



Les mouvements

Les eaux fluviales

Les lignes d'eau du fleuve

Les lignes d'eau du fleuve

Résumé

Après s'être effondrées tout au long du siècle suite aux travaux d'aménagement de la voie navigable et aux extractions de sable, au point que leur relèvement a été l'objectif majeur des études de modélisation prospective entrepris en 1995, les lignes d'eau du fleuve en zone fluviale semblent se stabiliser très récemment.

Dans le bief fluvio-maritime, le manque fréquent de données handicape l'analyse. L'importance de la marée est telle sur le niveau des basses mers que toutes les stations réagissent dans le même sens, sans qu'il soit possible, en l'état, de mettre en relation une quelconque modification de la morphologie du lit fluvial et les cotes observées.



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 à un plan de nivellement commun.

Le niveau de l'eau varie en un même lieu suivant le débit du fleuve et la forme de la section d'écoulement. En choisissant des débits de référence, la comparaison des altitudes atteintes par le fleuve renseigne sur les sections d'écoulement et sur la forme du lit.

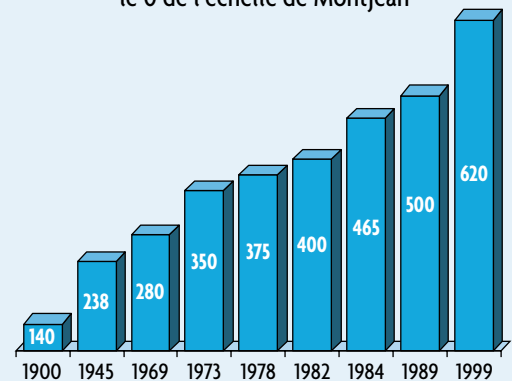
Il est reconnu que les lignes d'eau en amont de Nantes ont évolué en fonction de deux types d'intervention : les travaux liés à la navigabilité du fleuve (construction des épis et creusement du bassin de marée) et les extractions de sable dans le lit mineur (90 millions de mètres cubes depuis 1900 entre Nantes et la Maine), progressivement réduites depuis 1978 puis interdites au début 1993.

L'incision du lit vif ou lit mineur dynamique, qui en a résulté, s'est accompagnée d'un affaissement des niveaux d'eau d'autant plus important que le débit est faible. Par exemple, en 1900 le débit d'étiage conventionnel de 177 m³/s passait par la cote +0,20 m à l'échelle de Montjean, et en 1998 par la cote -1,90 m, soit une baisse de 2,10 m en un siècle !

C'est l'objectif de cet indicateur que de mettre en évidence, d'après les hauteurs d'eau et le tracé des lignes d'eau, les variations de la morphologie du lit de la Loire fluviale, entre

GRAPHIQUE L1 C2-1

Débit (m³/s) nécessaire pour atteindre le 0 de l'échelle de Montjean



Sources : SAR, données SMN/CMB

les Ponts-de-Cé et Ancenis, et du bief fluvio-maritime, entre Ancenis et Chantenay.

La remontée des lignes d'eau de faibles débits, notamment d'étiage, demeure l'objectif prioritaire des travaux de restauration du programme amont du Plan Loire Grandeur Nature. Par conséquent, leur connaissance sera le critère majeur d'appréciation de l'efficacité du dispositif mis en œuvre.

L'indicateur se compose des altitudes de l'eau calculées à partir des données enregistrées aux limnigraphes pour 5 situations de l'année hydrologique au sens de la CMB (1^{er} octobre – 30 septembre suivant) dont 3 de référence annuelle.

TABLEAU L1 C2-1

Les situations de référence

N°	Libellé	Débit à Montjean (m ³ /s)	Coefficient de marée	Extension
2	Hautes eaux et Vives eaux	1450 < Q < 1550	90 < coef. < 100	Ponts-de-Cé/Chantenay
4	Étiage et Mortes eaux	240 < Q < 260	40 < coef. < 50	Ponts-de-Cé/Chantenay
7	Module	825 < Q < 875	quelconque	Ponts-de-Cé/Ancenis
13	Étiage extrême de l'année	le plus faible	quelconque	Ponts-de-Cé/Chantenay
14	Crue extrême de l'année	le plus fort	quelconque	Ponts-de-Cé/Chantenay

Source : CMB

En Loire fluviale, des Ponts-de-Cé à Ancenis, les débits sont rapportés à Montjean, station de référence la plus aval où se concentre la quasi totalité des écoulements superficiels.

