



Les mouvements

Les recouvrements et découverts latéraux

Mise en eau des annexes hydrauliques

Mise en eau des annexes hydrauliques

Résumé

Les annexes hydrauliques sont des dépendances de la Loire : bras secondaires, boires et basses vallées d'affluent. Elles ne sont hydrauliquement actives qu'à partir d'une certaine hauteur d'eau. Leur mise en eau est un enjeu fondamental pour l'ensemble du fonctionnement écologique de la vallée qui passe par le relèvement des lignes d'eau de faibles débits.

Sur les 38 annexes répertoriées des Ponts-de-Cé à Thouaré-sur-Loire, 4 dépendent des débits en amont du Bec de Maine, 24 se trouvent en Loire fluviale entre La Pointe et Ancenis et 10 dans le bief fluviomaritime.

En secteur fluvial où la mise en eau ne dépend que du débit du fleuve, 6 annexes sont connectées plus de 3 jours sur 4 (débit supérieur à 295 m³/s) ; 8 plus de la moitié du temps (débit supérieur à 571 m³/s), 18 plus de 1 jour sur 4, et 5 moins de 1 jour sur 4.

Dans le bief fluviomaritime où intervient la marée, 7 annexes sur 10 ont une liaison au fleuve non perturbée par les circonstances locales. Leurs fréquences de connexion vont de plus de 9 jours sur 10 pour La Patache à 1 jour sur 3 pour la Boire d'Anjou.

Ces résultats ne sont qu'une première approche.

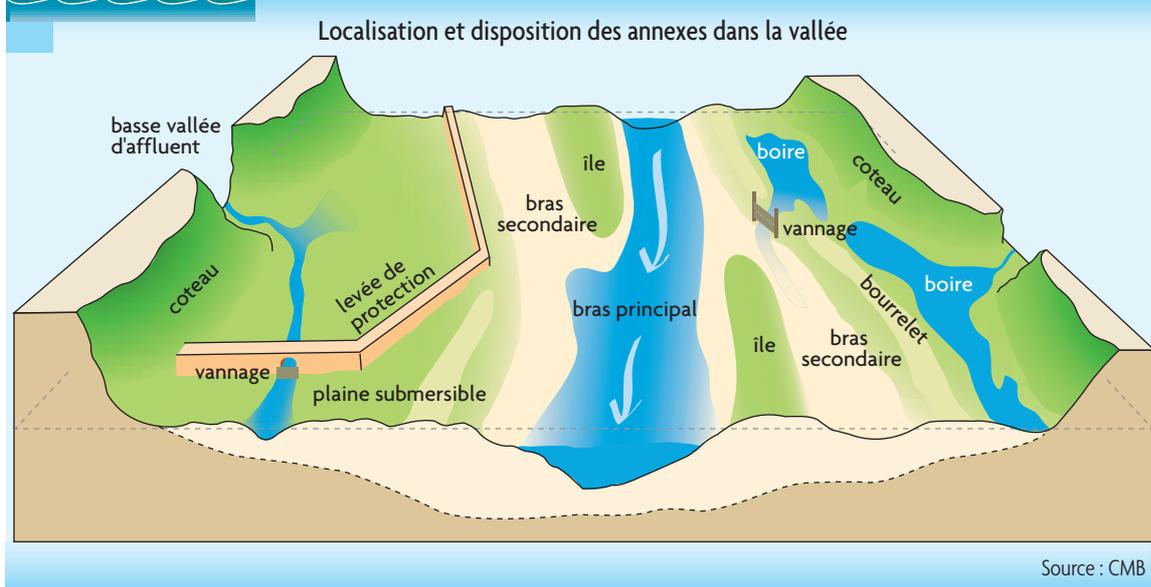


Objectif définition

Les annexes hydrauliques sont des dépendances du fleuve qui ont un rôle temporaire vis-à-vis des écoulements superficiels. Leur agencement, généralement parallèle au fleuve, est dû à la topo-

graphie particulière du remplissage sédimentaire, les abords du lit mineur – le **bourrelet de rive** – plus élevés que les pieds de coteaux s'opposent bien souvent à la fusion directe des eaux.

