

L'HYDROSYSTÈME ET LE CHANGEMENT : ÉTUDE DE CAS DANS LE BASSIN DE LA LOIRE

Nathalie CARCAUD

Résumé

La perspective de changement global anime les débats et suscite de l'inquiétude et de la culpabilité dans nos sociétés qui cherchent à limiter leur impact sur l'environnement. Les hydrosystèmes sont des espaces propices à l'archivage de l'histoire des inter-relations entretenues par les sociétés avec leur environnement. Ils offrent des témoignages susceptibles de nourrir la connaissance et l'échange prospectif. Pour éclairer l'intérêt de cette rétrospective, nous examinerons comment plusieurs concepts actuellement mis en discussion ont pu s'exprimer dans le passé. A partir d'exemples pris dans le bassin de la Loire, seront abordés notamment des notions ayant trait à la nature et l'artificialisation, au changement ainsi qu'aux effets de la systémie.

Mots clés

hydrosystème Loire, nature, artificialisation, héritages, prospective territoriale

Abstract

Global change is guiding discussions and is cause for concern and guilt in our societies which are seeking out how to limit their effects on the environment. Hydrosystems are propitious spaces for archiving the inter-relations history between societies and their environment. They offer testimonies liable to fuel knowledge and forward-looking exchanges. To light areas of interests of this retrospective we will consider how several currently discussed concepts were expressed in the past. Drawing from examples taken in the Loire Bassin Region, we will discuss amongst others, notions linked to nature, artificialisation, changes and effects of systemic.

Keywords

Loire hydrosystem, nature, artificialisation, heritage, territorial prospective

I. INTRODUCTION

Face au changement global, un défi s'impose à nos sociétés qui vont devoir faire preuve d'innovations pour l'invention de nouveaux modes d'habiter la Terre. Les pistes sont multiples et à rechercher en particulier dans d'autres cosmologies (Descola, 2014). Dans cet article nous souhaitons montrer l'intérêt d'étudier la dynamique des hydrosystèmes fluviaux et de s'appuyer sur les expériences passées et les héritages paysagers qui nous en sont transmis pour mieux accompagner les démarches de projet autour de la transition globale et venir en soutien des prospectives territoriales. Pour cela, nous allons nous pencher sur l'étude de 4 sections d'hydrosystèmes appartenant au bassin versant de la Loire. La mémoire fluviale y est examinée comme un

retour d'expérience pour montrer la diversité des formes d'interaction entre Nature et Sociétés et des fabriques dynamiques observées. Le long archivage holocène de la basse plaine de confluence armoricaine entre Romme et Loire est choisi pour examiner le façonnage de paysages ruraux changeant mais conservant une valeur d'habitats écologiques. Le bassin de la Claise tourangelle permet d'aborder les effets de l'artificialisation des hydrosystèmes sous l'angle des changements d'usage de la ressource en eau. Pour étudier la complexité des dynamiques systémiques, nous nous penchons sur la mise en place de deux équipements hydrauliques majeurs et d'emprise régionale que sont les levées de protection contre l'inondation des Vals et les épis de chenalisation de la Loire armoricaine.

II. CONCEPTS, MÉTHODES ET ESPACES RETENUS

L'étude des plaines alluviales et des paysages fluviaux présente un grand intérêt pour la connaissance des relations entretenues par les sociétés avec leur environnement. Ceci en raison des principes de la dynamique fluviale (Malavoi et Bravard, 2010). L'article mobilise plus particulièrement les notions : de système et d'hydrosystème fluvial (Amoros et Petts, 1993), d'équilibre dynamique et de son ajustement (Schumm, 1977 ; Schumm et Meyer, 1979), de variables de contrôle et de réponse (Bravard et Petit, 1997), de cascade sédimentaire et de temps de réponse (Tricart, 1965 ; Bravard et Petit, 1997), de résilience, de seuil critique et de métamorphose fluviale (Schumm, 1977 ; Sear, 1996). La convention européenne du paysage, adoptée le 20 octobre 2000 à Florence par 29 États-membres définit le paysage comme « une partie de territoire tel que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs inter-relations » (Conseil de l'Europe, 2016). Dans la continuité de la convention, le paysage est ici entendu comme l'expression

de la dynamique des milieux géographiques, anthroposystèmes complexes, produit des interactions entre faits de Nature et de Sociétés. L'approche proposée est géographique et donc disciplinaire mais elle est intégrée à une démarche géoarchéologique, plurielle et interdisciplinaire (Bravard, 2002). Les méthodes mises en œuvre visent à caractériser et analyser les mosaïques fluviales et les archives sédimentaires associées afin d'en déduire des trajectoires paysagères (Lespez et *al.*, 2010 ; Germaine et Barraud, 2013). Différentes échelles spatio-temporelles sont mobilisées : du bassin versant élémentaire à la section de Val de Loire, des données stratigraphiques de site à leur extension transversale et longitudinale, de l'événement ponctuel à la tendance régionale, de la datation événementielle à l'établissement d'une chronologie régionale à l'échelle de l'Holocène. Les espaces retenus appartiennent au bassin de la Loire moyenne et océanique. Ils présentent volontairement des enregistrements dynamiques d'échelles spatio-temporelles variées et complémentaires (Figure 1). La basse vallée de la Romme ou marais de Champtocé (bassin de la Loire armoricaine), est inscrit dans le périmètre

