



Contribution de GAELA (Groupement d'Analyses et d'Études de Loire-Atlantique)

**Recherche d'une solution durable
pour compenser la sécheresse des canaux bretons,
tripler leur capacité d'accueil en été
et produire une énergie électrique toute l'année**

Co-Rédacteurs

Yves LAINÉ
Xavier RONDOT



Recherche d'une solution durable pour compenser la sécheresse des canaux bretons, tripler leur capacité d'accueil en été, et produire une énergie électrique toute l'année.

Yves Lainé¹
Xavier Rondot²

09-10-2017

¹ Yves Lainé, 1937 Retraité, écrivain, ancien cadre Port Autonome Nantes SN. Membre du Conseil de Développement, du GAELA, Nantes.

² Xavier RONDOT, 1939. Retraité, ingénieur, membre du GAELA. Le Croisic.

1. L'alerte sécheresse commence à être récurrente.

Contrairement aux bassins de Bourgogne et du Sud-ouest, qui sont adossés à des reliefs importants, les canaux de l'Ouest ne disposent plus de réservoirs suffisants pour les alimenter sans faille. Les années récentes font état d'épisodes répétés où la navigation a dû être restreinte et même arrêtée alors même que la « concurrence » agricole se faisait vive. Qui peut accepter qu'en quelques jours, les réservoirs, qui assurent l'alimentation des biefs de partage, puissent bloquer toute une filière touristique et condamner sa croissance alors que le marché est là ?

Tout récemment, Martin Gutton³ qui prépare son 11^e programme 2019-2025, exprimait son émotion (*voir pj en fin de rapport*) sur les perspectives de pénurie sans vraiment citer le tourisme comme partie prenante, mais on doit bien admettre qu'il participe au gâchis de la ressource.

En cas d'épuisement chronique du réservoir de partage, (ex. Étang de Vioreau, surtout, pour le canal de Nantes à Brest) pourra-t-on se permettre de perdre chaque jour d'été autant d'eau à chaque éclusage ? La conséquence est que, pendant la période chaude (où affluent les touristes) on doit aujourd'hui restreindre, voire interdire la navigation. La durée de l'indisponibilité des écluses ne pouvant être ni prévue ni précisée, un grand nombre d'usagers potentiels manquera à l'appel : Les loueurs n'investiront pas, les particuliers n'oseront plus planifier séjours ou manifestations sur les canaux⁴.

Importance de l'économie des voies fluviales.

Le cœur de l'été est la période de l'année où la demande est la plus forte. VNF (Voies Navigables de France) fournit le chiffre de 40% de 10.7 millions de personnes sur les 6200 km de voies utilisées, dont 50 à 80% sont étrangères. Ce chiffre a progressé de 15% depuis 2009 et de 15% sur la seule année 2015. En France, le tourisme fluvial c'est aujourd'hui :

- Un volume d'activités de 1 421,7 Mds €⁵.
- Un chiffre d'affaires consolidé de près de 902,5 M€ ; plus de 11 000 emplois directs (*source VNF*).

On peut juger de l'évolution de la filière avec ce diagramme qui montre l'engouement des paquebots fluviaux sur tous les bassins entre 2009 et 2014. La navigation privée connaît une évolution comparable.

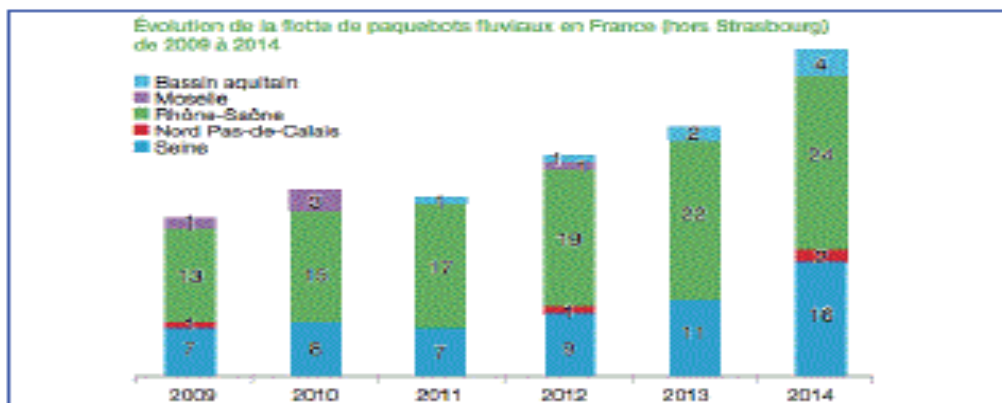
- Le plus grand réseau européen ouvert au transport touristique 2100 km.



³ Directeur général du Comité de Bassin Loire-Bretagne,

⁴ Annexe 1 : Presse OCEAN du 9 août 2017 – Thierry MICHAUD

⁵ Source Consoglobe



Le système des canaux Bretons et de l'Ouest.

Le système de l'Ouest comprend les « canaux bretons », la Loire navigable et le système Anjou/Maine. Non connecté aux autres, il se révèle le moins performant de tous. Il est ouvert entre avril et octobre ; sa gestion, pour la partie ouest, est assurée par la Région Bretagne et le département 44 qui semblent conscients de l'enjeu.

Pour autant rien n'a encore été proposé et les efforts de promotion commerciale resteront contre-productifs si l'épée de Damoclès de la fermeture partielle du système continuait à planer au dessus de la tête des loueurs ou des particuliers.

On sait pourtant que, à la vitesse ou marche l'engouement pour les voies fluviales, des réseaux sont déjà saturés (Canal du Midi) alors que la capacité de nos canaux de l'ouest n'est utilisée qu'aux alentours du quart en été.

Un transfert de compétences en trois étapes

- **1989** : l'Etat délègue à trois Régions (Bourgogne, Picardie, Bretagne) les compétences de gestion, d'entretien et d'aménagement des voies navigables. En Bretagne, cette mission est confiée, sur le terrain, à des concessionnaires publics (Départements).
- **2008** : la Région Bretagne devient propriétaire de son domaine public fluvial (qui lui est transféré par l'Etat).
- **2010** : En Bretagne, les agents des voies navigables (qui dépendaient jusqu'ici de l'Etat) intègrent les services de la Région.

Moderniser les canaux bretons

2011 a été une année de modernisation des voies navigables régionales : confortation des usages nautiques, développement des usages terrestres par une ouverture de nouvelles sections de halage à la pratique de la randonnée (cycliste, pédestre, équestre ...). Les travaux de conservation seront quant à eux poursuivis. Enfin, la gestion des cours d'eau sera sécurisée grâce à la restauration des ouvrages hydrauliques : cela contribuera ainsi à améliorer la sécurité des interventions des personnels qui interviennent sur les voies navigables.



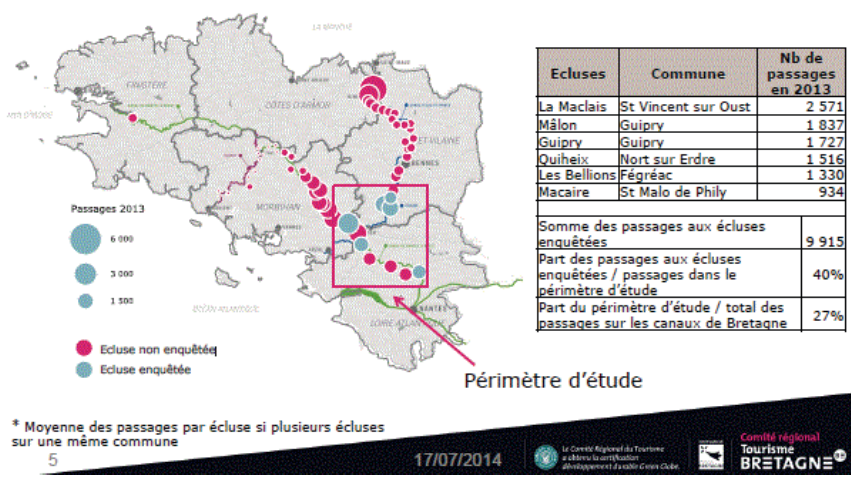
DES BASSINS DE L'OUEST

Isolé du reste des voies navigables, mais sauvé de l'oubli par la volonté favorisée d'une poignée d'associations - relayées depuis par les collectivités locales - le réseau de l'Ouest est un des plus beaux sinon le plus beau d'Europe.