FIGURE L1 D2-1



Elles ne participent aux écoulements qu'au-delà d'une certaine hauteur d'eau en fonction de l'altitude relative de leur(s) connexion(s) au fleuve. Trois types d'annexes sont identifiés :

- **Les bras secondaires** sont connectés en amont et en aval au bras principal dont ils sont séparés par des îles stabilisées et végétalisées. A l'étiage, ils présentent de vastes plages de sable alors qu'en périodes de hautes eaux, ils peuvent devenir bras principaux. Nombre d'entre eux sont barrés par des digues ou des chevrettes en enro-

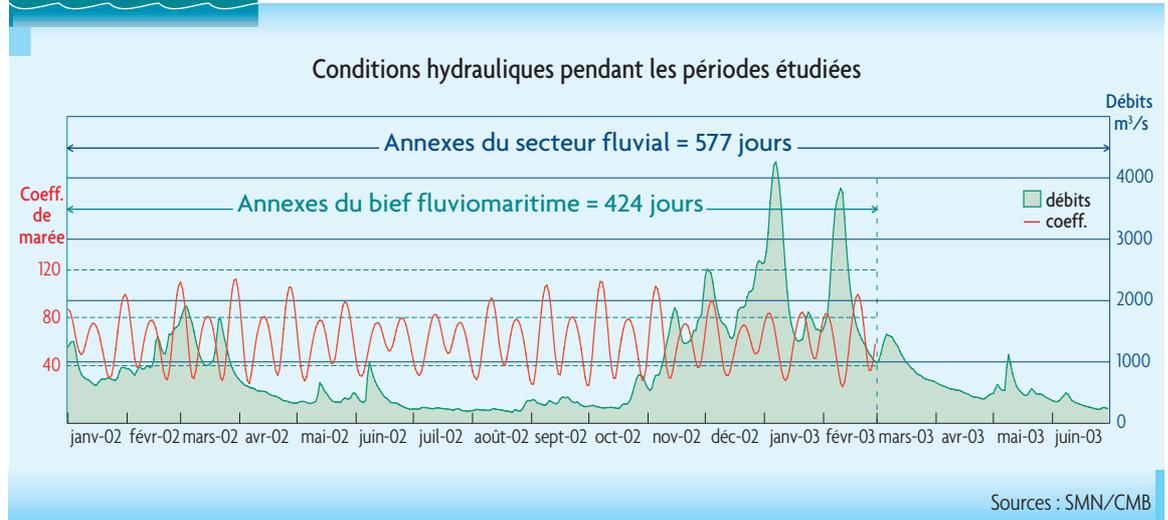
chements renvoyant, en-deçà d'un certain débit, les eaux dans les bras navigables.

- **Les boires** sont des dépressions de la plaine alluviale, anciens bras abandonnés. Elles sont caractérisées par une végétation permanente et une connexion unique, le plus souvent à l'aval. Quand leur fond est perméable (sable, gravier), le niveau de l'eau y suit celui de la nappe alluviale par capillarité ; par contre quand elles sont étanches, elles se remplissent des eaux de ruissellement des coteaux ou des affluents, ou par débordement direct.

• **Les basses vallées** d'affluents sont des zones inondables, submergées par les eaux de l'affluent ou lors du refoulement des eaux de la Loire. Le bourrelet de rive contraint l'affluent à emprunter

une ou plusieurs boires avant de se jeter dans le fleuve. Dans la majorité des cas, des vannages placés à leur débouché dans la vallée y maintiennent un certain niveau d'eau pendant l'étiage.

GRAPHIQUE L1 D2-1



L'indicateur porte sur la durée, la répartition et les conditions de mise en eau de ces annexes, c'est-à-dire le nombre de jours et les périodes pendant lesquelles le niveau de l'eau en Loire est supérieur à celui de leur connexion. Dans ces conditions, les échanges fleuve-annexes peuvent, au moins théoriquement, avoir lieu dans les deux sens. Afin de multiplier les occurrences de mise en eau des annexes, la période analysée s'étend sur 577 jours pour les annexes en secteur fluvial strict, et 424 jours pour les annexes du bief fluviomaritime, selon la disponibilité des données.

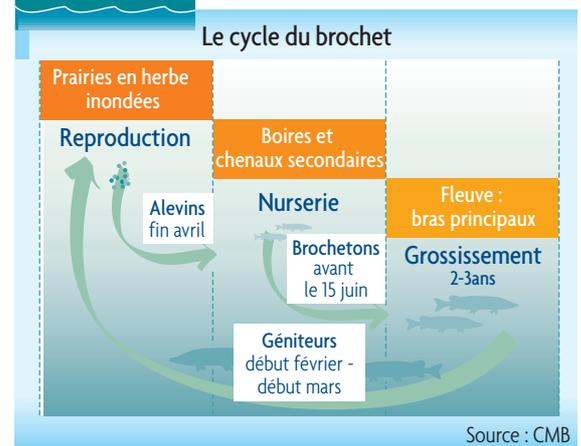
L'aménagement du fleuve pour la navigation (obturation des bras secondaires par des digues, resserrement du bras navigable entre des épis) et les extractions de sable dans le lit mineur ont provoqué l'incision du thalweg de navigation dans les sables du lit induisant l'affaissement des lignes d'eau de faibles débits et, de manière concomitante, l'assèchement estival des annexes.