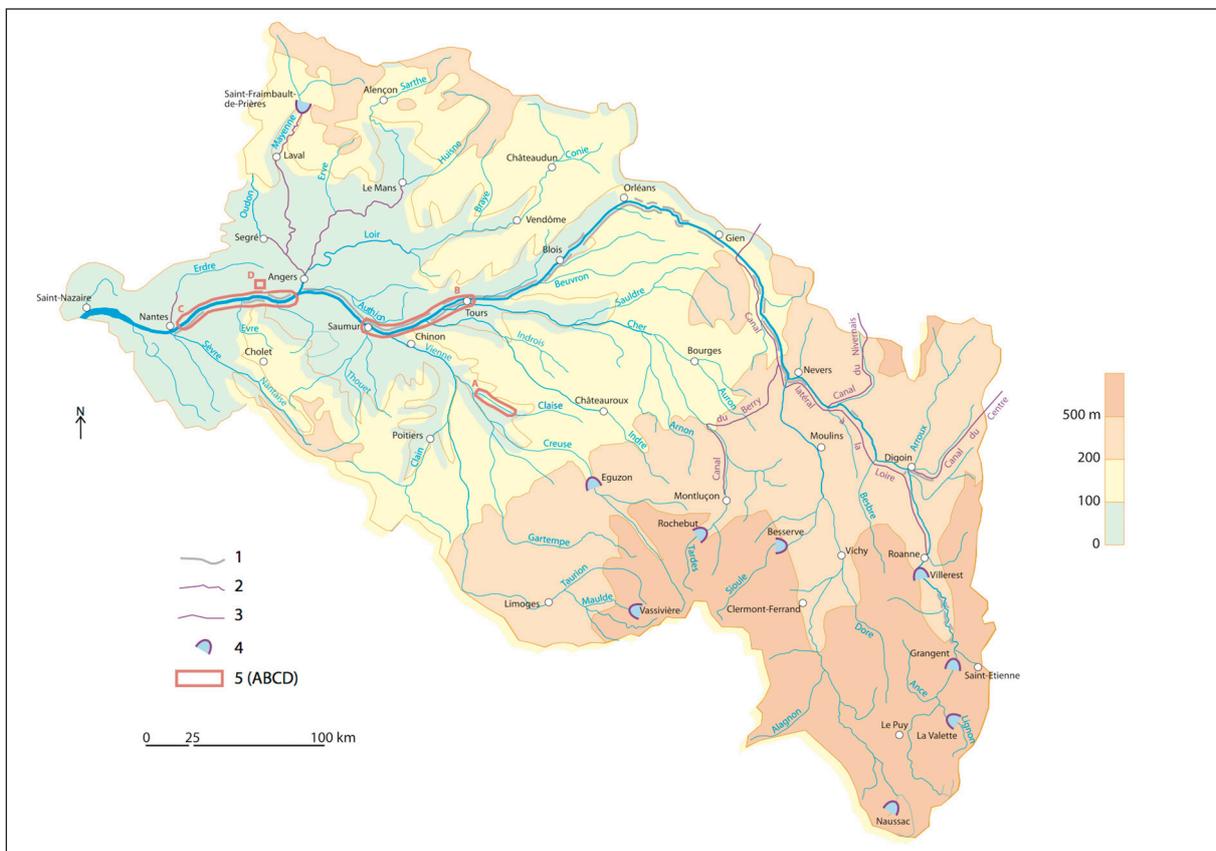


Figure 1. Localisation des sites d'étude. 1- Levée de la Loire ; 2- Canal ; 3- Rivière canalisée ; 4- Barrage réservoir 5- Site d'étude : A- Claise, B- Loire moyenne, C- Loire armoricaine, D- Marais de Champtocé

Natura 2000 de la vallée de la Loire en raison de sa topographie de basse plaine alluviale servant de champ d'expansion des crues de Loire ; elle offre une longue séquence d'enregistrement sédimentaire holocène. La vallée de la Claise tourangelle, affluent de la Creuse et principal émissaire de la Brenne aborde les conséquences hydro-morphologiques des changements d'usages de la rivière depuis le Moyen Âge. Enfin, la complexité des processus et leur difficile prise en compte dans l'aménagement des grands hydrosystèmes sont abordés par l'étude de l'endiguement des Vals de la Loire moyenne à partir du Moyen Âge et de la chenalisation de la Loire armoricaine au XX^e siècle. Ces espaces ont été investigués dans le cadre des programmes interdisciplinaires du PCR « Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges » (SRA Centre, 1996-2004), de la Zone Atelier Loire (CNRS, depuis 2001), du projet PATRA - Patrimoines et trajectoires paysagères des vallées ligériennes (Agence de l'eau Loire-Bretagne, EPL, FEDER, 2010-2012) et du projet AGES (Ancient Geomorphological EvolutionS) : Evolutions géomorphologiques anciennes de l'hydrosystème ligérien (Agence de l'eau Loire-Bretagne, EPL, FEDER, 2014-2016).

III. ENTRE NATURE ET ARTIFICIALISATION : UNE DIVERSITÉ DE CO-CONSTRUCTIONS DYNAMIQUES

Dans la communauté des géoarchéologues, la question de la naturalité des paysages ne fait pas débat. En Europe occidentale, il est admis que depuis le Néolithique, nos paysages sont une co-construction régie par les dynamiques environnementales et sociétales (Bravard et Magny, 2002 ; Burnouf et Leveau, 2004 ; Allée et Lespez, 2006 ; Arnaud-Fassetta et Carcaud, 2014). Dans le cas des Vals de la Loire océanique, les recherches ont conduit à proposer une chronologie en 3 temporalités. La plus large, le « temps des métamorphoses », correspond au Finiglaciaire et au postglaciaire weichséliens. Elle permet de comprendre la genèse des paysages fluviaux de fond de vallée dans leur globalité et de les interpréter comme une lente adaptation de l'hydrosystème au réchauffement climatique postglaciaire qui aboutit à la métamorphose du style fluvial et à la mise en place des paysages de Vals. À cette échelle de temps, la part des Sociétés dans la construction des mosaïques

fluviales paraît réduite. Le phénomène d'adaptation est extrêmement lent et réclame plusieurs milliers d'années. Les premiers bras de tressage sont déconnectés au Tardiglaciaire, mais des chenaux d'inondation subsistent jusqu'à l'édification des levées (XII^e-XIX^e siècles). La part des héritages morphologiques (montilles de très basse terrasse ou paléobras de tressage) est également un trait marquant de ces mosaïques fluviales. Le « temps des interactions » correspond à l'intervalle entre le Néolithique moyen et la fin de l'Âge du Fer. Il permet, à partir des sources morphosédimentaires, palynologiques et archéologiques, d'aborder l'analyse de l'irrégularité des écoulements fluviaux comme un fait d'interaction entre les milieux et les Sociétés. Toutefois, dans cette section de vallée, la présence d'une néolithisation précoce n'aboutit pas à une humanisation durable et irréversible des milieux. De plus, jusqu'à l'époque gallo-romaine, l'anthropisation ne livre pas de signatures claires dans les enregistrements morphostratigraphiques.

En raison de ces arguments et de la permanence régionale des contrastes stratigraphiques de la Protohistoire, nous avons proposé d'accorder un rôle prépondérant au déterminisme climatique. L'impact des Sociétés, notamment sur le haut bassin versant, n'est pas pour autant à négliger, d'autant que sa caractérisation est très largement dépendante de l'échelle d'observation. Pour le moment, en l'état de nos connaissances, il est envisagé comme un facteur « renforçant » dont l'incidence reste à préciser. À partir de l'époque gallo-romaine, la faible dilatation des enregistrements sédimentaires, leur contrôle par des aménagements hydrauliques et l'anthropisation irréversible du bassin versant conduisent à proposer un nouveau seuil chronologique et dynamique. Ultérieurement, pour ce « temps des forçages », l'hydrosystème fluvial est perçu comme un anthroposystème (Carcaud, 2004 ; Visset et *al.*, 2002).