En aval d'Ancenis, c'est-à-dire dans le bief fluvio-maritime, l'onde de marée influence les hauteurs d'eau en fonction de son coefficient et du débit fluvial.

Interprétation

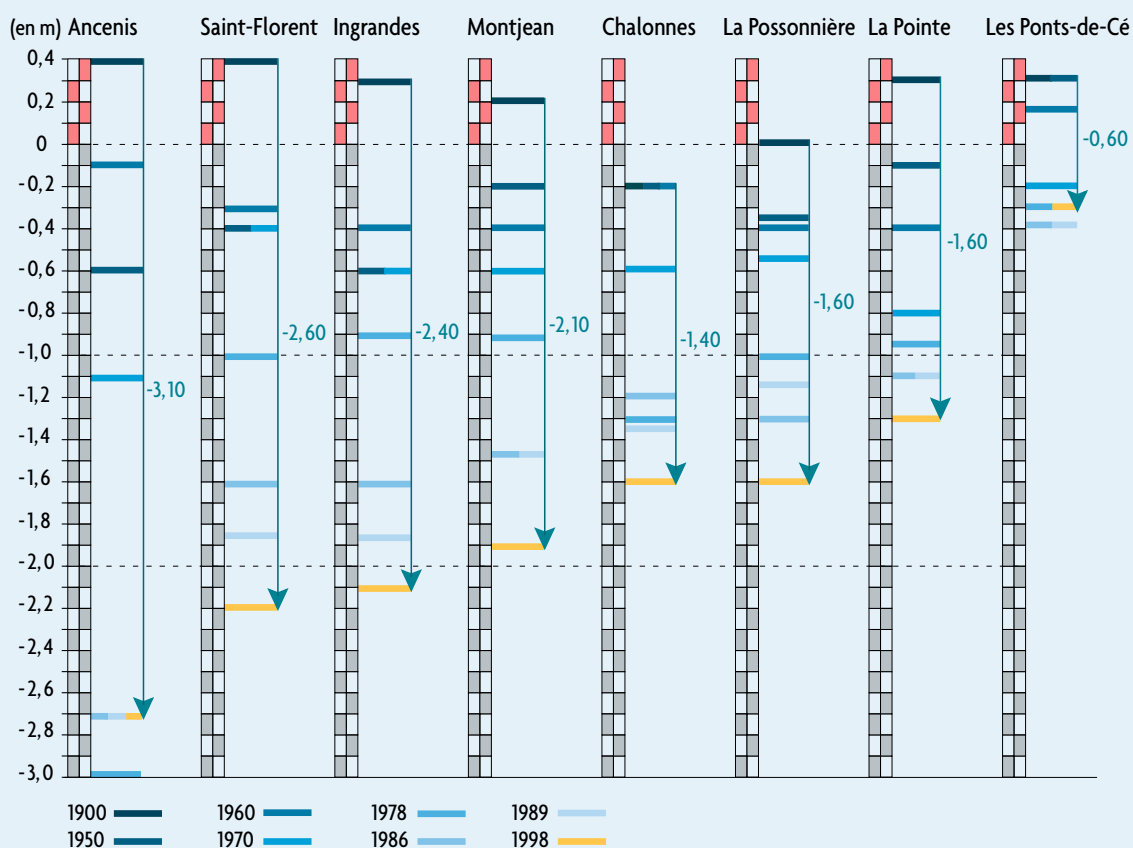
Un affaissement généralisé sur le long terme

Sur un siècle environ, les niveaux d'eau en Loire fluviale pour l'étiage conventionnel de 177 m³/s s'affaissent. La progressivité de l'amont vers l'aval est particulièrement nette : -0,60 m aux Ponts-de-Cé et -3,10 m à Ancenis, entre 1900 et 1998.

La partie amont, entre les Ponts-de-Cé et Chalonnes apparaît chaotique avec un effondrement important à la Pointe et la Possonnière de l'ordre de 1,60 m, alors qu'il est beaucoup plus faible juste à l'amont et juste à l'aval, respectivement de 0,60 m et de 1,40 m.