Or, c'est l'ensemble du fonctionnement écologique de la vallée, en termes d'échanges de matière, d'énergie et de population, qui fut affecté. Ces dépendances et solidarités sont vitales pour de nombreuses espèces, notamment de poissons dont le brochet est l'emblème. Les enjeux sont tels que le relèvement de la ligne d'eau

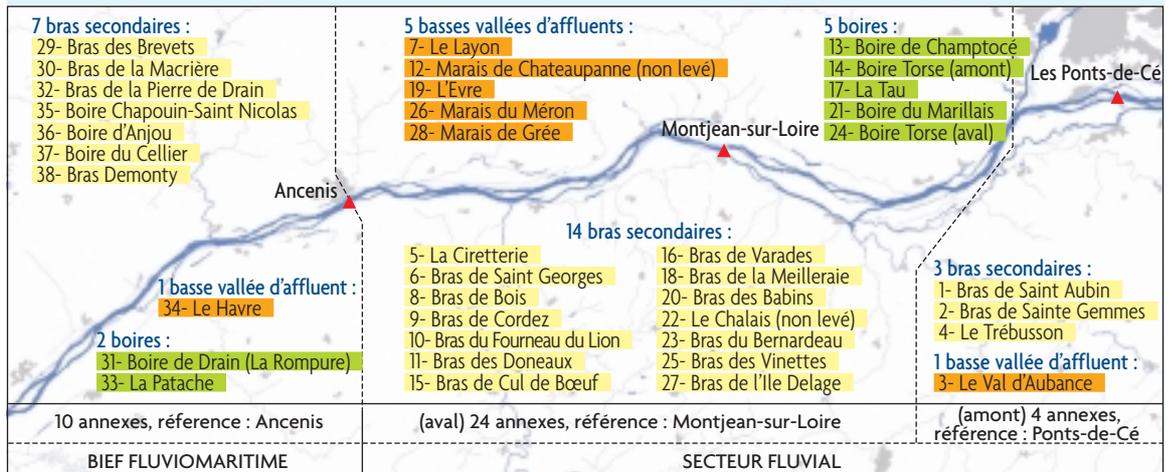
d'étiage – et son corollaire, l'amélioration de la mise en eau des annexes – est inscrit comme prioritaire au Programme Interrégional Loire Grandeur Nature.

Il s'agit de rendre compte de la situation actuelle envisagée comme un état initial avant intervention sur le lit du fleuve. **L'objectif de cet indicateur est donc de suivre l'efficacité des aménagements futurs, actuellement en cours de définition, vis-à-vis du fonctionnement écologique de la Loire.**

FIGURE L1 D2-2



Répartition des annexes et limnigraphes de référence (▲)



Sources : SMN/CMB

Les résultats exposés dans cette fiche forment une première approche. En l'absence d'une topographie générale et précise des annexes, surtout des bras secondaires, le choix des seuils de connexion relève plus de l'appréciation intuitive sur le terrain que de mesures objectives. Par ailleurs, l'altitude des connexions constituées de bancs de sable peut varier au cours de la mise

en eau. En conséquence, l'expression « mise en eau » signifie que le niveau de l'eau en Loire est supérieur à l'altitude du point pris pour seuil de connexion sans que pour autant l'annexe soit totalement connectée.

A ceci s'ajoute l'arrêt de l'enregistrement des hauteurs d'eau à Oudon, entre Ancenis et Mauves, privant de niveau de référence 20 km de Loire...

Interprétation

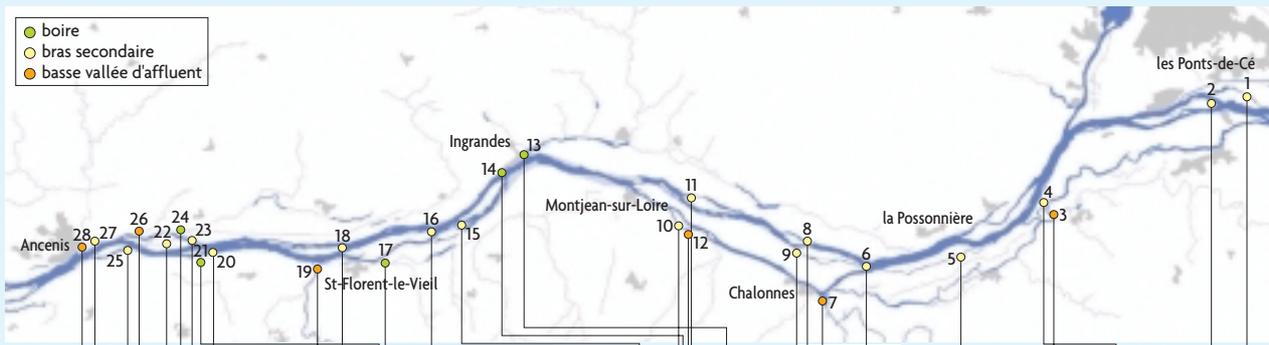
En Loire fluviale : le débit seul

La mise en eau des annexes entre les Ponts-de-Cé et Ancenis est sous l'unique influence des débits de Loire. De janvier 2002 à juillet 2003, 3 annexes n'ont pas connu d'assec même en période estivale, la Loire s'étant toujours maintenue à une hauteur supérieure à leur connexion : les bras de Sainte Gemmes, de Bois et de Cordez.