A. Champtocé et la dynamique paysagère d'une basse plaine de confluence ligérienne

À l'exutoire du bassin versant armoricain et rural de la Romme (198 km²), on dispose d'une longue chronique de l'histoire des paysages couvrant l'Holocène (Banque de Données du Sous Sol du BRGM et étude spécifique d'un sondage carotté à proximité du sondage 3 du BRGM) (Figures 2 et 3).

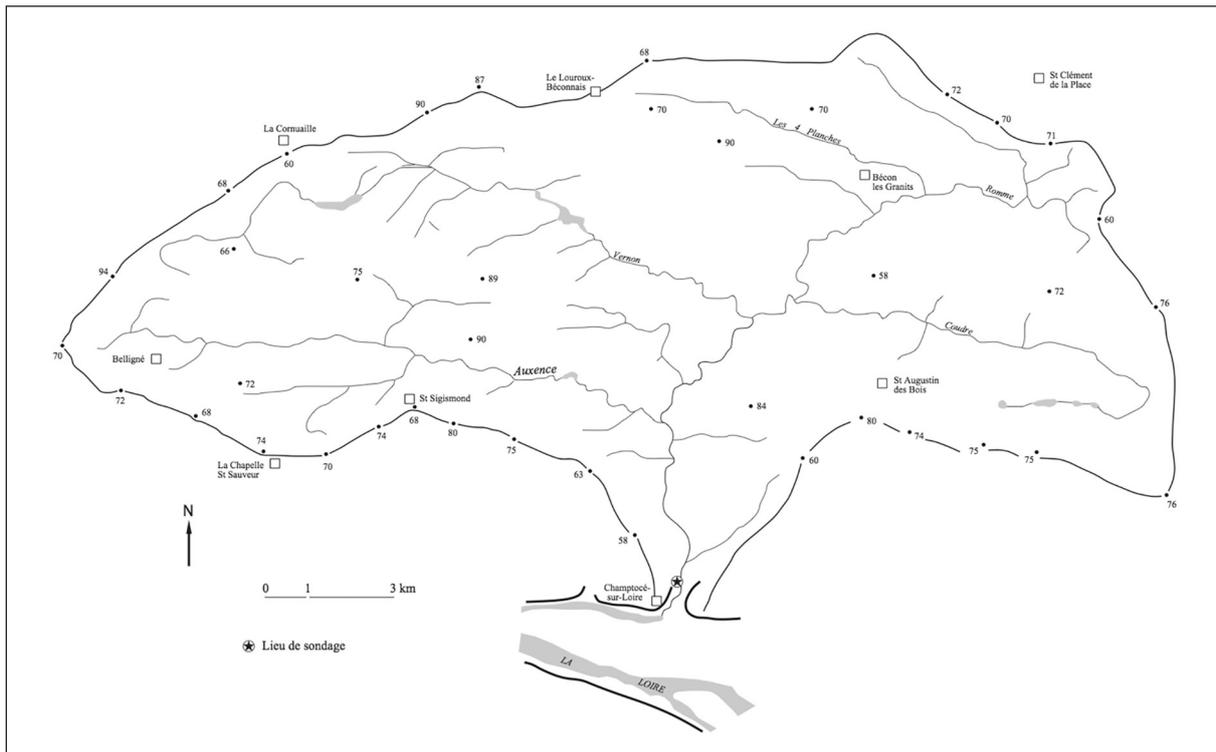


Figure 2. Le bassin versant de la Romme

1. Étapes du remplissage alluvial et dynamique des paysages végétaux à l'Holocène

À la suite d'une vive incision attribuée au dernier glaciaire, la vallée est progressivement remblayée par une formation alluviale de 9 à 11 m de sédiments très homogènes. Il s'agit de dépôts de débordement qui sont le reflet d'une stabilité dynamique de très longue durée dans cette basse plaine de confluence armoricaine (Figure 4). L'histoire des paysages végétaux, construite à partir des analyses polliniques, décrit sur les coteaux à l'Atlantique un système forestier varié, composé d'une chênaie, d'une tiliaie et d'une corylaie alors que la vallée abrite une aulnaie, à sous-bois de cypéracées. Vers 6630+/-40 BP, le système forestier chute alors que les pollens de graminées explosent et que les rudérales se développent. Au Néolithique, les coteaux restent boisés même si la chênaie et la tiliaie diminuent considérablement. La hêtraie s'installe durant la seconde moitié du Subboréal. La présence humaine est attestée par une déforestation des coteaux et la pratique modeste de la céréaliculture avant 4195+/-85 BP. Au sein du marais devenu plus humide, une aulnaie à sous-bois de cypéracées se déploie alors que l'on note également le développement des aquatiques et des espèces de milieux marécageux. À partir de l'âge du Bronze, le paysage forestier subit des

coupes cycliques mais réversibles, l'anthropisation reste très ténue malgré l'empreinte de la céréaliculture et de la culture du chanvre. Durant l'époque gallo-romaine, le couvert forestier des versants continue à régresser et la tiliaie disparaît totalement. Dans le marais, l'aulnaie domine. Au cours du Haut Moyen Âge, vers 1185+/-60 BP, le contexte agricole s'accroît avec notamment le déploiement de la céréaliculture puis de la culture du chanvre et de la vigne ; l'élevage est présent mais ne semble pas être l'activité principale. Durant les époques moderne et contemporaine, le marais devient moins humide, les aquatiques disparaissent. Les cultures céréalières semblent être abandonnées dans les environs proches du marais et l'élevage s'intensifie peu à peu. Les coteaux sont boisés principalement de chênes et de noisetiers (Cyprien *et al.*, 2004).