Les canaux bretons, le bassin de la Mayenne, la "Venise verte" et la Charente ne sont reliés qu'à l'Océan, et leurs plus grands ports sont en eaux maritimes.

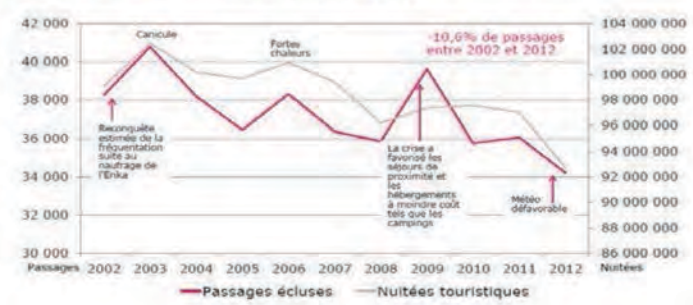
Une importante enquête « plaisanciers » portant sur 27% des passages en écluses a été réalisée par « Tourisme Bretagne » en 2013. Elle révèle un trafic annuel par écluse situé entre 1000 et 2600 passages (voir « sources ») et constate une décélération depuis 2009.

- Nombre de passages aux écluses par commune* en 2013



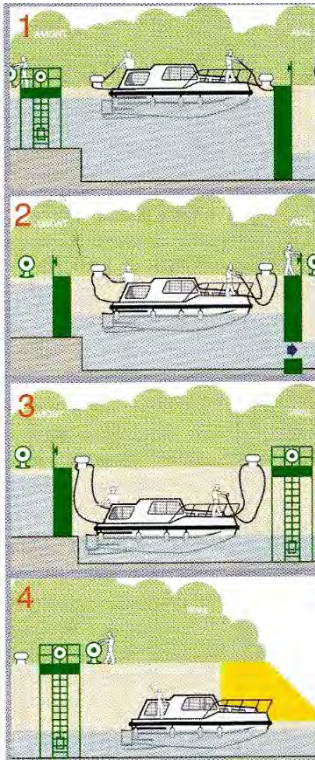
* Moyenne des passages par écluse si plusieurs écluses sur une même commune

Evolution des comptages aux écluses, Nombre de passages de 2002 à 2012



2. Le problème vu sous l'angle hydraulique : investissement important.

La dimension d'une écluse bretonne (section 1) dite « petit gabarit classe 0 » est de 26,40mx4.70m⁶, et la différence moyenne de niveau de d'ordre de 2,20 m (2.55m secteur Ouest- 1.85m secteur Est) ; on conclut que, sur un éclusage moyen $124 \text{ m}^2 \times 2,2 = 272 \text{ m}^3$ d'eau sont perdus (P) à l'amont de chaque écluse mais gagnés pour le bief aval. **Cette valeur moyenne** n'est pas celle qui est généralement fournie par les services de navigation ; ils donnent plutôt 400m³, mais nous verrons que cela tient compte des préparations et des aléas.



En effet une perte supplémentaire équivalente peut être aussi causée si l'écluse n'est pas « prête », c'est-à-dire à niveau et porte ouverte pour l'entrée du bateau au moment où il arrive, qu'il s'agisse d'une unité montante ou d'une descendante.

- Pour écluser un bateau montant alors que l'écluse est pleine, car le dernier sassage a eu lieu dans le même sens, il faut d'abord la vider (sans bateau) puis la remplir une fois le bateau entré ; P pour le bief amont est alors x 2.

- Pour écluser un bateau descendant alors que l'écluse est vide, il faut d'abord la remplir sans bateau puis la vider avec le bateau. = Px2.

- Heureusement, la probabilité que l'écluse ne soit pas prête, liée à l'espacement entre s passages et à l'équilibre entre les sens, peut être gérée en fonction de l'information donnée par les navigants aux éclusiers, ce qui permet souvent de faire passer plusieurs bateaux à la fois et de préparer l'écluse ; on admettra ici qu'elle peut être prête, en moyenne un coup sur deux. En imaginant qu'une fois sur deux l'écluse n'est pas prête, **la perte moyenne à chaque éclusage sera donc de l'ordre de $272+272/2= 408$ que nous arrondirons à 400m³**. C'est le chiffre officiel.

On a vu plus haut que, malgré le transfert de la gestion à la Région, le trafic a tendance à baisser, et l'imprévisibilité de l'alimentation au cours des mois les plus chauds risque d'entraîner une perte économique fatale à la filière.

Nous savons qu'environ 40% du trafic se présente en Juillet-Août ; Or on ne peut aujourd'hui situer qu'à une dizaine seulement le nombre de s passages journaliers dans chaque sens. Ceci est encore très faible comparé aux autres Réseaux (1/3). Mais faire plus aggraverait la perte d'eau.

Exemple qui marche : le Canal du Midi

On compte environ 10 000 passages de bateaux par an à l'écluse de Fonserannes. Le canal permet d'employer directement environ 1 900 personnes. Les retombées économiques annuelles dues à l'activité du canal sont d'environ 122 millions d'euros. Sa navigation est ouverte du troisième samedi de mars à la première semaine de novembre.

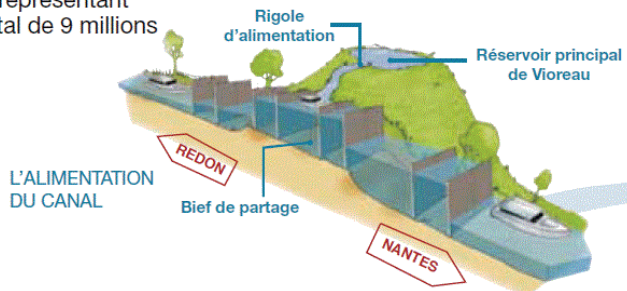
Si l'on pose que 40% du trafic se fait en juillet-août, l'ordre de grandeur des passages par écluse et par jour y serait de 4000(10000x40%) en 62 jours soit 65 bateaux/j donc, et 32 par sens. En supposant 2 unités par sassage, c'est la saturation du système et un rendement 4 fois supérieur au réseau breton.

Dans un marché en croissance, les plaisanciers, étant avertis des saturations des bassins du Sud-ouest et de Bourgogne, chercheront d'autres destinations, dont étrangères. Et là, la Bretagne est défaillante.

⁶ Source fluvia carte. Les dimensions utiles données aux plaisanciers sont un peu plus réduites : 25.5x4.3m

Perte d'eau quotidienne dans un scénario d'affluence.

RIGOLE D'ALIMENTATION provenant d'une série de deux réservoirs : l'étang de Vioreau et celui de la Provostière, reliés entre eux par une rigole artificielle, et représentant un volume total de 9 millions de m³ d'eau.



Toutes les pertes amont ne se cumulent pas car à chaque vidage de l'écluse correspond un remplissage du bief aval. La résultante de chaque sassage et $P = 0$. (-400m³+400m³)