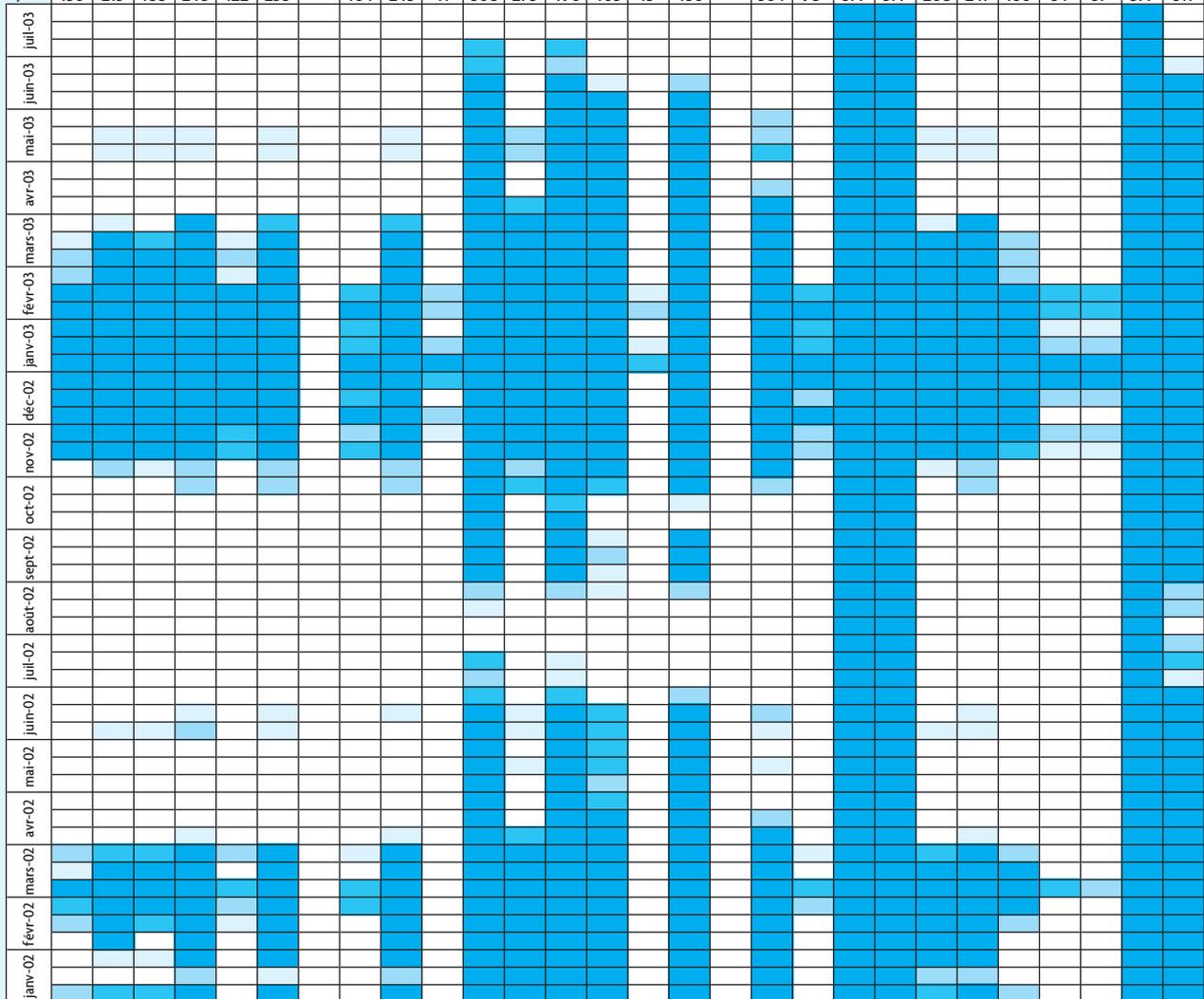
A l'inverse, l'annexe la moins fonctionnelle est la Boire Torse amont dont la prise en Loire est constituée d'une dépression dans la rive naturelle. Elle n'est en eau que lors de deux courts épisodes, cumulant une quinzaine de jours lorsque le débit s'est maintenu au-dessus de 3000 m³/s.