2. Histoire de l'aménagement de la basse vallée de la Romme (XI^e-XX^e siècle)

Si l'on confronte les données stratigraphiques avec les archives historiques, on constate que la basse vallée de la Romme est une zone de prairie inondable depuis environ 150 ans. Son drainage hydraulique a été organisé à partir de fossés parallèles (les daguenets) ou perpendiculaires à la rivière (les baisseurs). Cet usage récent résulte

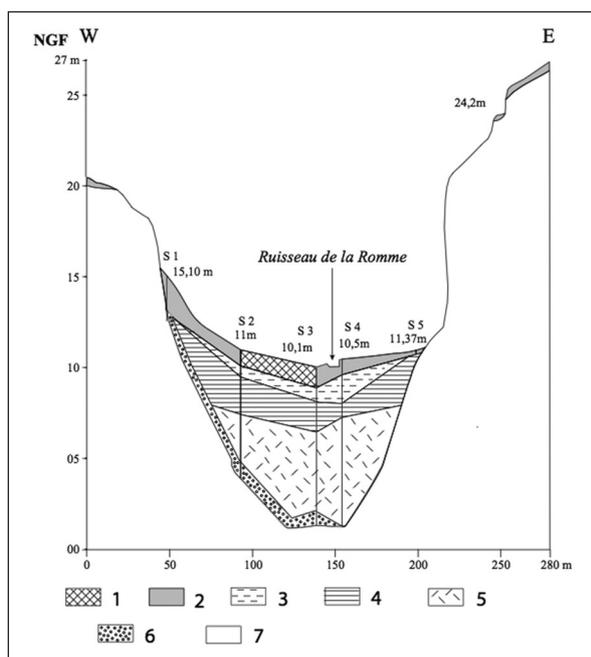


Figure 3. Les étapes du remplissage du marais de Champtocé (d'après BSS-BRGM). 1-Remblai ; 2-Terre végétale argileuse ; 3-Argile ; 4-Limon et argile ; 5-Argile tourbeuse ; 6-Sable (altérites) ; 7-Substrat schisto-gréseux

d'un changement radical d'exploitation de la zone humide au XIX^e siècle. Le 5 novembre 1834, le comte de Serrant (propriétaire de l'étang de Champtocé) et le marquis de Walsh Serrant (propriétaire des moulins à eaux associés) fondent une société afin de procéder à l'assèchement de l'étang. Ils estiment que «par son importance, sa situation et sa vaste étendue l'opération de dessèchement présente l'espérance d'une augmentation considérable dans le revenu et la valeur de leurs propriétés» (M. de Fresney, archives familiales). On ne connaît pas la date exacte de la réalisation des travaux, ils étaient toutefois terminés en 1850 puisque la carte du cours de la Loire au 1/20000e éditée en 1850 fait référence à «l'ancien étang de Champtocé». Avant cette mutation des usages, toute la basse vallée est occupée par l'étang dit de Champtocé ou de Losse. Sa chaussée est bien visible sur un dessin de 1695 (Figure 5). L'étang est également décrit sur la carte de Bonvoux publiée en 1767. On ne connaît pas la date de réalisation du plan d'eau. Toutefois, l'étang et ses moulins sont mentionnés entre 1102 et 1106 dans un acte connu seulement par une copie du XVIII^e siècle (Grandet, 1884). Il pourrait remonter au XI^e siècle, période à laquelle l'abbaye de Saint-Florent obtint l'autorisation du seigneur de Champtocé de construire aux abords des

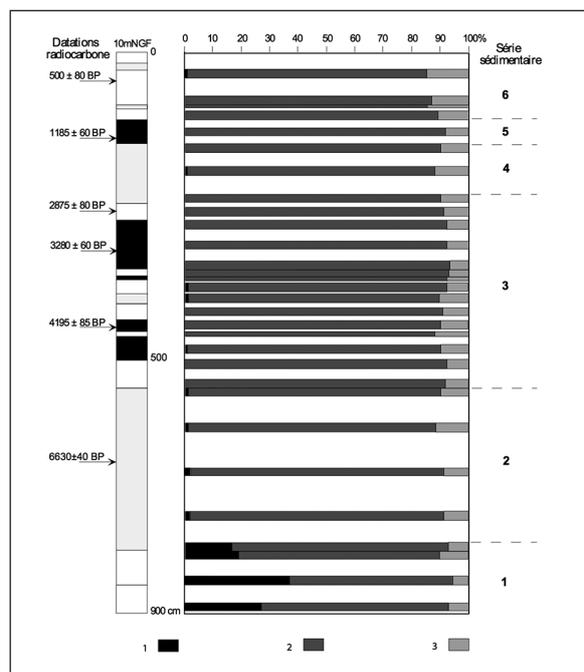


Figure 4. Granularité du sondage du marais de Champtocé. 1-Sables ; 2-Limos ; 3-Argiles

fossés du château fort un bourg libre et un prieuré (Port, 1874).

Dans cet espace, la présence des Sociétés est précoce et attestée dès le Néolithique par les analyses polliniques. Toutefois, elle reste ténue, le couvert forestier est dense, les déboisements sont progressifs et réversibles, sans influence directe sur la dynamique du cours d'eau. C'est seulement à partir de l'époque gallo-romaine, puis du Moyen Âge, que l'intervention des Sociétés s'exprimera durablement dans le paysage. Les déforestations s'accroissent, les ruraux cultivent des céréales, de la vigne, du chanvre et pratiquent l'élevage. Les conditions topographiques de la basse vallée du marais de Champtocé sont sujettes à des usages et à l'application d'une technicité changeante entre le Moyen Âge et l'époque contemporaine (d'étang piscicole doté d'une chaussée de moulin à prairies de fauche). Toutefois, alors que les aménagements provoquent l'évolution écologique de ces zones humides, ils n'entraînent pas de profonds bouleversements dynamiques sur l'hydrosystème mais conduisent plutôt à une forme d'équilibre de la dynamique fluviale. Tout laisse à penser que les sociétés rurales ont façonné des paysages agraires fondés sur la polyculture et l'élevage qui assurent une protection durable des versants (Carcaud, 2004).

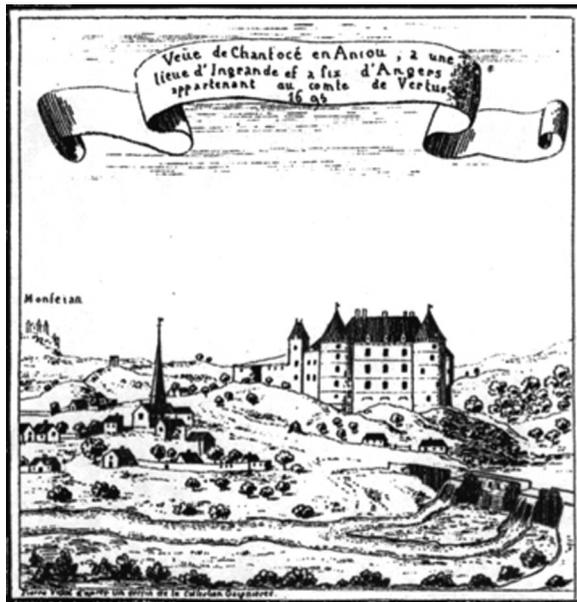


Figure 5. L'étang de Champtoqué en 1695 (Gravure de Gagnières)

B. La Claise tourangelle et les changements d'usage hydrauliques

La Claise draine un bassin versant de 1123 km², ses eaux non navigables ni flottables ont néanmoins fait l'objet d'une utilisation hydraulique ancienne. Dans la section tourangelle de la vallée on observe la succession de deux périodes de fort contrôle hydraulique engendrant des processus réponses importants (Parry, 1997) (Figure 6).