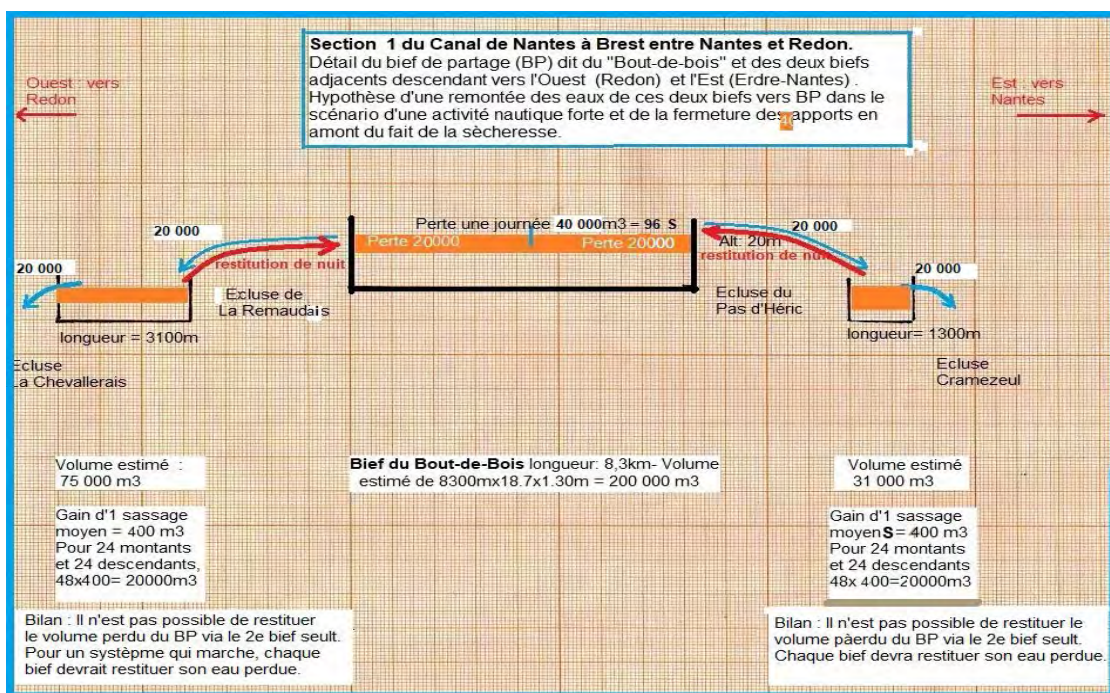
Le bateau descendant, disons, 10 écluses, aura fait perdre 400 m³ au premier sassage seulement. Tous les autres s passages sont à somme nulle puisque l'apport du bief n°1 compense la perte à l'écluse n°2, laquelle apporte de l'eau au bief n°3 et ainsi de suite. Les 400 m³

auront été déversés dans l'Erdre ou La Vilaine !

La perte quotidienne du système, dans l'hypothèse d'un sassage toutes les ½ heures et d'une ouverture du trafic entre 8h et 20h, soit 24sassage \times 2sens \times 400m³, est donc de 19200 m³ (arrondis à **20 000 m³**) pour le bief le plus haut appelé « bief de partage ». Comme il y a deux versants, cette valeur doit être doublée : **40 000m³**.

Au milieu du parcours Nantes-Redon, ce bief de partage dit « Bout-de-bois », long de 8 km, large de environ 20 m et entretenu à une profondeur de 1.3m, contient 256 000m³ – Dans le cas où le réservoir qui l'alimente se retrouve tari, rigole fermée, la **perte quotidienne** des s passages des deux écluses étant de **40 000 m³**, le bief **perdra 16% de son volume**, donc du tirant d'eau admis (15 à 20 cm). En théorie la navigation ne alors être assurée que 2 jours pour des embarcations de 80cm et plus de TE, et environ 6 jours avant que le bief de partage ne soit lui aussi totalement asséché. Il serait sauvé si une compensation pouvait lui être offerte, mais on ne peut pas puiser dans les biefs « aval » immédiats, car ce serait déplacer le problème. Il faut donc trouver une source « extérieure » au système hydraulique constitué par l'ensemble des biefs (voir dessin à l'appui).

Rappelons que toutes ces hypothèses sont faites dans le scénario d'une utilisation maximale des écluses, soit 24 s passages/jour dans chaque sens alors qu'elles ne sont aujourd'hui utilisées qu'au ¼ de leur capacité. C'est l'hypothèse haute de trafic.



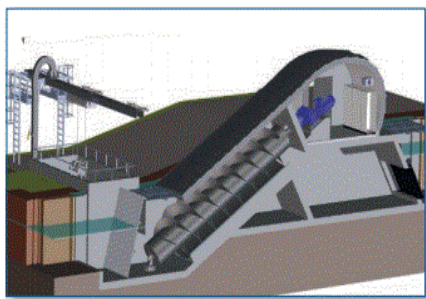
Pour simplifier, on retiendra que chaque écluse devant en moyenne relever 20000 m³ d'eau en 12 heures il s'agit d'environ 1700 m³/h soit 470 l/s. Il est donc nécessaire d'équiper chaque écluse d'une pompe ayant cette capacité. On doit trouver chez les constructeurs ce type de pompes, d'autant que le dénivelé est faible : moyenne de 2.2 mètres.

Mais il est clair que l'installation, pour l'ensemble du système Erdre à Vilaine, de ces 15 turbines, plus le génie civil, représenterait un investissement important.

Peut-il se justifier par quelques semaines de sécheresse avec le maintien garanti de la filière « canaux » ?

Le système sera mieux amorti s'il participe à la production locale d'électricité toute l'année. **C'est donc de cette production que dépendra l'intérêt d'un projet car elle suppose, en plus des machines de remontée, des turbines dont la principale fonction sera de produire des Kw.**

Les spécialistes du pompage à faible niveau de relevage semblent être les Hollandais.: la société BEVERON Bosman Watermanagement dispose de pompes KSB dites à volute en béton utilisées pour la protection des côtes et la lutte contre les crues dont le débit est de 4 à 30 m³.s – Une pompe de 1m³/s peut assurer le relevage de 1m³x60sx60minx12h =43200m³/nuit. Or avons besoin de moins (1/2 environ) – Sur une nuit le débit horaire demandé nous l'avons vu, est de l'ordre de 1700m³/h.



Zuid- en Noorderpolder, Pays-Bas

Aux Pays-Bas également, la société Landustrie semble spécialisée dans les vis d'Archimède. Certaines possèderaient en outre la qualité de pouvoir **produire de l'énergie en position vidage** (conduites forcées).

Toutes ces pompes sont faites pour relever une faible hauteur et cela correspond bien à la chute d'une écluse, semble-t-il. Les systèmes de vis d'Archimède permettent des débits importants et ont l'avantage de pouvoir fonctionner dans les deux sens : pompage et production électrique, et ceci mérite d'être étudié.

Une présentation de la Société Bretonne TURBIWATT, qui semble seule sur le marché des petites installations pour faible chute est à consulter (v. en fin « Documents »).

3. Production d'électricité par des turbines équipant l'écluse, pour la remontée en période sèche et l'usage local toute l'année.

Il est très impressionnant de constater qu'un seul petit bateau qui passe toutes les écluses entre l'Erdre et la Vilaine mobilise le **déplacement d'une masse d'eau de l'ordre de 3500 m³** (voir annexe 4) – Le modèle d'utilisation maximale du système que nous avons retenu : 12h de service avec 24 passages dans chaque sens nous donne une masse circulante de 3500x24x2 = 168000 m³/jour encore inutilisés pour l'énergie. Autant que 500 piscines.

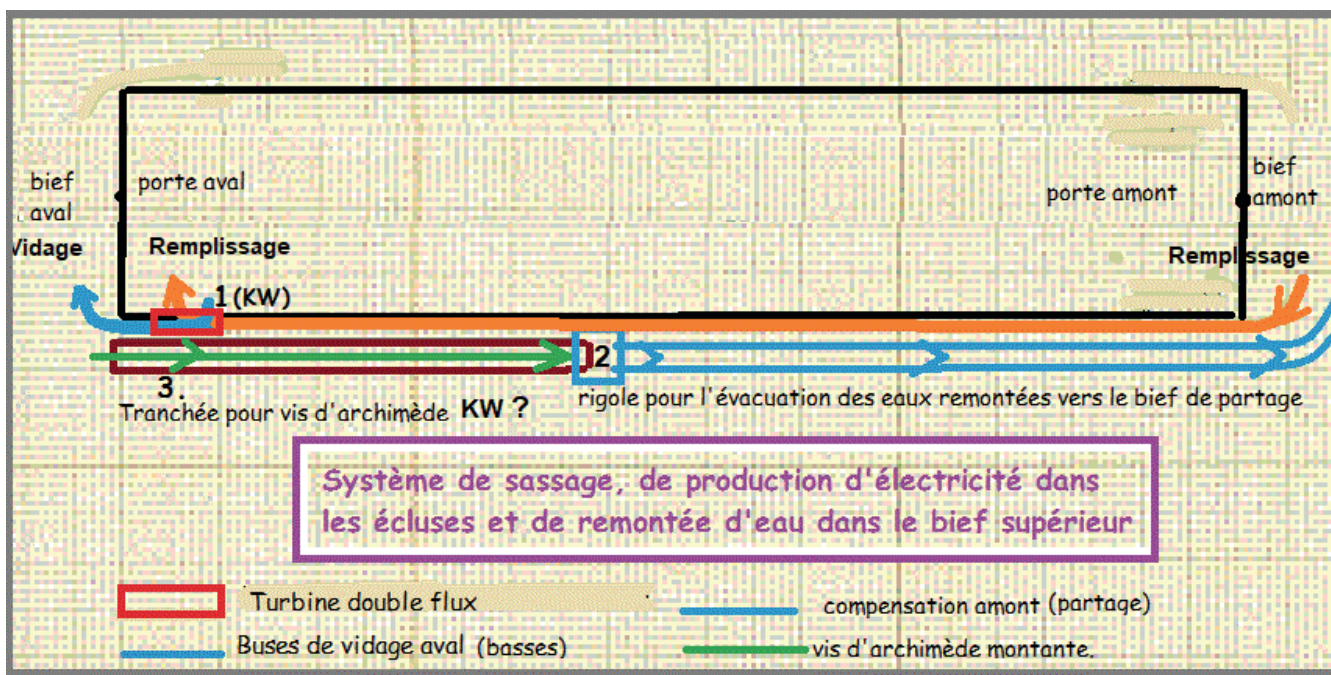
Le relevage d'eau évoqué plus haut ne s'impose que quelques semaines par an, et l'on peut s'interroger sur la façon de rendre producteur cet investissement le reste du temps,