GRAPHIQUE L1 C2-2

Niveaux atteints par un étiage de 177 m³/s à chaque échelle entre Ancenis et les Ponts-de-Cé, de 1900 à 1998



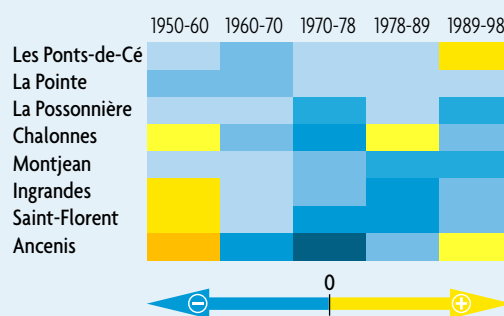
Sources : SAR, données SMN/CMB

Ces données doivent être considérées comme des minima. Obtenues par reconstitution des courbes de tarage de chaque station, en référence à Montjean et suivant une relation hauteur/débit que l'approfondissement a nécessairement modifié au cours du temps, elles sont parfois inférieures de quelques décimètres à d'autres données disponibles dans la littérature.

La première moitié du siècle dernier a vu la ligne d'eau s'enfoncer en moyenne de 0 à 1 m aux échelles. Dans la seconde moitié les rythmes d'incision s'accroissent nettement à partir des années 1970, principalement dans la partie aval.

GRAPHIQUE L1 C2-3

Évolution annuelle moyenne des niveaux d'eau d'étiage (177 m³/s) aux échelles sur des périodes d'environ 10 ans



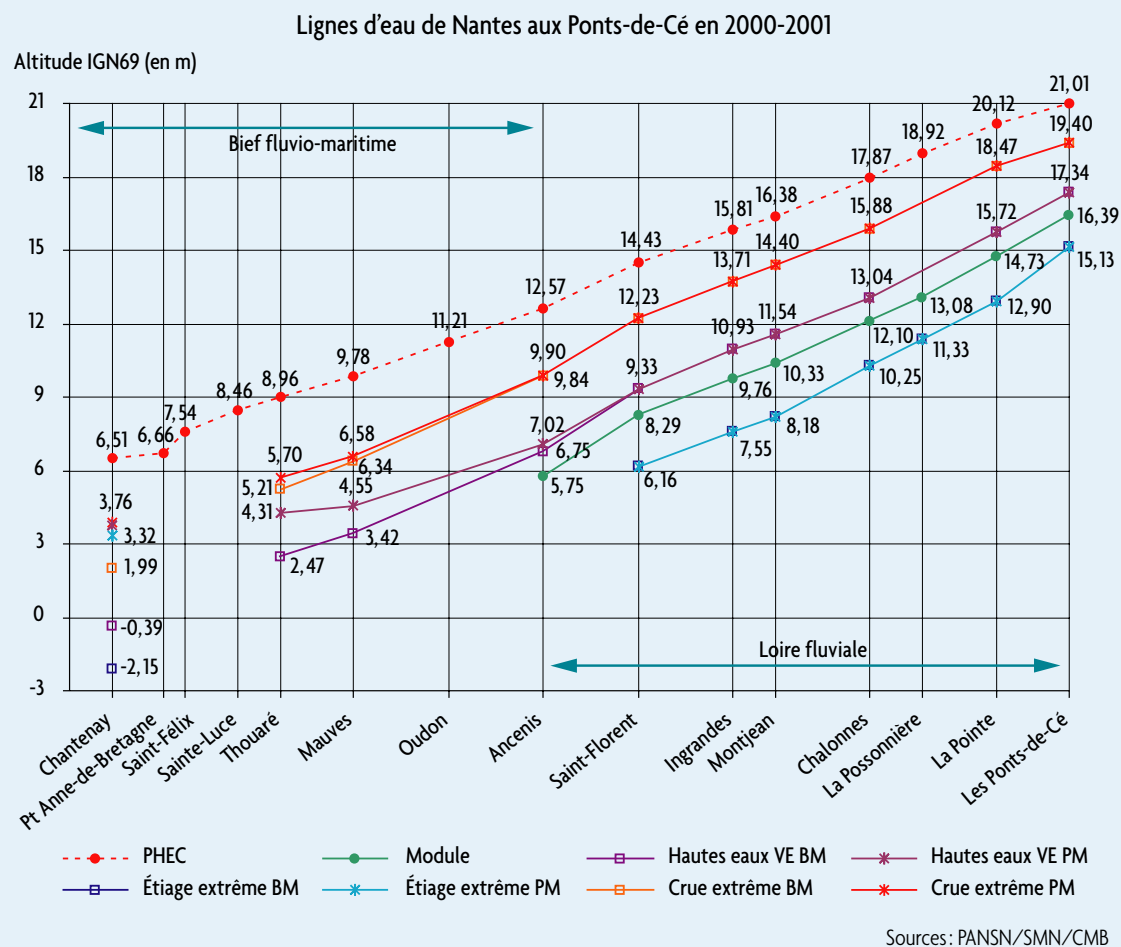
Sources : SAR, données SMN/CMB

Un effondrement enrayé ?