1. Les conséquences de l'emprise et de la déprise des moulins à eau

La Claise a compté jusqu'à 97 moulins à eau, ce qui représente un taux d'équipement du bassin (nombre de moulins construits par rapport au nombre potentiel versant) de plus de 82 % pour la rivière et de 30 à 48 % pour ses affluents (Guichané, 1993). Ces petites usines hydrauliques ont eu un impact paysager et morphodynamique durable puisque leur utilisation s'est étalée du XII^e au XIX^e siècles. Les petits affluents disposant d'un débit modeste étaient pourvus de moulins d'étangs ; c'était notamment le cas du ruisseau du Sauvaget où se succédaient quatre étangs. Sur la Claise, les ouvrages hydrauliques accompagnant le moulin consistaient classiquement en une digue de barrage, une chaussée, un canal d'amenée, un canal de fuite et un canal de décharge (Figures 7 et 8).

Les incidences morphodynamiques de ces aménagements étaient nombreuses. Outre les ralentissements de l'écoulement générés par la multiplication des moulins, on observait aussi un certain nombre d'impacts locaux comme des entraves à la continuité écologique et sédimentaire provoquant des érosions de berge et des frayères potentielles ainsi que des atterrissements ou un engorgement constant du canal d'amenée. Les manœuvres des usiniers avaient également des conséquences sur la qualité hydro-biologique des eaux. Les retenues d'eau, et

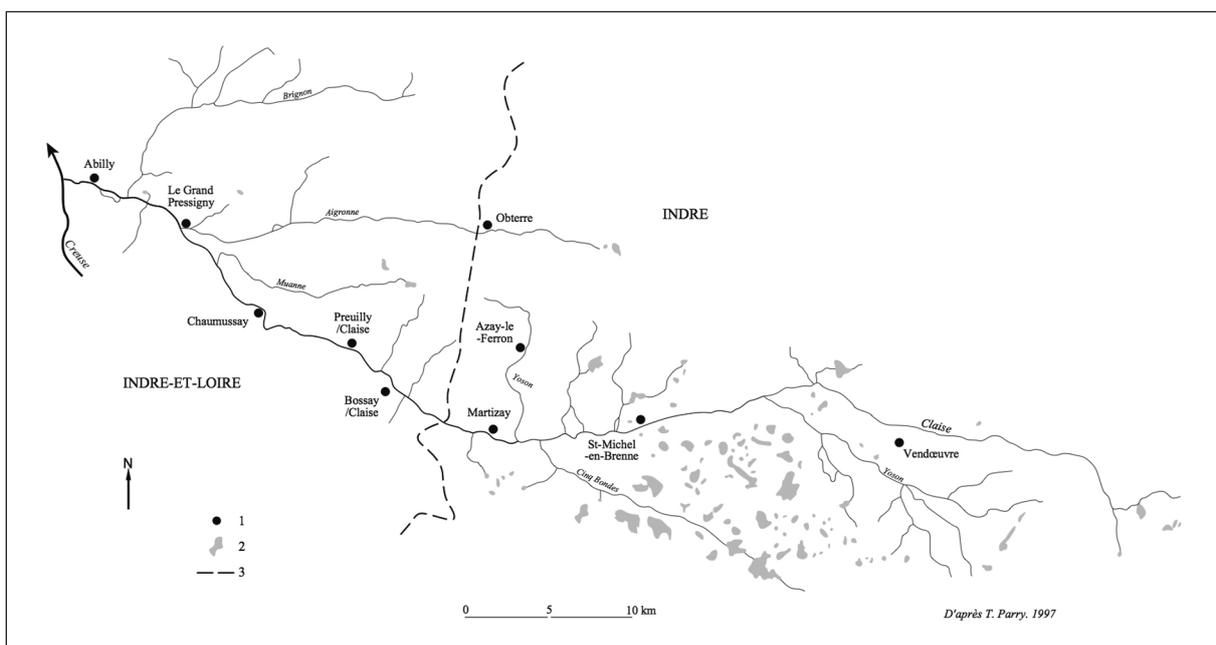


Figure 6. Le bassin versant de la Claise. 1- Agglomération ; 2- Etang ; 3- Limite départementale