On pourrait équiper les écluses, comme sur les schémas ci-après :

Première proposition :

Une seule turbine en partie basse pourrait assurer le vidage (bleu) ou le remplissage (orange), cette turbine fonctionnant dans le même sens en période d'affluence (48 passages x 7 min env. = env. 500 min. ou 8 heures) – Les constructeurs pourront nous donner les possibilités de production d'énergie électrique

Cette proposition est un système à triple action à étudier : relevage emplissage, vidage,



Relevage.

Le visuel ci-dessus montre la vis d'Archimède (en vert) en position de relevage d'eau du bief aval vers le bief amont, principale consommatrice d'énergie. Le système pourrait être placé dans une tranchée placée hors de l'écluse et parallèle à ses quais avec une entrée aval « basse » pour le pompage versant dans une rigole parallèle au quai allant ensuite jusqu'au bief supérieur où il est rejeté.

Emplissage

A la descente du bateau, l'écluse doit pouvoir se remplir à une vitesse variable en fonction du temps d'attente du bateau à passer ; cette entrée d'eau, qui se fait actuellement par la vantelle de la porte amont, peut se faire via une conduite forcée sur le côté menant à une turbine.

Vidage

A la sortie vers l'aval on s'attend à une évacuation rapide de l'eau afin de libérer rapidement le bateau et l'écluse. La buse amont est alors obturée et la même turbine fonctionne, amenant les flux jusqu'au bief aval.

S'il est prouvé que le système de conduites forcées produisant de l'énergie est intéressant si l'on équipe une série d'écluses, on peut calculer si et quand la quantité d'énergie électrique produite sera équivalente à celle nécessaire au relevage des vis d'Archimède du premier bief.

Dès lors les portes des écluses ainsi équipées n'auraient plus à utiliser le système à crémaillère, les portes pourraient aussi être électrifiées et s'ouvrir automatiquement dès le niveau atteint.

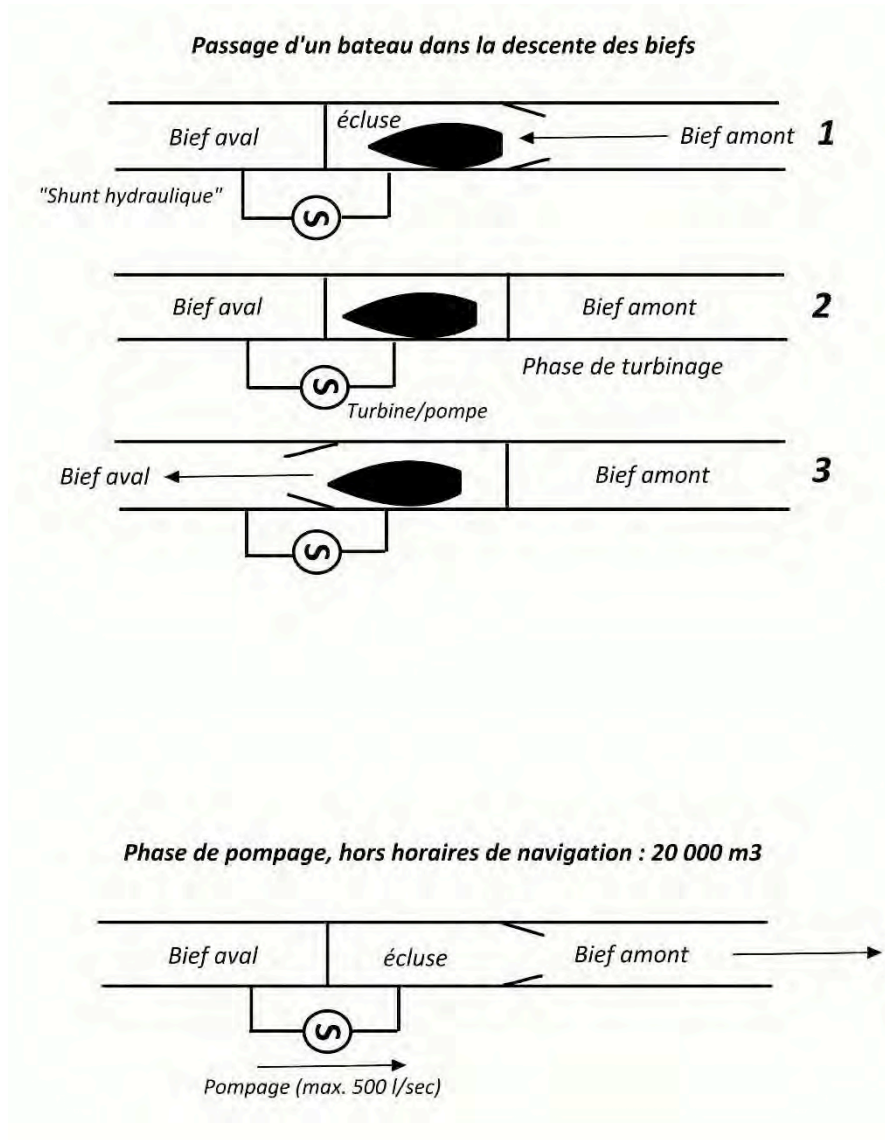
Hors été l'équipement des déversoirs pourrait également être envisagé.

Deuxième proposition :

Chaque écluse est équipée d'un « shunt hydraulique », entre l'écluse et le bief « aval » (cf. schéma). Est incorporée dans ce « shunt » une turbine pompe/alternateur.

En phase 1, le bateau entre dans l'écluse (le shunt est fermé coté aval).

En phase 2, l'écluse est fermée. Le shunt est ouvert totalement, la turbine fonctionne en alternateur. En phase 3, le shunt est fermé et l'écluse s'ouvre coté aval, afin de faire passer le bateau. Il n'y a pas de fonctionnement du shunt en phase de remplissage de l'écluse : ce sont les vannes, coté « amont » qui fonctionnent. Pas de production électrique en phase « remplissage » des écluses. La phase de pompage s'effectuerait la nuit, avec toutes les écluses ouvertes coté « amont ». Le pompage serait réalisé par la turbine en fonction « moteur ». Le fonctionnement de chaque pompe est asservi au « niveau programmé » du bief « amont » de chaque écluse.



La question qui serait posée aux constructeurs :

- Ont-ils dans leurs fabrications une turbine qui fonctionne en moteur et en alternateur, avec des dénivelés de 2.2 m de moyenne ? Capacités du fonctionnement en pompes ? Performances de production électrique avec un débit de l'ordre de 1.3 m³/s, avec une hauteur de chute d'eau de 2.2 m en moyenne et qui tombe à zéro en 5 minutes ?

Une énergie nécessaire ?