Au cours de l'année 2000-01, les conditions hydrologiques exceptionnelles font que la situation de référence n°4 d'étiage est assimilée à la situation

13 d'étiage extrême, différentes seulement d'1 m³/s. Cependant, de nombreuses données manquent suite à diverses défaillances techniques.

GRAPHIQUE L1 C2-4



Les écoulements de l'année présentent :

- une amplitude nettement plus faible aux Ponts-de-Cé où la distance verticale entre les lignes d'eau extrêmes n'est que de 4,27 m ;
- un gonflement continu de La Pointe à Montjean, passant de 5,57 m à 6,22 m, lié principalement à la concavité de la ligne d'eau d'étiage ;
- puis un léger rétrécissement jusqu'à Saint-Florent-le-Vieil, où la distance n'est plus que de 6,07 m.

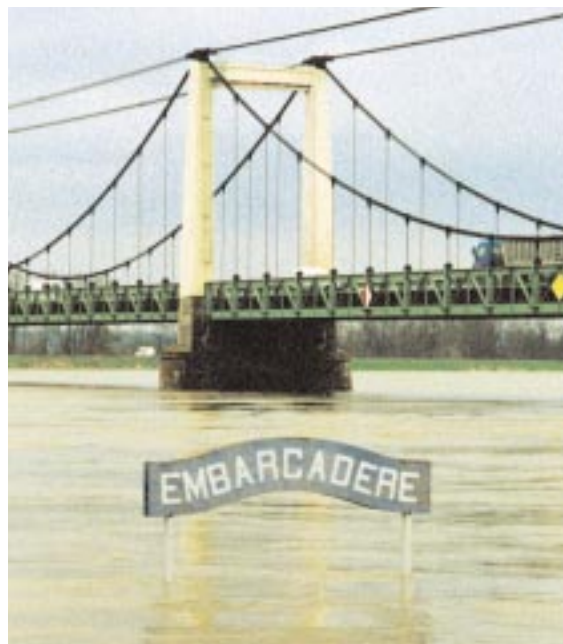
En aval, le manque de données interdit tout constat.

Quelle que soit la ligne d'eau considérée, la présence d'un seuil rocheux dans le lit du fleuve à Saint-Florent est perceptible et règle la pente superficielle des eaux au moins jusqu'à Ingrandes.

La comparaison de la ligne d'eau de crue conventionnelle (hautes eaux de 1500 m³/s) et de la ligne de module (850 m³/s) illustre l'étroitesse de la section entre rive plus contraignante à Montjean et Ingrandes qu'ailleurs.