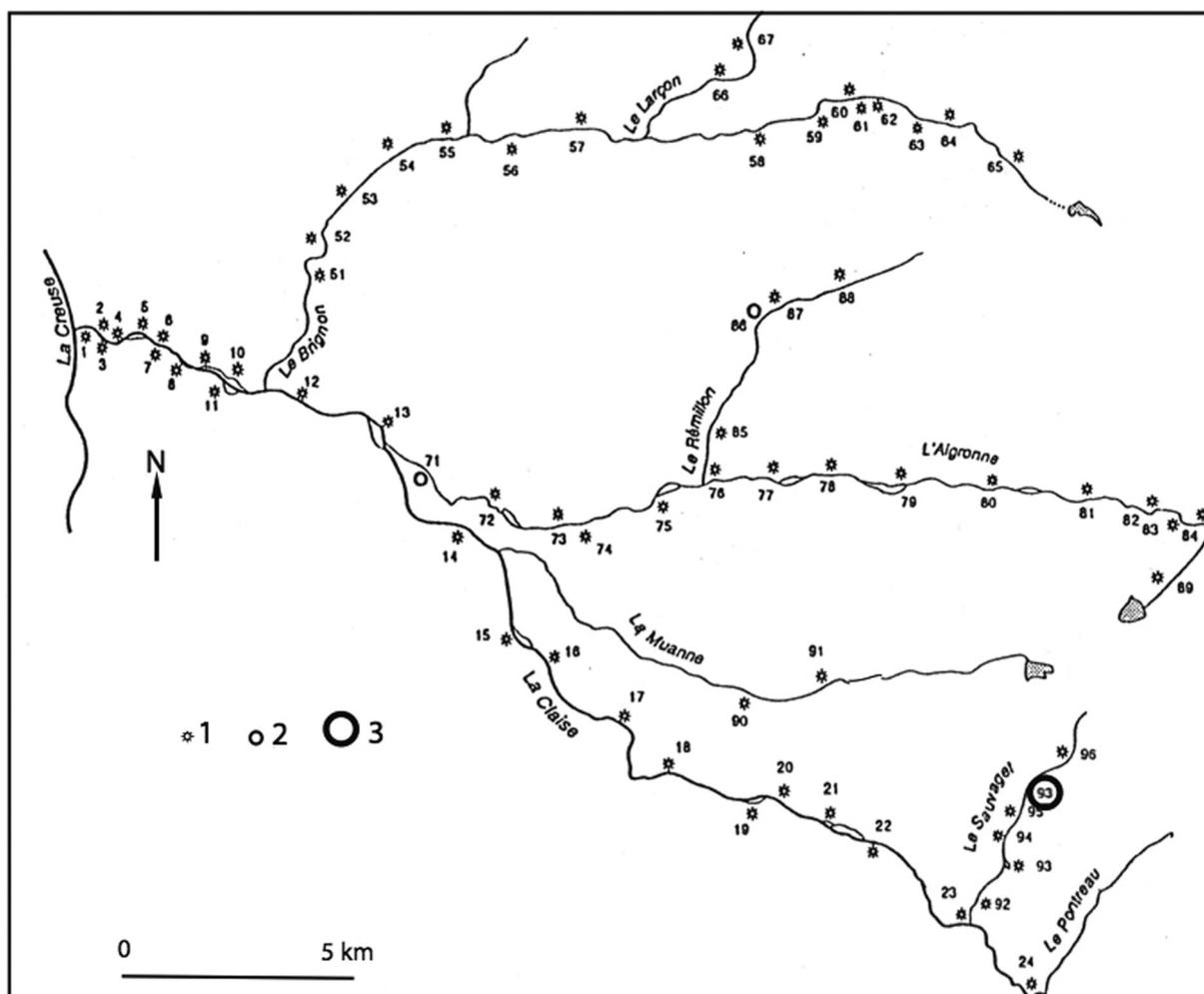


Figure 7. Bassin de la Claise : inventaire des principaux équipements hydrauliques anciens (d'après Guichané, 1993). 1- Moulin ; 2- Bélier hydraulique ; 3- Les forges de l'Épine.

donc leur stagnation, favorisaient l'eutrophisation. À l'inverse, une ouverture trop brutale des vannes pouvait détruire les frayères de poissons et remettre en mouvement les alluvions. Par contre, un bon usage des vannes permettait l'auto-curage du canal d'aménée et la migration piscicole. Compte tenu du nombre de moulins présents sur la Claise, leur bon fonctionnement nécessitait une gestion collective de la rivière. Elle imposait une maîtrise des écoulements avec, en temps normal, un débit et une hauteur de chute constants. Par contre, pendant les crues, toutes les vannes étaient ouvertes afin de réduire le risque d'inondation. Jusqu'à la Révolution, l'entretien des berges et le curage annuel étaient prévus par une ordonnance royale et laissés à la charge des propriétaires riverains et des usiniers. Avec l'abandon des moulins à eau, l'équilibre qui s'était progressivement instauré a été rompu durant la seconde partie du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle. L'absence d'entretien par faucardement des berges et gestion de l'ouverture des vannes a

considérablement ralenti l'écoulement, multiplié les inondations et régulièrement gêné la récolte des foins dans les prairies alluviales. Dès le début du XX^e siècle, les riverains de la Claise alertent les services de l'Etat et les sollicitent afin de procéder à un curage de la rivière. La réponse qui leur est donnée est tout à fait révélatrice des difficultés de dialogue entre les services administratifs en charge du dossier et les riverains : « La Claise est une rivière suffisamment en bon état pour assurer un écoulement normal et régulier et n'a pas besoin d'un curage comme le demande le syndicat des riverains du département de l'Indre » (Ingénieur subdivisionnaire, Service hydraulique de l'Arrondissement de l'Ouest, septembre 1910).

2. Le recalibrage de la Claise et ses conséquences

Ce sont les projets de remembrement et les aménagements fonciers associés qui ont déclenché le recalibrage du lit de la Claise au début des années

1960. Alors que les travaux sont déjà initiés sur le cours amont, ils débutent en 1961 en Indre-et-Loire avec la création d'un « Syndicat Intercommunal pour le curage et l'entretien de la Claise ». L'ensemble du projet, études préliminaires et travaux, est confié au Service des Ponts et Chaussées. L'aménagement se fondera uniquement sur des critères hydrauliques: compte tenu du fait que le débit à évacuer en fréquence décennale ($45 \text{ m}^3/\text{s}$) nécessite une largeur de lit théorique de 21,86 m, on choisit de donner à la rivière un calibre de 22 m. À cela s'associe le débroussaillage des berges, des terrassements et des corrections de tracé. « Il s'agit de donner au lit de la Claise des sections suffisantes susceptibles d'évacuer, sans débordement, les crues saisonnières et d'assurer, en dehors des périodes de crues, une revanche suffisante pour assurer l'écoulement des fossés d'assainissement des terres riveraines » - Extrait du mémoire explicatif de l'aménagement de la Claise dressé par l'ingénieur conseil (Orléans, avril 1962).

Dès la fin des années 1960, les conséquences hydromorphologiques se font sentir avec des érosions de berges, des affouillements d'ouvrages et l'abaissement des niveaux phréatiques. Une nouvelle tranche de travaux est engagée entre 1970 et 1980 par le Syndicat Intercommunal de curage de la Claise et de ses affluents qui décide de la mise en place de barrages soutenant les débits d'étiage sur la rivière, le curage et le recalibrage de son réseau d'affluents. Ces aménagements radicaux illustrent une situation trop fréquente à cette époque. Il s'agissait de résoudre par des aménagements structurels systématiques les conséquences de l'abandon d'une rivière fortement contrôlée aux époques médiévale et moderne et de faciliter le développement d'une agriculture en pleine restructuration. Ces travaux ont été réalisés sans tenir compte de la dynamique fluviale et sans concertation avec les usagers de la rivière. Les conséquences dynamiques et sociales sont désormais difficilement réversibles.