Chronogramme de mise en eau des annexes fluviales (janvier 2002 - juillet 2003)



N° annexe	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Altitude (IGN69)	6,40	5,65	6,40	5,71	7,58	6,29		7,83	6,36	9,58	5,94	7,46	6,74	7,38	12,65	7,67		9,78	12,12	9,32	9,49	12,22	12,46	14,36	14,87	14,84	14,49	15,38
pk/0 St-Nazaire	90,6	91,1	92,3	92,1	92,8	93,1	non levé	93,3	93,7	97,5	99,7	100,5	103,7	104,8	107,5	108,5	non levé	115,5	116,1	120,8	121,2	122,3	124,8	128,1	131,7	131,3	141,4	142,8
Débit (m³/s)	1180	790	900	690	1340	710		1450	700	2050	240	575	250	350	3000	290		520	1490	150	165	820	700	1150	1300	1350	?	205
Nbre de jours	150	213	188	248	122	238		104	245	41	508	275	490	405	15	450		304	98	577	577	208	247	160	64	57	577	511



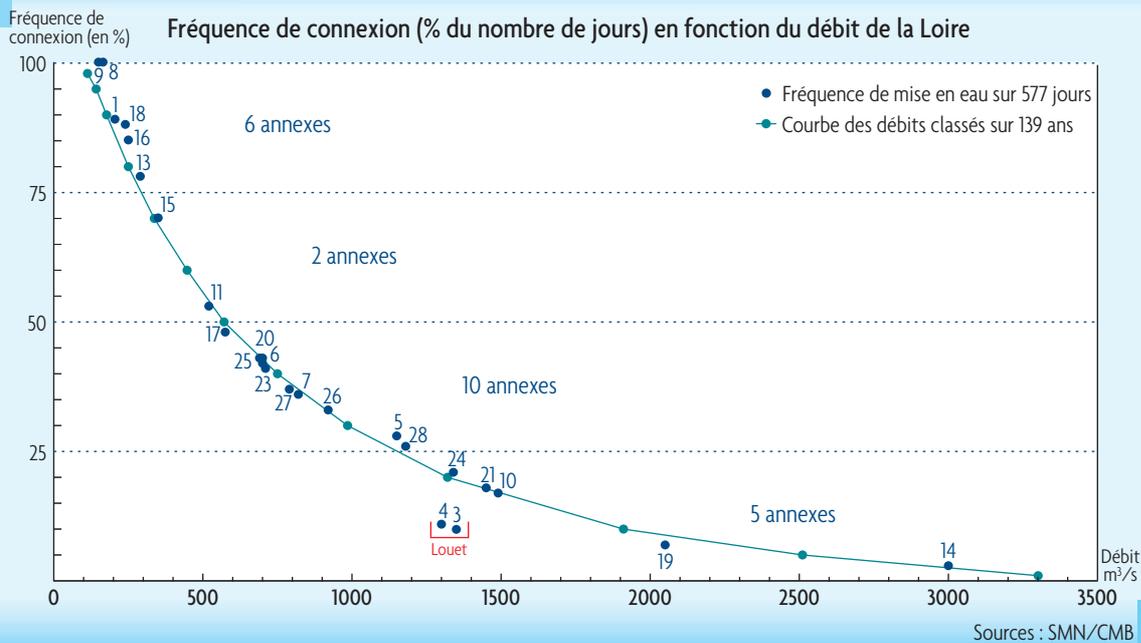
0 jour par décade de 1 à 3 jours par décade de 4 à 6 jours par décade de 7 à 9 jours par décade 10 jours par décade

Sources : SMN/CMB

Trois annexes ont un comportement hydraulique particulier. Ce sont les bras de Cordez, de Bois et des Doneaux qui débouchent dans le grand bras de Saint Georges dont la mise en eau se situe autour de 700 m³/s, alors que leur altitude

de connexion est d'environ 3 m en contrebas. Ils fonctionnent donc d'abord comme des boires, remplis par la nappe alluviale, puis comme des bras secondaires dès que le bras de Saint Georges est en eau.

GRAPHIQUE L1 D2-3



Sur les 23 annexes en relation directe avec la Loire, 8 sont en eau plus de la moitié du temps quand le débit du fleuve est supérieur à 571 m³/s ; 17 annexes ne sont plus connectées quand le débit descend sous 295 m³/s soit pendant un quart du temps.

La fréquence de connexion de ces 23 annexes fluviales s'éloigne très peu de la courbe des débits classés de la Loire depuis 139 ans ; les résultats obtenus sur la période d'étude (577 jours) ont une valeur significative, et peuvent être généralisés quelle que soit la période de référence.