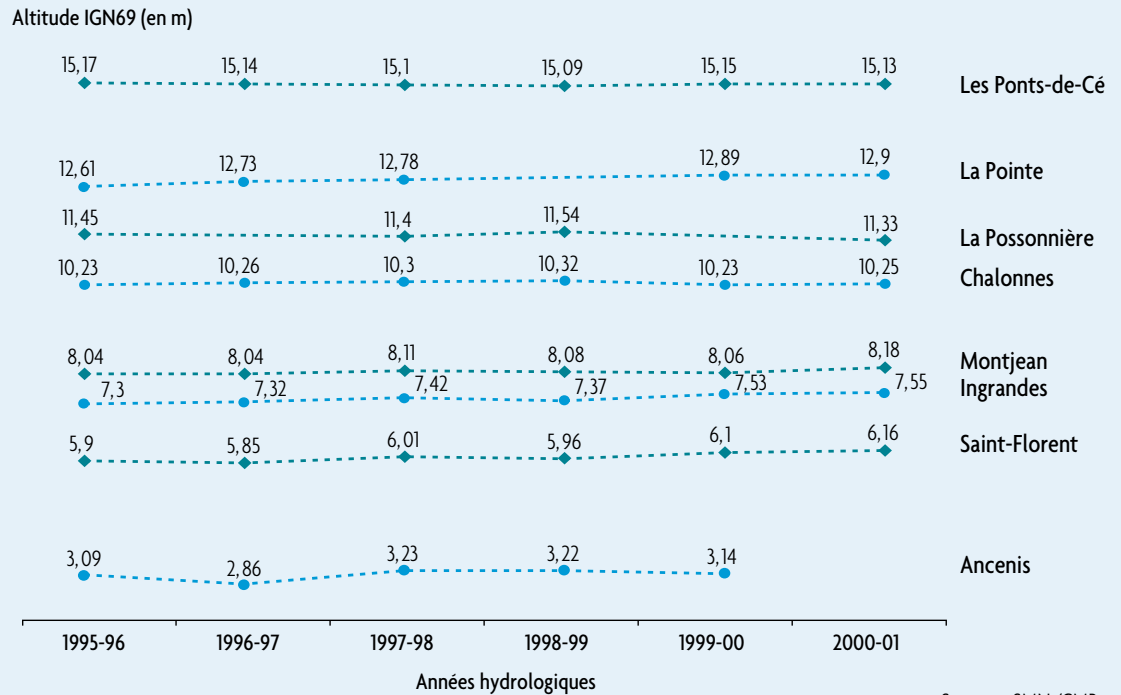
L'écart de hauteur de la ligne d'eau d'étiage (250

m³/s) à la ligne de module est relativement faible aux Ponts-de-Cé (1,26 m) et croît rapidement vers l'aval pour atteindre sa valeur maximale



GRAPHIQUE L1 C2-5

Variations des niveaux d'eau d'étiage (250 m³/s) aux différentes stations fluviales entre 1995 et 2001



Sources : SMN/CMB

Sur les six dernières années hydrologiques, les variations de niveau d'eau aux stations fluviales, pour les 3 situations de référence annuelle, dénotent d'une certaine stabilité des lignes d'eau, les écarts en plus ou en moins suivant les années étant de l'ordre de quelques centimètres voire décimètres, ce qui laisse supposer un enrayement de l'effondrement dû à des remaniements sédimentaires.

Cependant, la comparaison entre 1995-96 et 2000-01 montre :

- un relèvement, plus prononcé à l'amont, des lignes d'eau pour toutes les stations en hautes eaux du fleuve (1500 m³/s) sauf une stabilité pour Ancenis ;

- en situation de module (850 m³/s), un relèvement discret des lignes entre Ingrandes et Ancenis, une stabilité au niveau de Montjean, une baisse à Chalonnès et la Possonnière, puis un relèvement en amont ;

- en situation d'étiage (250 m³/s), les niveaux d'Ancenis à Montjean et à La Pointe s'accroissent dans de faibles proportions tandis qu'à Chalonnès et aux Ponts-de-Cé, il y a stabilité. Une seule baisse est observée à La Possonnière.

En conclusion, le sens et l'ampleur de ces changements, toujours très faibles, pourraient indiquer une instabilité du secteur La Pointe–La Possonnière en proie à des réajustements morphologiques.

TABLEAU L1 C2-2

Niveaux (en m) de basses mers aux stations fluvio-maritimes entre 1995 et 2001

Situation	Situation 2						Situation 4					
	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01
Année hydrologique												
Débit (m ³ /s) à Montjean		1460		1490		1510	240	240	253	248	244	
Coefficient de marée		98		98		92	50	45	48	40	42	
Nom des stations												
Ancenis		6,80		6,75		6,75	3,09	2,86	3,23	3,22	3,14	
Oudon												
Mauves				3,31		3,42	0,59	0,66	0,54	0,78	0,56	
Thouaré		2,34		2,33		2,47	-0,53	-0,30	-0,25	0,09		
Sainte-Luce		0,97		0,74			-1,34	-1,09	-1,03	-0,64		
Saint-Félix		0,10		-0,02			-1,64	-1,34	-1,32	-0,88	-1,21	
Pont Anne-de-Bretagne											-1,32	
Chantenay		-0,58		-0,84		-0,39	-1,88	-1,52	-1,49	-1,06	-1,47	

Sources : SMN/CMB

Aux stations du bief fluvio-maritime, les variations des hauteurs d'eau en basse mer restent dans les limites de variations des coefficients de marée tant en étiage qu'en hautes eaux du fleuve. La prégnance de la marée est surtout perceptible dans le fait qu'à l'exception d'Ancenis, toutes les stations de mesure réagissent dans le même sens, soit toutes baissent, soit toutes montent, suivant les années.