Un système de remontée de l'eau est donc nécessaire, avec une puissance suffisante.

En effet, nous avons vu qu'à la fin d'une journée d'été, les 48 passages de chaque écluse auront fait descendre près de **20 000 m³** qu'il faudra remonter pendant les 12 h de nuit, où les écluses seront fermées, coté « aval ». Ce qui correspond aux caractéristiques suivantes pour la pompe équipant chaque écluse : débit de 1700m³/h (soit près de 470 l/sec), pour une hauteur de dénivelé de 2 à 3 m. Les pompes à vis sans fin pourraient être une solution (Débit important et faible dénivelé).

D'autre part, un complément de réserve d'eau, pour le bief de partage, pourrait être apporté par une éolienne située entre les deux ; en effet un bief de partage se situe forcément sur un point haut donc relativement venté.

Cette éolienne pourrait peut-être, aussi, même, moyennant un château d'eau et une conduite doublant la rigole, remonter hors saison de l'eau jusqu'au lac de Vioreau, permettant de partir du bon pied au printemps. Complicé, mais pourquoi pas ?


L'enjeu économique nautique doit être calculé au plus près. Si l'on calcule la charge supposée maximale d'une écluse avec 24 passages/ jour/sens et en imaginant qu'en moyenne deux bateaux puissent passer en même temps, on parle sur ces deux mois de $48 \times 2 \times 62j =$ environ 6000 passages, avec à peu près 20 000 touristes, soit plus de 300 chaque jour. C'est à peu près 4 fois le trafic actuel !

4. Tout le réseau des canaux en danger ?

Avec ses 238 écluses et ses nombreux ouvrages d'art, le Canal de Nantes à Brest a été considéré comme la grande œuvre technologique du XIX^e siècle. Faut-il accepter de la laisser périr ?

Vers 2007-2008, des forces qui se disaient écologiques ont failli mettre le réseau en danger. Suite à une proposition du Comité de Bassin (SAGE) des supprimer la navigation et de restituer les rivières naturelles au nom de la biodiversité. Cette initiative a provoqué une levée de boucliers notamment de la part des élus locaux du Finistère. (Voir ci-après)

Le canal de Nantes à Brest en danger



Nous venons d'apprendre par le Comité des canaux bretons qu'une partie du canal de Nantes à Brest était en danger, menacé de redevenir une rivière naturelle. Son effacement entraînerait la démolition des écluses et des ouvrages implantés sur la voie d'eau.

La principale motivation du comité de bassin Loire-Bretagne, auteur de cette proposition, est de reconquérir la qualité de l'eau en Bretagne. Une contradiction pour la SMATAH qui précise que le "canal débarré ne serait plus qu'un filet d'eau dans de la boue", que "ce serait la fin de toutes activités économiques et touristiques, l'effondrement des berges et chemins, la disparition des milieux environnementaux, la ruine de tout le patrimoine riverain".

Pour Kader Benferhat, président du Comité des canaux bretons, le "canal doit être sauvegardé en tant qu'outil hydraulique reliant tous les bassins versants (Loire, Vilaine, Blavet, Aulne), réserve d'eau pour la Bretagne, patrimoine historique, architectural, touristique et corridor paysager et biologique que deux siècles de patine en ont fait un monument naturel du paysage inscrit dans la mémoire collective et dont le potentiel touristique est inestimable."

Il demande à ce que le canal dans son intégralité soit maintenu en MEFM (masse d'eau fortement modifiée).

Rassemblement pour la défense du canal de Nantes à Brest
le samedi 24 novembre 2007 à 15h à l'écluse de Pont-Triffen (Clédén-Poher, Finistère)
Venez nombreux !

Contact : SMATAH - Tél. 02 98 73 40 31 - www.smatah.fr

5. Et si, contre toute attente, la sécheresse n'est pas au rendez-vous ?

Rappelons que celle-ci, même si elle produit des effets sur toute une saison, ne se manifeste encore que quelques semaines en été et que dix mois sur douze, on n'aurait pas à utiliser le système de relevage pour la restitution d'eau dans les biefs.

En revanche, les turbines se substituant aux vannes des portes, produisent des KWh à chaque passage. Hors saison on peut aussi imaginer des **sassages de production d'énergie**.

GAELA - Groupement d'Analyses et d'Etudes de Loire Atlantique- <http://gaela.asso-web.com/>

Mais c'est surtout l'été que l'impact économique, couplé avec une véritable promotion du motonautisme sur les canaux, peut sauver la filière en multipliant les passages par trois à quatre. Combinés avec d'autres usages (bornes de recharge de bateau/vélos électriques, vélo tourisme, chambres d'hôtes, animations etc....) les canaux bretons peuvent absorber une part du « trop plein » des autres canaux français et éviter que cette clientèle ne se tourne vers les voies navigables étrangères.

6. Autres propositions ?

6.1 - En séparant clairement les deux fonctions de production électrique grâce aux passages (réels ou virtuels) de l'approvisionnement du bief de partage ou Vioreau, on peut se demander si l'on n'aurait pas avantage à faire l'économie des 15 installations de relevage décrites au profit d'une seule. Après tout, Nort sur Erdre (La Poupinière) n'est guère – à vol d'oiseau – éloignée que de 8 km de Vioreau et autant du bief de partage. Pourquoi pas un pipeline de l'Erdre à l'un de ces points qui pourrait également fonctionner en hiver à l'envers pour la production d'électricité. ?

6.2 – Hors projet de production d'électricité, on pourrait envisager une organisation beaucoup plus simple en équipant chaque écluse d'une pompe « immergée ». Celle-ci serait située au raz des portes, coté bief aval, avec renvoi direct de l'eau dans le sas de l'écluse, une fois les portes « aval » refermées. Ces pompes seraient asservies au niveau, programmé, de chaque bief amont. Celles-ci pourraient fonctionner automatiquement la nuit, avec un tarif électrique préférentiel « d'heures creuses ». Cette solution imposerait des travaux de génie civil minimes et on ne changerait rien au système des vannes, ni aux manœuvres des portes.

Yves Lainé
Xavier Rondot

Documents :

- Les usagers des canaux de Bretagne et Loire Atlantique étude et enquête consultable sur internet. Comité du Tourisme de Bretagne 2013.
- Conseils pour les plaisanciers VNF. 2012
- Les rencontres nationales du tourisme fluvial 3.02.2016 Avignon. Dossier de presse VNF 1er février. Consultable sur Internet.
- Etude sur la plaisance privée. VNF Consultable sur le site VNF .Mars 2009
- Guide du Plaisancier 2017. Editions de l'Ecluse 34973 Lattes cedex .Site VNF : www.vnf.fr
- Turbine ichtyophiles et dispositifs d'évitement pour anguilles. T.Besse Univ.Rennes 2009
- TURBIWATT 250 projets de turbines en Europe/ 7 réalisations en Bretagne 56850 Caudan info@turbiWatt.com Prix de l'Innovation 2015.
- VNF Guide de la stabilité des écluses Avr 2007.
- Le réveil du Canal, Supplément revue « Place Publique » Nantes, par Thierry Guidet.
- Département de Loire-Atlantique – Service Infrastructures maritimes et voies navigables Fiche technique des altitudes et dénivelés des écluses.



Annexe 1

Loire- Atlantique Sécheresse

Le canal de Nantes à Brest au régime sec Article de Presse-Océan 9-08-2017- Interview de Thierry Michaud, Service aménagement du Canal.

À partir du 16 août, les bateaux ne pourront plus franchir les écluses du canal de Nantes à Brest. Une première.

À situation exceptionnelle, mesure exceptionnelle : à compter de mercredi prochain, les bateaux ne pourront plus franchir les 17 écluses du canal de Nantes à Brest, entre Nort-sur-Erdre et Saint-Nicolas-de-Redon. Seuls ceux loués auprès de professionnels pourront écluser, à condition de se regrouper. Les propriétaires, eux, devront se contenter de faire des allers-retours entre deux écluses.

C'est la première fois dans l'histoire du canal, qui voit passer chaque été près de 1 700 bateaux de plaisance, qu'une telle mesure est prise. La raison : la sécheresse qui touche la Loire-Atlantique depuis cet hiver. Faute de précipitations, le lac de Vioreau, qui alimente le canal, est en effet à son plus bas niveau.