IV. DU SYSTÈME FLUVIAL À L'HYDRO-SYSTÈME : UNE CASCADE DE COMPLEXITÉS DYNAMIQUES

L'hydrosystème Loire moyenne et armoricaine est choisi comme expression des complexités associées à la systémie, en particulier quand elle s'applique aux sections distales d'un grand bassin versant. Depuis 1994, le plan d'aménagement global du bassin

de la Loire - Plan Loire Grandeur Nature - cherche à concilier la sécurité des personnes, la protection de l'environnement et le développement économique. Dans son quatrième volet (2014-2020), 4 enjeux prioritaires ont été définis : réduire les conséquences négatives des inondations sur les territoires, retrouver un fonctionnement plus naturel des milieux aquatiques, valoriser les atouts du patrimoine, développer, valoriser et partager la connaissance du bassin. Les deux premiers enjeux sont en lien étroit avec la dynamique fluviale et en particulier l'enfoncement du lit endigué et l'abaissement de la ligne d'eau qui se sont accentués à la fin du XX^e siècle (Gautier *et al.*, 2000 ; Gazowski, 1994). L'analyse des processus a conduit les gestionnaires à accorder un rôle majeur aux aménagements de navigation fluviale installés au début du XX^e siècle sur la Loire armoricaine et à l'extraction de plusieurs dizaines de millions de mètres cubes de sable en lit mineur dans la seconde moitié du XX^e siècle. Une lecture géo-historique permet de reconsidérer la question et de complexifier les causalités par l'exploration des principes de cascade sédimentaire, de temps de réponse, de résilience et de métamorphose fluviale.

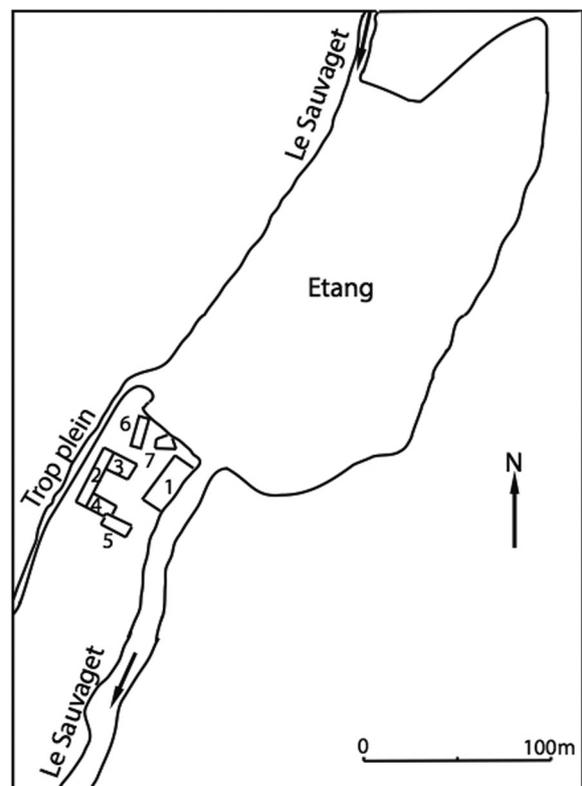


Figure 8. Les forges de l'Épine (d'après Guichané, 1993). 1- Halle de la Forge ; 2- Maison du régisseur ; 3- Bâtiment du forgeron ; 4- Grange ; 5- Magasin ; 6- Ecuries ; 7- Charpenterie

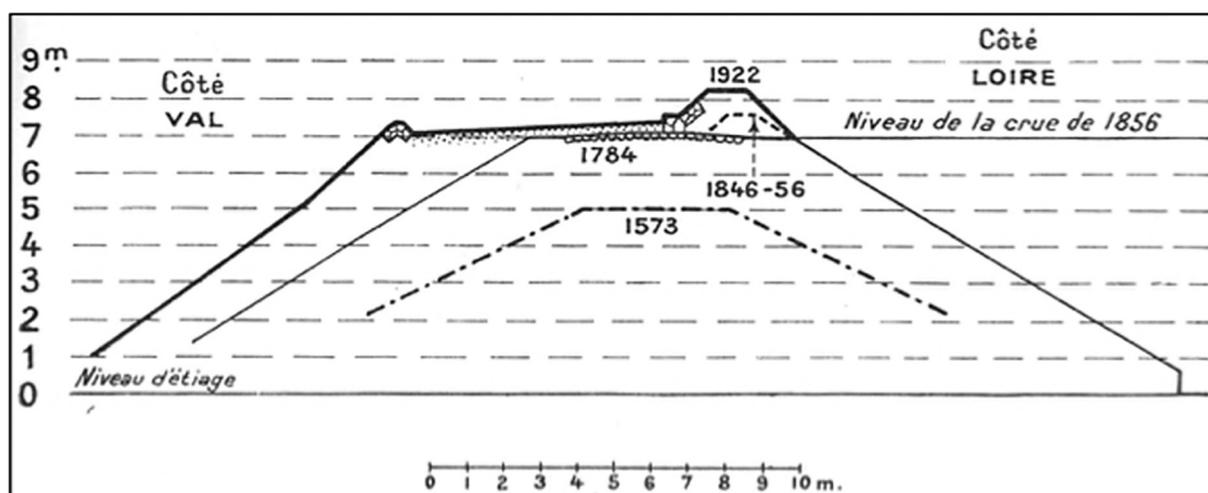


Figure 9. Coupe schématique d'une levée de Loire, évolution temporelle de l'ouvrage (d'après Dion 1934, 1961)

A. Les levées : le risque d'inondation renforcé et les effets du temps de réponse

Pour un cours d'environ 1000 km, la Loire est équipée d'un linéaire de 500 km de digues latérales (les levées). La mise en place de ces ouvrages s'est opérée en deux phases (Burnouf et Carcaud, 2000 ; Burnouf et Maillard, 2003). La première, dont on ignore la date précise de commencement au Haut Moyen Âge, s'est poursuivie jusqu'au XV^e siècle. C'est la phase des « turcies », ouvrages ponctuels et souvent submersibles. La seconde voit la mise en place des « levées » de manière quasi systématique sur les Vals de Loire. Il s'agit d'équipements plus conséquents, dont l'organisation est plus cohérente et qui ont été régulièrement renforcés et rehaussés jusqu'au XXI^e siècle (Figure 9). La généralisation de ces ouvrages est à mettre en relation avec le processus d'urbanisation progressive des Vals depuis le Haut Moyen Âge (Garcin *et al.*, 2006). Il produit des effets directs comme l'artificialisation des berges ou la création d'ouvrages hydrauliques et des effets indirects. Les besoins alimentaires des sociétés urbaines vont, par exemple, entraîner des transformations des activités agricoles dans le lit majeur de la Loire. On passe de pratiques compatibles avec le caractère inondable des Vals à une agriculture plus intensive nécessitant la mise en protection des cultures (Noizet *et al.*, 2004). On note ainsi une mutation des relations entre les sociétés ligériennes et le fleuve par le passage d'ouvrages discontinus et submersibles (les turcies médiévales) à des équipements continus et « insubmersibles », à partir du XV^e siècle.