Les très nombreuses défaillances techniques et le manque d'occurrence de la situation d'étiage et mortes eaux obèrent les conclusions à tirer de ces variations, conclusions qui doivent nécessairement être fondées sur la répétition d'un nombre élevé de situations.

Sources & Méthodes

Les données nécessaires sont différentes suivant que la Loire est strictement fluviale ou soumise à la marée.

Les dates d'occurrence des **situations de référence** sont obtenues par croisement automatique des tables de coefficients de marée fournies par l'EPSHOM et des chroniques des débits moyens journaliers à Montjean de la Banque Hydro du ministère chargé de l'Environnement. La date d'occurrence retenue *in fine*, pour chacune des situations, est celle qui rassemble le plus de données de hauteurs d'eau.

Les dates d'occurrence des **situations extrêmes** résultent de la lecture des chroniques à Montjean de la Banque Hydro : date du débit moyen journalier le plus élevé et date du débit moyen le plus faible de l'année.

A chacune de ces dates, à partir des enregistrements automatiques des hauteurs d'eau fournis par le Service Maritime et de Navigation aux stations des Ponts-de-Cé jusqu'à Nantes (Pont Anne-de-Bretagne) et par le Port Autonome pour Chantenay, les données retenues ou calculées sont :

- en Loire fluviale des Ponts-de-Cé à Saint-Florent-le-Vieil, la hauteur d'eau moyenne du jour ;
- dans le bief fluvio-maritime d'Ancenis à Chantenay, la hauteur d'eau instantanée maximale (pleine mer) et la hauteur d'eau instantanée minimale (basse mer) sauf toutefois pour la situation au module pour laquelle la ligne d'eau n'est tracée qu'entre les Ponts-de-Cé et Ancenis. Dans ce cas, la hauteur d'eau retenue pour Ancenis est la moyenne des deux hauteurs

extrêmes du jour d'occurrence.

Toutes les données sont rapportées au plan unique de référence topographique IGN69 en ajoutant aux valeurs de hauteurs d'eau enregistrées à chaque station le nivellement correspondant.

Par ailleurs, les niveaux d'eau enregistrés lors de la plus grande crue historique (2 décembre 1910 : 6400 m³/s à Montjean) figurent sur chaque restitution annuelle : ligne d'eau des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC).

La méthode mise en œuvre pour cet indicateur, si elle a l'avantage de permettre des comparaisons interannuelles entre des situations de référence précises de débits du fleuve et de coefficients de marée, a toutefois des limites.

Le tracé des lignes d'eau entre des stations de mesure éloignées de plusieurs kilomètres donne une "image moyenne" qui ne correspond pas nécessairement à la réalité. En effet, la pente de la surface de l'eau n'est pas constante et varie au gré des circonstances locales, notamment de la présence de points durs ou de resserrlements entre les berges. La connaissance fine des pentes réelles passe donc par des observations de hauteurs d'eau induisant la multiplication des points de mesure. Ainsi, le Service de Bassin de la DIREN Centre diligente tous les ans depuis 1978, des campagnes de suivi de deux événements, des Ponts-de-Cé à Ancenis : étiage et crue. Seulement 2 campagnes de suivi au module (850 m³/s) ont été effectuées, du 24 au 28 janvier 2000, pour un débit effectif de 1050 à 922 m³/s et le 23 novembre 2001, pour un débit de 506 m³/s.

Des références

C. Migniot, P. Le Hir – Rapport de synthèse I de l'APEEL, Hydrosédimentaire, avril 1997.

Rapport de modélisation prospective de la Loire estuarienne 1995-2000, phases 1 et 2, AELB.

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

DIREN Centre, Service Bassin Loire Bretagne – Modélisation Hydrodynamique et Morphodynamique de l'Estuaire de la Loire sur la période 1995-2000, mai 2001.

VNF-CMB, CD-Rom "Le Fresne-Données 2001", juin 2002.

Établissement Public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents – Les problèmes du relèvement des niveaux d'eau en Basse-Loire entre Nantes et Angers, juin 1993.

Les cotes de la Loire aux échelles (Ponts-de-Cé, Montjean, Ancenis) sont consultables sur le site de la DIREN Centre : <http://www.environnement.gouv.fr/centre>.