Lundi, il était à 6,06 m au niveau du barrage. La côte d'alerte, 5,90 m, pourrait être atteinte mercredi. « Ça baisse de 2 cm par jour, explique Thierry Michaud, chef du service aménagement du canal, propriété du Département.

Dès qu'il pleut, ça ne baisse plus. Mais ça ne remonte pas non plus ».

Depuis le début de l'été, des mesures ont donc été prises pour limiter le nombre d'éclusages, afin d'économiser l'eau (400 m³ à chaque fois). Les plaisanciers doivent se regrouper avant de franchir une écluse. Et depuis le 17 juillet, les écluses restent fermées toute la semaine (sauf pour les bateaux de location). « Comme la situation ne s'arrange pas, on est obligé de passer un cran au-dessus », poursuit Thierry Michaud.

Histoire de ne pas trop pénaliser les plaisanciers, l'éclusage sera encore possible tout ce long week-end, du samedi 12 et mardi 15 août. Mais à des horaires limités (9 h 15 à 12 h 30 et de 14 heures à 18 h 30), en se regroupant à plusieurs et en présence systématique d'un éclusier .

Le canal devrait rester fermé les deux week-ends à suivre. « On se donne un peu de latitude pour les Rendez-vous de l'Erdre, le dernier week-end d'août », explique Thierry Michaud. Objectif : permettre à d'éventuels plaisanciers arrivant de Bretagne par le canal de rejoindre l'Erdre et les festivités organisées du 31 août au 3 septembre.

Seul espoir pour la suite, le retour de pluies suffisamment abondantes pour recharger l'étang de Vioreau et alimenter le canal qui, en temps normal, reste ouvert à la navigation jusqu'à la fin octobre.

Annexe 2

Ouest France 22.9.17

Un plan pour s'adapter au changement climatique

Le comité de bassin Loire-Bretagne s'étend des sources de la Loire et de l'Allier jusqu'à la pointe du Finistère. Il peaufine un projet pour limiter les effets du réchauffement sur la gestion de l'eau.

Repères

Un plan soumis à discussion

En réflexion depuis 2015, un projet de « plan d'adaptation au changement climatique » a été élaboré à la lumière de nombreuses consultations d'experts. Le Comité de bassin Loire-Bretagne qui réunit des représentants de l'État, des collectivités et des usagers (professionnels, associations...) l'a approuvé en mars. Soumis à consultation publique depuis le 1^{er} mai, il est au centre de six forums sur le terrain, dont un en Bretagne et deux en Pays de la Loire (1). Au terme des consultations, le plan définitif sera arrêté en mars 2018.

Une invitation à agir

« C'est une invitation à agir. L'agence de l'eau Loire-Bretagne en tiendra compte pour élaborer son 11^e programme de subventions pour 2019-2025 », précise Martin Gutton, directeur général. Les actions devront s'inscrire dans un souci de développement durable et de renforcement des milieux aquatiques. Dans l'immédiat, il s'agit de s'adapter et se protéger face aux conséquences du changement climatique. Les températures moyennes de l'air et de l'eau augmentent et la réduction des gaz à effet de serre ne pourra avoir des effets positifs qu'à long terme.

Un constat partagé

Le changement climatique s'impose à tous. « Le constat est là : des vendanges de plus en plus précoces, la migration d'oiseaux et d'insectes beaucoup plus au nord », souligne Martin Gutton. Les phénomènes



Préserver ou restaurer les zones humides (ici, le Marais Poitevin) permet d'atténuer les effets du réchauffement climatique.

extrêmes ont tendance à se multiplier. « La sécheresse, les inondations. L'eau est vraiment au cœur du changement climatique. » À travers les événements météo, le réchauffement intéresse toute la population. Mais les acteurs de la gestion de l'eau sont particulièrement concernés : les collectivités (gestion de l'eau potable, des eaux pluviales, des eaux usées), les industriels (problématique des rejets et du refroidissement), les agriculteurs (irrigation, nouveaux parasites...).

Un réchauffement nocif

La qualité de l'eau est en jeu. On l'a constaté cet été avec la prolifération, dans la Loire, de cyanobactéries plus habituées aux plans d'eau fermés. À l'horizon 2050, le réchauffement des cours d'eau atteindrait deux degrés. La baisse des débits renforcerait la concentration en polluants. La conchyliculture et l'aquaculture pourraient en être victimes. Autre enjeu : la production d'eau potable, sous la menace de l'augmentation de la température de l'air qui renforce le phé-

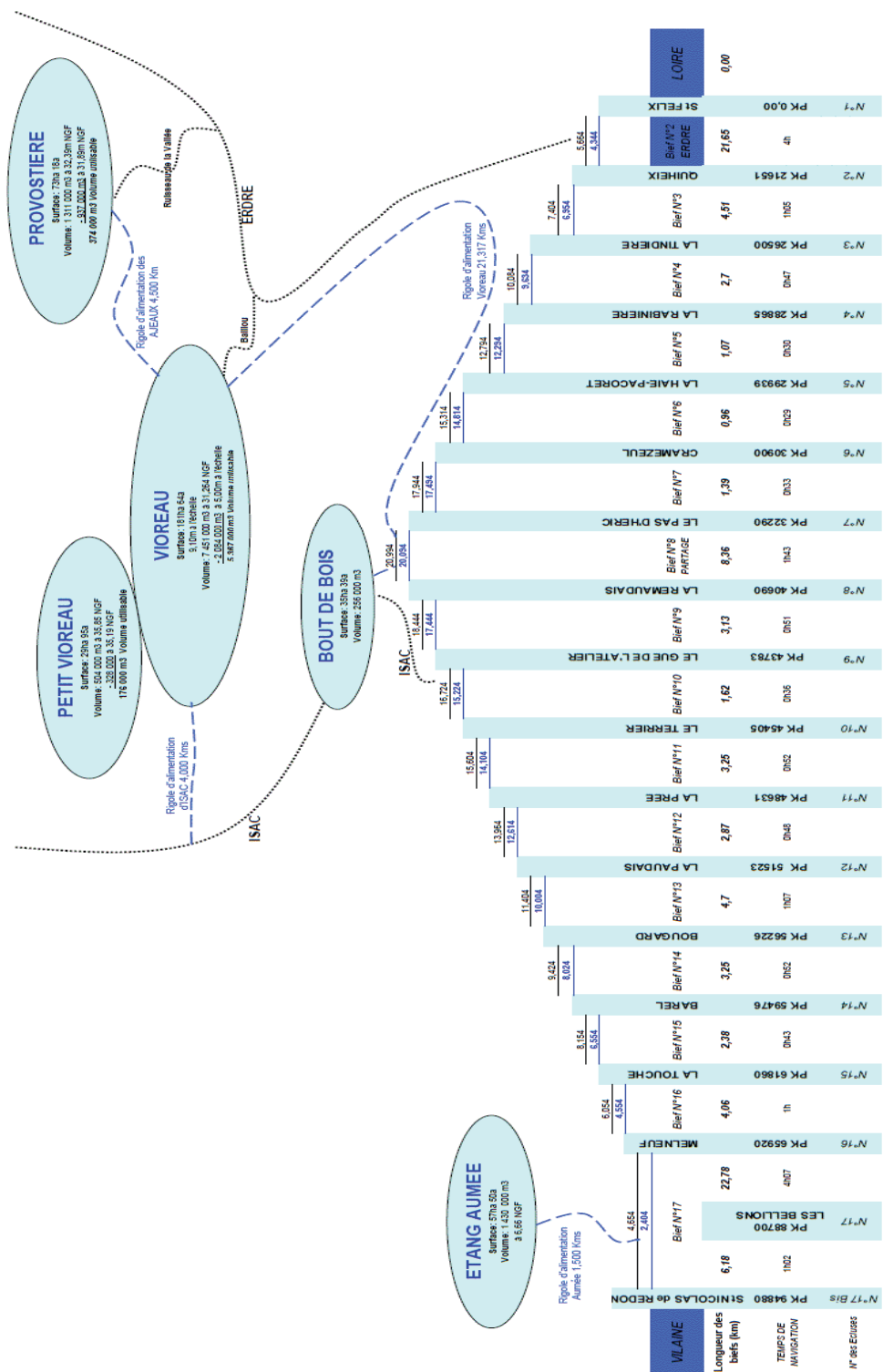
nomène d'évaporation. « Dans un département sous tension comme la Vendée, qui accueille une forte population estivale, cela devient crucial », appuie le directeur de l'agence. Il relaie une question déjà soulevée par Thierry Burlot, vice-président chargé de l'environnement au conseil régional de Bretagne : faudra-t-il réguler la démographie en fonction de la ressource en eau ?