A noter le comportement des deux annexes débouchant dans le Louet, vaste bras secondaire en prise sur la Loire en amont des Ponts-de-Cé. Pour un débit de connexion de 1300-1350 m³/s, elles sont moins souvent mises en eau qu'à débit équivalent en Loire à Montjean puisque les apports de la Maine n'affectent pas les débits en amont du Bec de Maine.

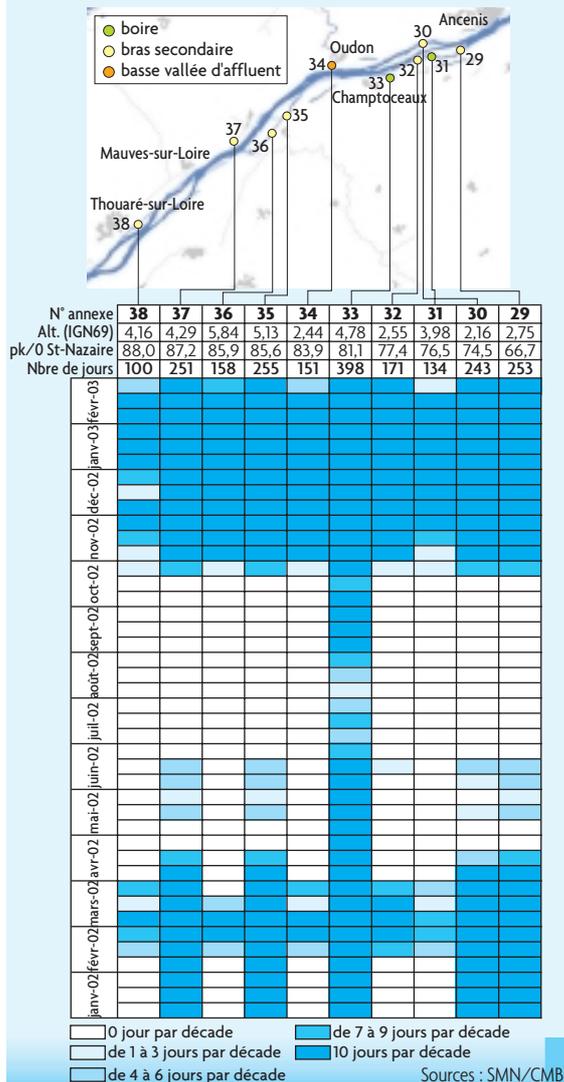
Dans le bief fluvio-maritime : surtout le débit

La propagation de la marée dynamique et le débit du fleuve se conjuguent de manière incessante. D'un point de vue général, les périodes de mise en eau diffèrent très peu de celles constatées en Loire fluviale, le débit restant prépondérant.

A l'exception de la Boire de la Patache en amont de Champtoceaux, qui est en connexion 9 jours sur 10, toutes les annexes assèchent en période estivale, de la mi-avril à la fin octobre. L'annexe la moins connectée, et pourtant la plus aval, est le bras Demonty (moins d'un jour sur 4).

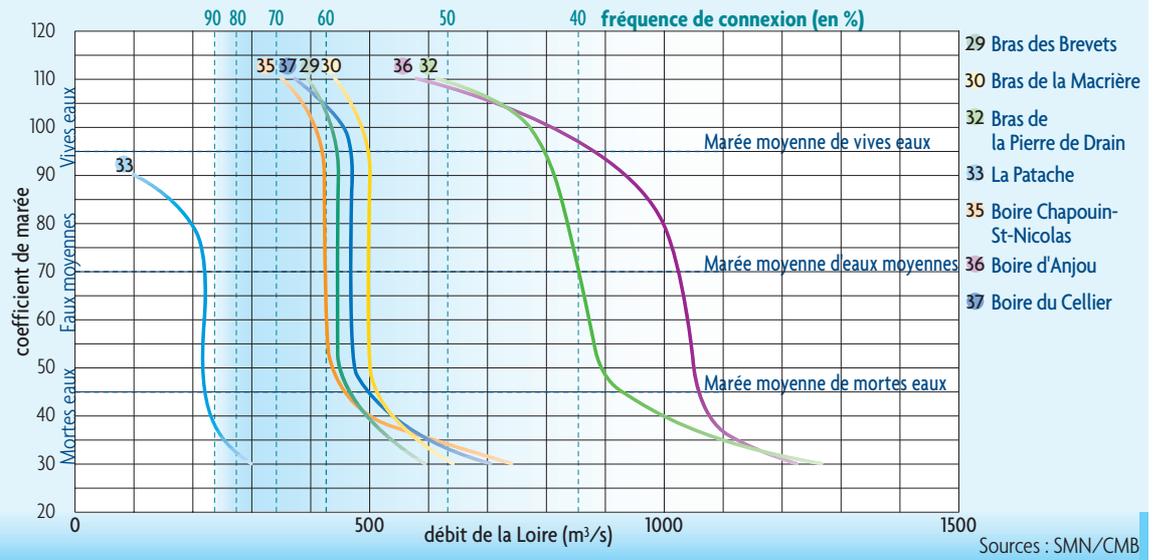
GRAPHIQUE L1 D2-4

Chronogramme de mise en eau des annexes du bief fluvio-maritime (janvier 2002 - février 2003)



