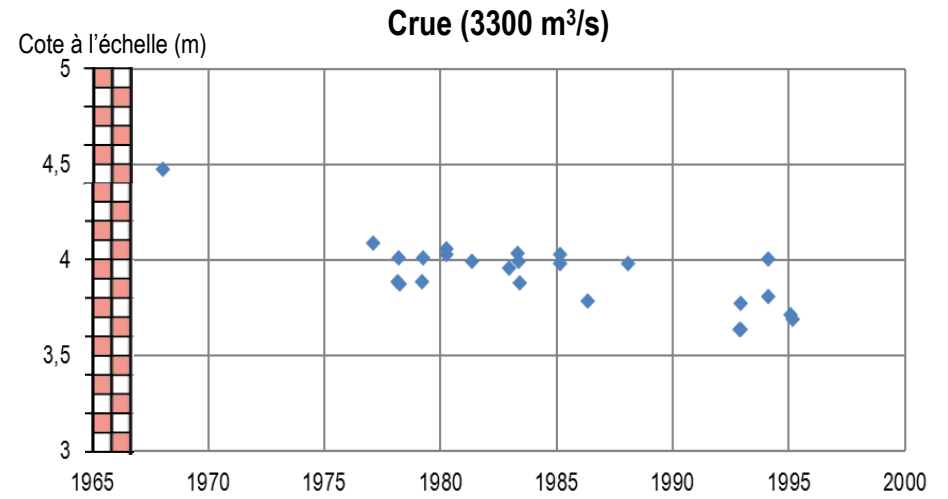
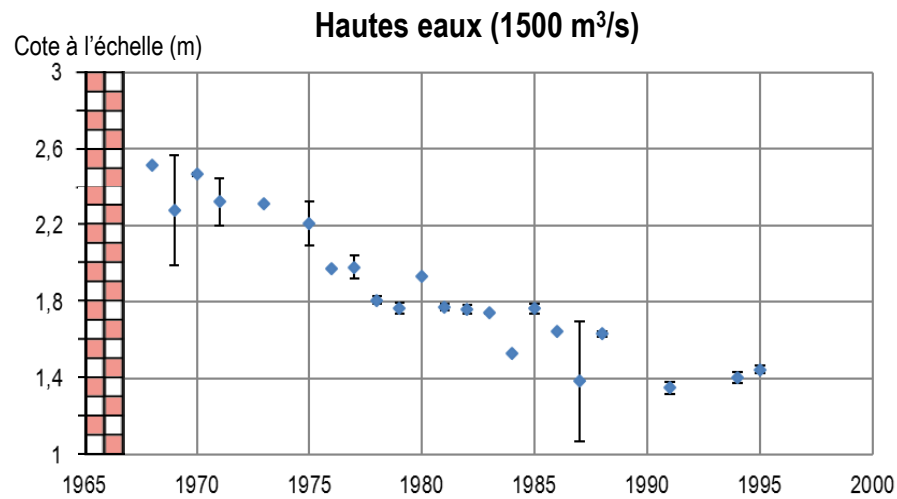
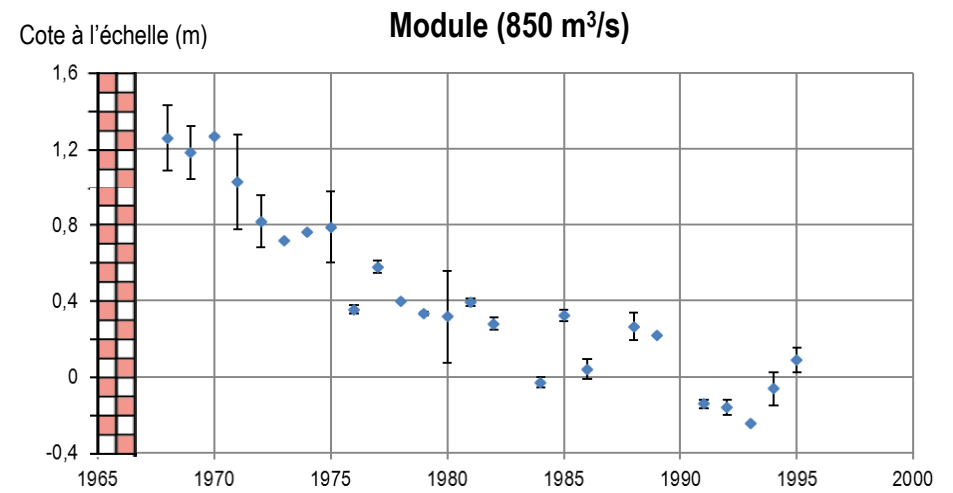
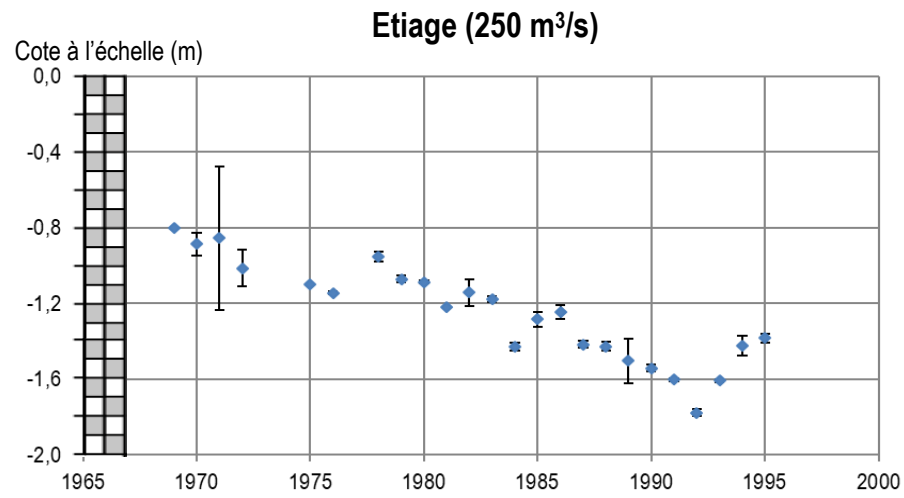
## Niveaux d'eau à Chalonnes-sur-Loire (1996 – 2018)



## Niveaux d'eau à La Pointe (1996 – 2018)



## Niveaux d'eau à Saint-Georges-sur-Loire (1968 – 1995)





Crédits photos : Philippe Graindorge, Gerpho (photos aériennes) ♦ GIP Loire Estuaire ♦  
 Réalisation : GIP Loire Estuaire, décembre 2018

Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire – 22 rue de la Tour d'Auvergne – 44200 Nantes  
 Tel. 02 51 72 93 65 – Mail : [gip@loire-estuaire.org](mailto:gip@loire-estuaire.org)

[www.loire-estuaire.org](http://www.loire-estuaire.org)

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de cette synthèse, elle devra être citée sous la forme suivante :  
 Groupement d'Intérêt Public (GIP) Loire Estuaire « Les niveaux d'eau de la Loire en amont de Nantes », 2018 – 25p



**GIP**  
 Loire  
 Estuaire