Une série de préconisations

Préserver et même restaurer les zones humides permet d'atténuer les effets du réchauffement. Ces zones jouent un rôle de tampon face aux événements extrêmes, assurent une fonction d'épuration et constituent une réserve de biodiversité. C'est l'une des préconisations inscrites dans le projet de plan. Parmi les autres solutions envisagées : la restauration du fonctionnement naturel des cours d'eau, une meilleure gestion des épisodes pluvieux violents, une adaptation des systèmes de culture, une limitation des revêtements extérieurs imperméables, une consommation économe de l'eau potable, une augmentation du stockage d'eau en hiver pour irriguer les cultures l'été, des actions d'information pour partager et diffuser les bonnes initiatives...

Yves SCHERR.

(1) Les forums, ouverts à toutes les personnes et institutions intéressées, se tiennent de 10 h à 12 h 30. Le premier a eu lieu le 18 septembre au Mans. Les prochains auront lieu le 27 septembre à Saint-Brieuc (palais des congrès) et le 2 octobre à Nantes (Insula, 47, rue de la Tour-d'auvergne).



CANAL DE NANTES A BREST LOIRE ATLANTIQUE

— cote NGF des plus hautes eaux navigables (p)
 — cote NGF à marée (p)
 31,317 Mns: Rigoles d'alimentation
 73,23 Km: Canal Loire Atlantique

Volumes d'eau gagnés ou perdus par les écluses entre l'Erdre et la Vilaine.

Ecluse	Ht chute d'eau	Cumul chute	Cubage net gagné		Cubage net perdu		Bilan.
			Par Passage	Cumul	Par sassage	Cumul	
N°2 Erdre vers Quiheix Niv. Erdre +5.66m	+1.74m		216 m3	-	L'erdre ne perd rien	-	+216
N°3 Q- La Tindière	+2.68m	4.42m	332m3	548m3	216m3	216m3	+116
N°4. La T - La Rabinière	+2.71m	7.13m	336m3	884m3	332m3	548m3	+4
N°5. La R - La Haie Pacoret	+2.52m	9.65m	312m3	1196m3	336m3	884m3	-24
N°6. La HP - Cramezeul	+2.63m	12.28m	326m3	1522m3	312m3	1196m3	+14
N°7 Le Pas d'Héric Niveau 20.99m Bief de partage	+3.04m	15.33m	377m3 Aucun apport	1899m3	326m3	1522m3	+51
N°8 Le P.H-La Rémaudais	-2.55m	12.77m	267m3	2166	377m3	1899m3	-110
N°9 La R- Gué de l'Atelier	-1.72m	11.05m	213m3	2379	267m3	2166m3	-54
N°10 Le G - Le Terrier	-1.12m	9.93m	139m3	2518	213m3	2379m3	-74
N°11 Le T - La Prée	-1.64m	8.29m	203m3	2721	139m3	2518m3	+64
N°12 La P.-La Paudais	-2.56m	5.73m	317m3	3038	203m3	2721m3	+114
N°13 La P -Bougard	-1.98m	3.75m	246m3	3284	317m3	3038m3	-71
N°14 B -Barel	-1.27m	2.48m	157m3	3441	246m3	3284m3	-89
N°15 B- Melneuf	-2.10m	0.38m	260m3	3701	157m3	3441m3	+103
N°16 M - Les Bellions/Vilaine Niveau +4.85m	-1.20m	-.82m	149m3	3850	La Vilaine ne perd rien	3441m3	+149
/dif		-82cm	Moy :257m3	+3850m3	Moy : 215 m3	-3441m3	+409

Remarque : Même si un bateau traversant les écluses apporte autant d'eau qu'il n'en prélève, on observe un décalage entre les apports et les prélèvements car toutes les écluses n'ont pas de même dénivellé. Par exemple, un bateau se présentant à Quiheix créera un apport dans l'Erdre de la valeur de ce sas, (216 m3) et le bief Quiheix se videra d'autant, mais l'apport à ce même bief prélevé par son passage dans l'écluse suivante, la Tindière sera plus grand (332m3) car c'est le contenu de cette écluse qui se déversera dans le bief de Quiheix. :332m3 : l'apport net au bief est excédentaire de 332-216= 116m3

Annexe 5 : complément après visite sur le site.

Positionner un site de production d'électricité et de relevage d'eau dans le réseau des canaux bretons.

L'administration des Voies navigables de France répartit les 6200 km de voies utilisées en 7 bassins fluviaux, dont :

- Le bassin de la Seine
- La Picardie, Nord/Wallonie
- Le bassin de l'Est
- Le Centre et la Bourgogne
- Le réseau Saône-Rhône
- Le bassin du Sud-ouest
- Les bassins de l'Ouest

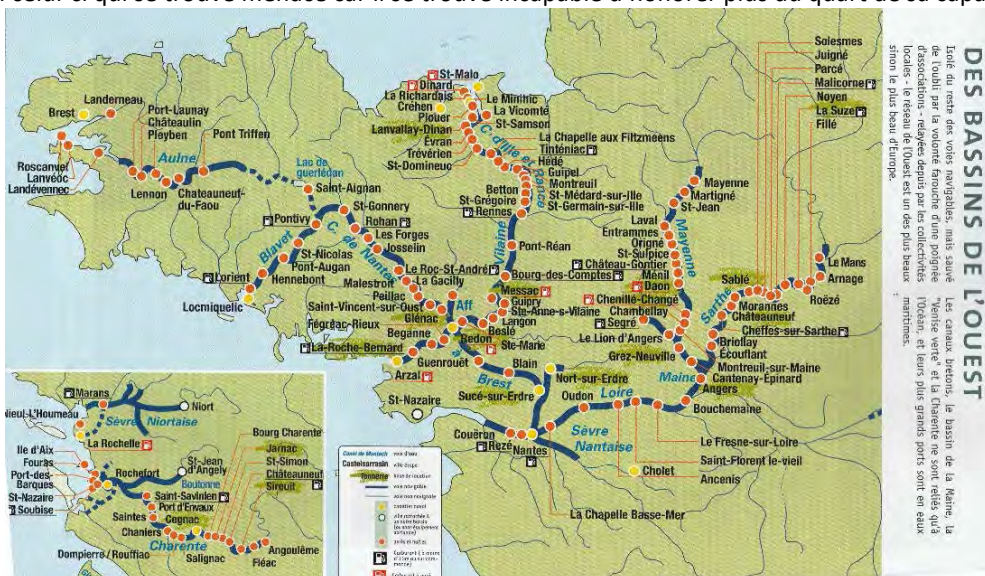
Les bassins de l'Ouest, à l'exception du petite réseau charentais qui n'est pas raccordé au reste, sont :

- La Rance (St Malo à Lyvet)	15km.....	3 écluses
- Le Canal d'Ille et Rance (de Lyvet à Rennes).....	85km.....	47
- La Vilaine : (Rennes à Arza).....	131 km	13
- L'Erdre : (Nantes à Nort sur Erdre)	27 km	1
- Le canal de Nantes à Brest (de Quiheix à Redon) ...	73km	18
- Le canal de Nantes à Brest de Redon à Pontivy :.....	111 km	27
- Le lac de Guerlédan : 12 km	12km.....	4
- Le canal de N à B (Aulne canalisée- de Brest à Goariva)	120km.....	46
- La Mayenne.....	122km.....	45
- L'Oudon (le Lion d'Angers à Segré.....	18km.....	3
- La Sarthe (Angers à le Mans)	131km.....	20
- La Maine (Angers à Bouchemaine).....	11km.....	1
- La Loire (Nantes à Bouchemaine).....	84km.....	0
- La Loire maritime (Nantes à St Nazaire).....	53km.....	0