GRAPHIQUE L1 D2 - 5

Conditions de mise en eau de 7 annexes du secteur fluvio-maritime (janvier 2002 - février 2003)



La méthode des couples [débit-coefficient] montre un excellent classement des conditions journalières de mise en eau pour 7 annexes sur les 10 étudiées. Les courbes de séparation des conditions de connexion et de déconnexion s'ordonnent selon les fréquences de mise en eau. Pour les 3 annexes restantes et non représentées sur le graphe, des circonstances locales perturbent la liaison au fleuve :

- La Boire de Drain (La Rompure) dont la connexion dépend de la mise en eau de bras secondaires.
 - La Basse Vallée du Havre à Oudon, dont la connexion est située au fond du port.
 - Le Bras Demonty à Thouaré, très encombré de dunes de sable et de bancs de vase et de végétation.
- Une analyse plus poussée permettra à l'avenir de repréciser leurs cotes de mise en eau effective.

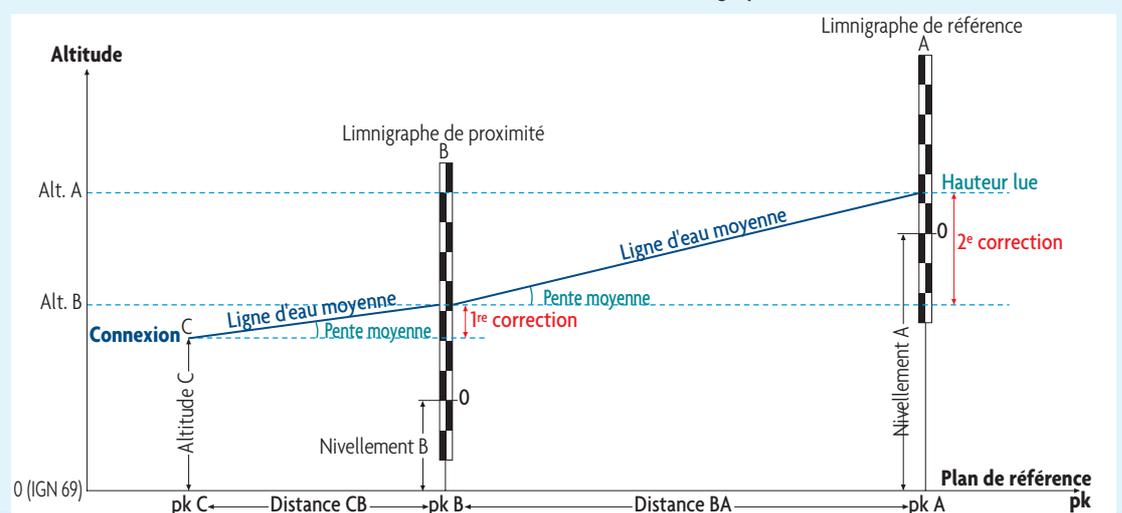
Sources & Méthodes

Les données sont originales et ont été acquises lors de deux prospections, l'une en janvier 2002 et l'autre au cours de l'été 2003. Altitudes et localisations sont obtenues directement par dGPS. Les altitudes des radiers des ouvrages sous la voie

ferrée ont été fournies par la SNCF (Marais de Grée, le Méron et la Boire Torse aval). Les hauteurs d'eau aux limnigraphes sont issues du Service Maritime et de Navigation, les débits aux Ponts-de-Cé et à Montjean de la Banque Hydro du MEDD.

FIGURE L1 D2-3

Raccordement des altitudes de connexion aux limnigraphes de référence



Sources : SMN/CMB

La méthode de calcul, unique pour toute annexe, s'est déroulée en trois phases :

1 - Calcul des pentes et altitudes de raccordement aux limnigraphes :

Il s'agit de faire correspondre, par l'intermédiaire de la pente superficielle moyenne du fleuve, l'altitude de mise en eau de l'annexe à une altitude de l'eau au limnigraphe de référence le plus proche.