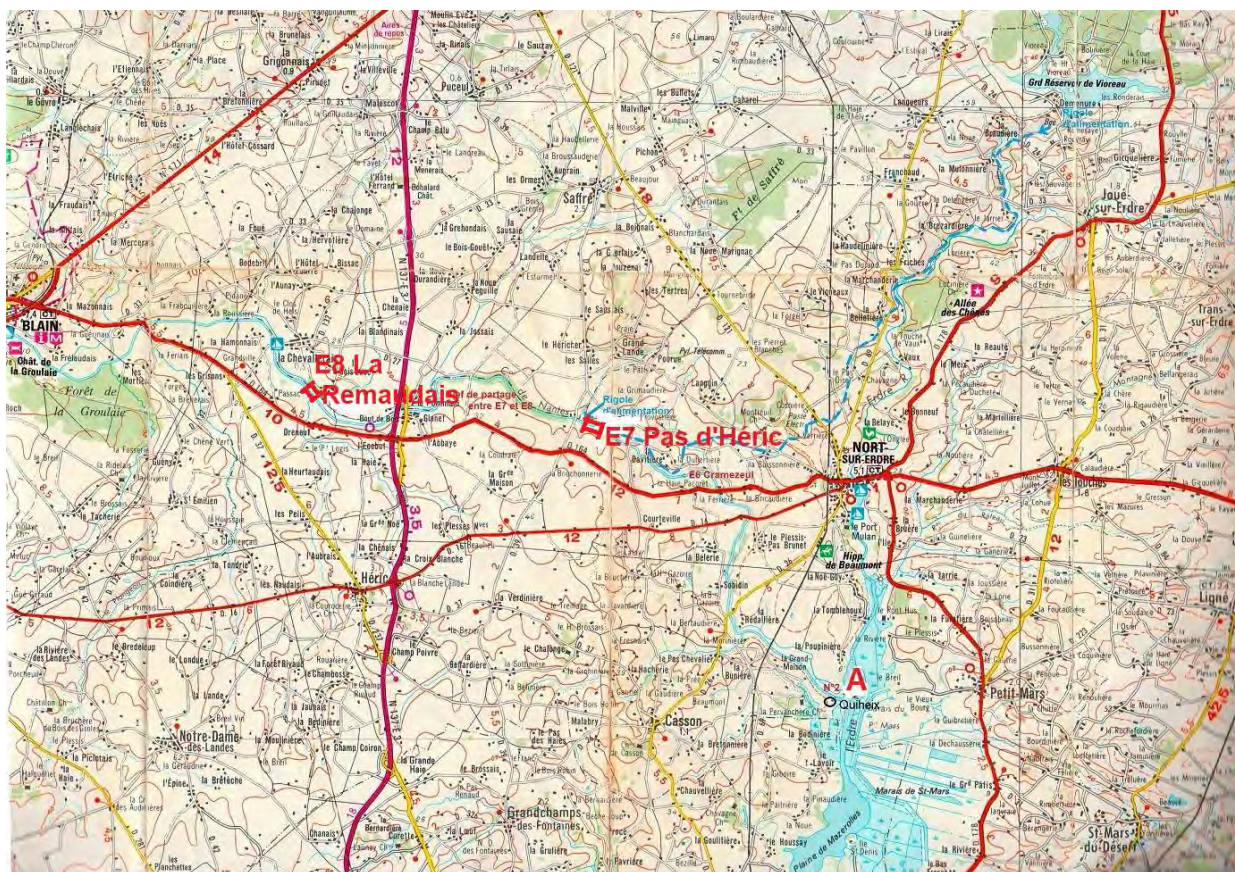
Total du bassin Breton + Anjou Maine 993km 228 écluses

Ces bassins réunis représentent donc 1/6e du réseau national. A l'exception de l'Aulne canalisée, qui est coupée du reste par le barrage de Guerlédan, tous peuvent communiquer entre eux via l'Erdre et le Canal de Nantes à Brest, soit entre Nantes et Redon. C'est donc cette portion de 100km qui est la plus fragile. La couper reviendrait à rendre indépendants le réseau Loire-Anjou/Maine du réseau breton proprement dit.

Or c'est bien celui-ci qui se trouve menacé car il se trouve incapable d'honorer plus du quart de sa capacité ...



Caractéristiques du tronçon Nantes – Redon (section N°1).



Le canal de Nantes à Brest entre la sortie de l’Erdre et Blain

La section sensible qui nous intéresse ici se situe entre Quiheix (E2 :Erdre, élévation .6 m env.), écluse n°2 (la n°1 étant la sortie de Loire) et l’arrivée en Vilaine (env. 5m), soit 67 km et 16 écluses.

Alimentation du bief de partage (BP) et contenance de ce bief

On sait que le volume d’eau du bief est de l’ordre de 250000 m3. Sur sa rive N, à une altitude de 20 m environ, 800m à l’ouest de l’écluse du Pas d’Héric , débouche la « Rigole d’alimentation » partie du lac de Vioreau au Nord, 21,7km plus amont à une altitude de 31m environ, réservoir supposé plein avec ses annexes du Petit Vioreau et de la Provostière avec un volume total de 9 millions de M3. La pente est très faible (env.10m sur 22km = 4.5%) Cette rigole (largeur 2m) est un ouvrage d’art en soi, avec des aqueducs à arcades, etc.....(pointillés bleus sur la carte ci-dessus). Vioreau constitue la principale ressource hydraulique du système, les étangs de Bout de Bois et d’Aumée étant situés plus bas.

On calcule qu’en théorie, si la seule fonction du lac de Vioreau était d’alimenter le BP sans apport nouveau, celui-ci pourrait assurer un trafic pendant 225 jours (9M : 40 000 m3).

Mais le lac de Vioreau a d’autres fonctions...



Ci-après quelques vues des sites de Vioreau et de l'écluse du pas d'Héric (à vide)



Lac réservoir de Vioreau : pointe extrême Sud : barrage et départ de la rigole. Le lac de Vioreau attendant les pluies(25.8.17)



La rigole d'alimentation au départ de Vioreau (hg) à l'arrivée au bief de partage : (3 autres plus un panneau d'information de l'Ass. Canaux de Bretagne et CG 44.



Ecluse du « Pas d'Héric » vers le bief de partage.



Détail de la carte IGN 1222 SB 2016 (Blain/Nort sur Erdre)

Différence de niveau entre le plan d'eau du bief de partage et les biefs inférieurs soit entre les écluses 6-7 (à l'Est) et 8-9 (à l'Ouest.)

Nous avons mesuré trois mètres de hauteur de chute à Pas d'Héric et 2.55 La Remaudais, mais le bief de partage (alt :21m) peut varier. Le Service de la Navigation, consulté, nous a fourni les cotes réelles⁷

L'eau d'un bief de partage supposé privé d'alimentation (sècheresse) est effectivement bue par **non pas un, mais par les deux versants et écluses descendants**

La perte pour chacune de ces deux écluses sera supérieure à la moyenne des 13 autres, avec $3\text{m} \times 4.70\text{m} \times 26.40\text{m} = 372\text{ m}^3$ pour un passage à l'Est et $2.55\text{m} \times 4.70\text{m} \times 26.40\text{m}$ à l'ouest (316m³), le tout arrondi à 800 m³.pour les deux.

Le nombre **maximum** de passages **quotidiens** (quelle que soit le nombre de bateaux dans l'écluse) est posé pour être de 48 deux sens cumulés, ce qui nous fait une perte, pour chaque écluse, de $48 \times 400 = 19200\text{ m}^3$ et 38400 m^3 (40 000) pour les deux écluses qui « boivent » donc près de 20 % du bief qui contient, comme nous l'avons vu 250 000 m³. Tout le problème revient à trouver comment restituer un tel volume au bief de partage avec une machine dans chaque écluse.

Chaque machine du système fonctionnant « hors service actif » des écluses devrait être capable de remonter entre 10 000 et 20 000 m³ en 12h , soit 800 à 1666 m³/h selon la taille du bief.

⁷ (Voir annexes 3 et 4)