2 - Calcul des durées et périodes de connexion :

Le choix des limnigraphes de référence est dicté par l'existence à ces stations d'enregistrements des hauteurs d'eau et des débits :

- en moyenne journalière (Hmj et Qmj) aux Ponts-de-Cé et à Montjean

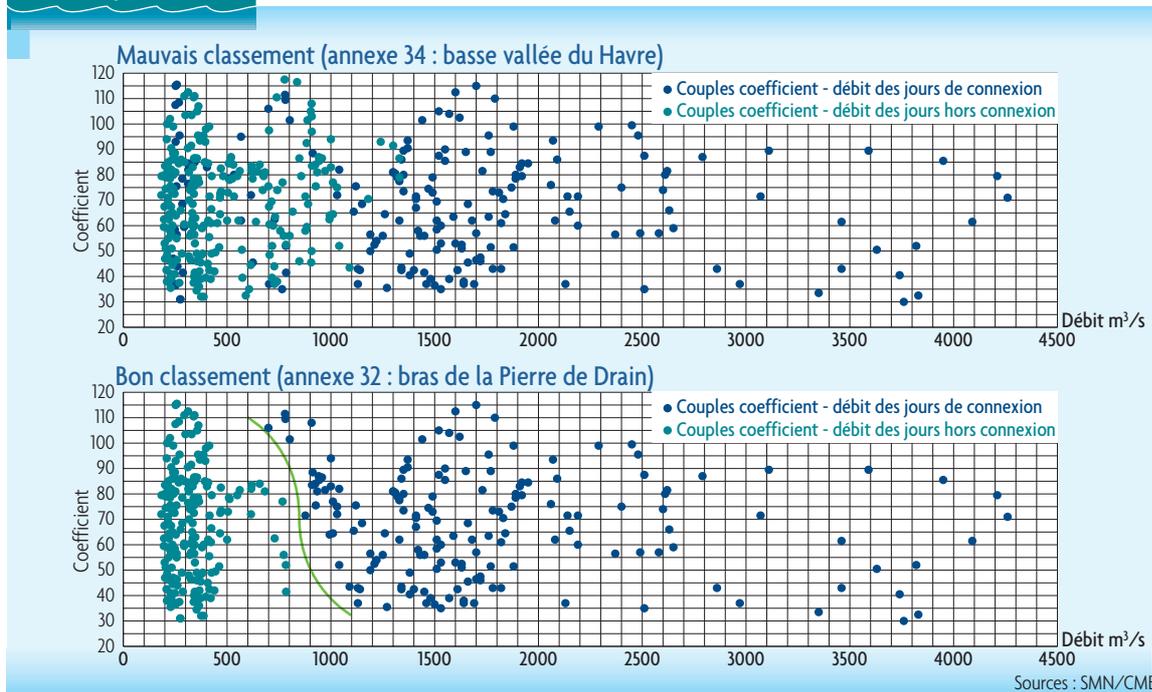
- en valeur instantanée (Hinst) à Ancenis

Les altitudes rapportées en référence sont diminuées du nivellement du limnigraphe ; ainsi sont obtenues sur les chroniques enregistrées les dates et les débits auxquels les altitudes de connexion sont dépassées, c'est-à-dire les annexes mises en eau.

3 - Conditions de mise en eau :

Pour les annexes situées en secteur fluvial, en amont d'Ancenis, les conditions de mise en eau sont représentées par les occurrences de débits de la Loire, en moyenne journalière, soit aux Ponts-de-Cé soit à Montjean, suivant leur localisation.

GRAPHIQUE L1 D2 - 6



Pour les annexes du secteur fluvio-maritime, les conditions de mise en eau sont déterminées graphiquement. Sur un même graphe pour chaque annexe, les couples de données journalières [débit à Montjean et coefficient de marée] sont reportés

pour tous les jours de connexion et de déconnexion. La ligne qui sépare les uns et les autres correspond à l'ensemble des conjonctions de débits et de marées à partir desquelles l'annexe est considérée comme connectée au fleuve.

Des références

Le premier recensement des annexes hydrauliques et leur caractérisation fut l'œuvre du CSP au début des années 1990 (Steinbach, 1994). 45 annexes étaient identifiées entre Nantes et les Ponts-de-Cé, les conditions de mise en eau étant établies à dire de pêcheurs.

Cet inventaire fut repris et complété par SCE en 2001 dans le cadre d'un bilan des opérations de restauration des potentialités biologiques des

annexes. Près de 70 annexes ont été répertoriées, sur une base exclusivement cartographique (IGN 1/25 000) sans confrontation de terrain, ce qui rend sa conformité au fonctionnement actuel de la vallée plus que douteuse.

La problématique de la mise en eau des annexes – boires et bras secondaires – a été abordée lors des travaux de modélisation prospective de la Loire estuarienne, de 1995 à 2000.