Les conséquences hydrologiques des aménagements de digues sont rapides et leur efficacité toute relative est perçue dès le XIV^e siècle dans la ville de Tours. Dans ce Val, on constate une succession d'inondations à la fin du XIV^e siècle et une série d'embâcles au début du XV^e siècle qui peuvent être mises en relation avec la péjoration climatique du Petit Age Glaciaire (Bouquet, 1998). Toutefois, la présence des turcies déjà très étendues dans ce Val et l'urbanisation en arrière des digues ont augmenté la vulnérabilité et produit un risque renforcé (Garcin *et al.*, 2006). Au XIX^e siècle, la réduction drastique du lit fluvial par généralisation de l'endiguement, l'augmentation des hauteurs d'eau et l'accélération de la propagation de l'onde de crue ont généré 3 crues catastrophiques successives (1846, 1856 et 1866) occasionnant 300 ruptures de levées (brèches) entre le bec d'Allier et Montjean/Loire (Halbecq, 1996).

Pour ce qui concerne la cascade sédimentaire, la déconnection entre le lit endigué et les Vals a réduit considérablement les sources d'alimentation latérale en charge solide. Dans le même temps, l'accélération des vitesses d'écoulement a augmenté la capacité de transport. L'addition de ces deux processus conduit logiquement à l'incision du lit fluvial dont l'expression s'est manifestée au XX^e siècle, avec un temps de réponse d'environ 500 ans qu'il faut relier à la dimension du bassin versant. Durant ce même XX^e siècle, la tendance a été renforcée par l'aménagement du chenal de navigation en Loire armoricaine et l'extraction de granulats en lit mineur (Garcin *et al.*, 2006).

B. La chenalisation de la Loire armoricaine et la difficile prise en compte de dynamiques pluri-séculaires

Entre 1910 et 1930, la Loire armoricaine (section de vallée comprise entre le bec de Maine et Nantes) a été dotée d'épis de navigation (Figure 10). Le projet devait permettre la circulation de bateaux de gros gabarit entre Angers et Nantes. C'est ainsi que 700 ouvrages (épis) ont été disposés perpendiculairement au lit mineur pour y concentrer le courant, accentuer le pouvoir érosif du fleuve et, par conséquent, entretenir le phénomène d'auto-curage dans le chenal de navigation. Malgré l'investissement, la navigation n'a cessé de décliner au XX^e siècle au profit du transport ferroviaire. Aujourd'hui, les épis sont malgré tout très présents dans les paysages de la Loire armoricaine. Ils le sont d'autant plus que la ligne d'eau d'étiage s'est abaissée de 2 m en moyenne dans le dernier siècle.

Avec le recul, on peut considérer que cet aménagement n'était peut être pas nécessaire dans un contexte morphodynamique en pleine transition. Pour le vérifier, il faut se placer dans un cadre temporel de plusieurs siècles incluant la fin du Pe-

tit Âge Glaciaire (XVII^e-XXI^e) et interroger trois marqueurs de la trajectoire hydromorphologique de cette section de vallée pour mieux envisager l'enchaînement dynamique dans lequel s'inscrit la mise en place des épis (Figure 11) (Davodeau *et al.*, 2013).

Pour l'étude des crues, on dispose d'une riche chronique à la station de Montjean/Loire. Sont retenus les événements exceptionnels (> 5,5m). Entre 1700 et 1850, en fin de Petit Âge Glaciaire, leur fréquence atteint 1/10 ans. Malgré un contexte climatique plus favorable, elle augmente en seconde partie de série (1,5/10 ans) et présente une saisonnalité changeante. Les crues du XIX^e siècle sont estivales et d'origine cévenole, elles marquent la vulnérabilité de cette portion du haut bassin versant.

Les crues du XX^e siècle, hivernales, sont de type mixte avec une contribution de l'ensemble du bassin. Sur cet intervalle chronologique, quatre crues atteignent des valeurs record : mars 1771, juin 1856, décembre 1910 et décembre 1982 (Schulé, 2000). Le changement climatique post-Petit Âge Glaciaire ne se traduit pas par une diminution de la fréquence des crues. C'est vraisemblablement une réponse à



Figure 10. Chantier de construction d'un épi

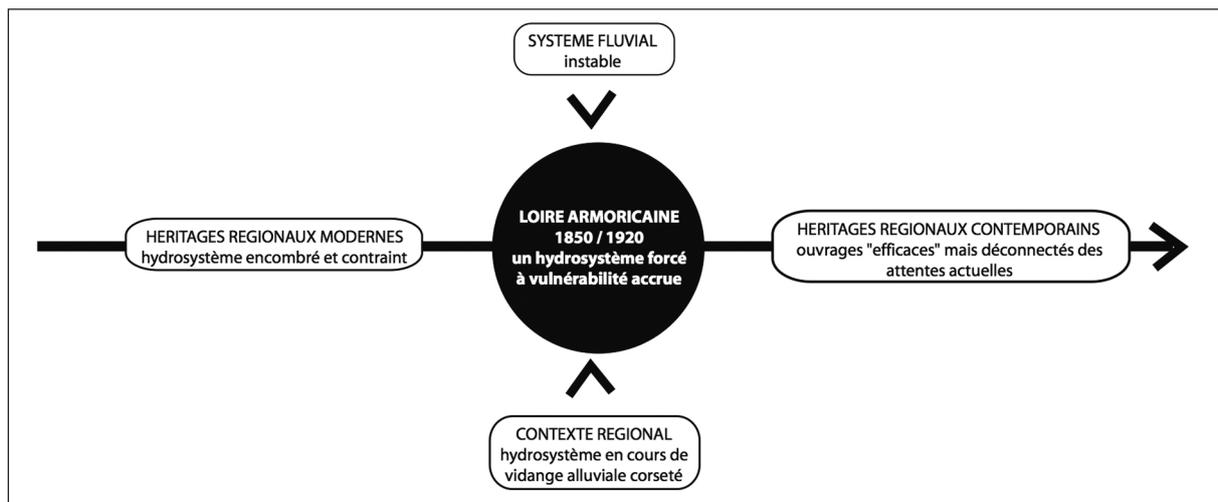


Figure 11. 1850-1920 : Un seuil pour l'anthroposystème Loire armoricaine

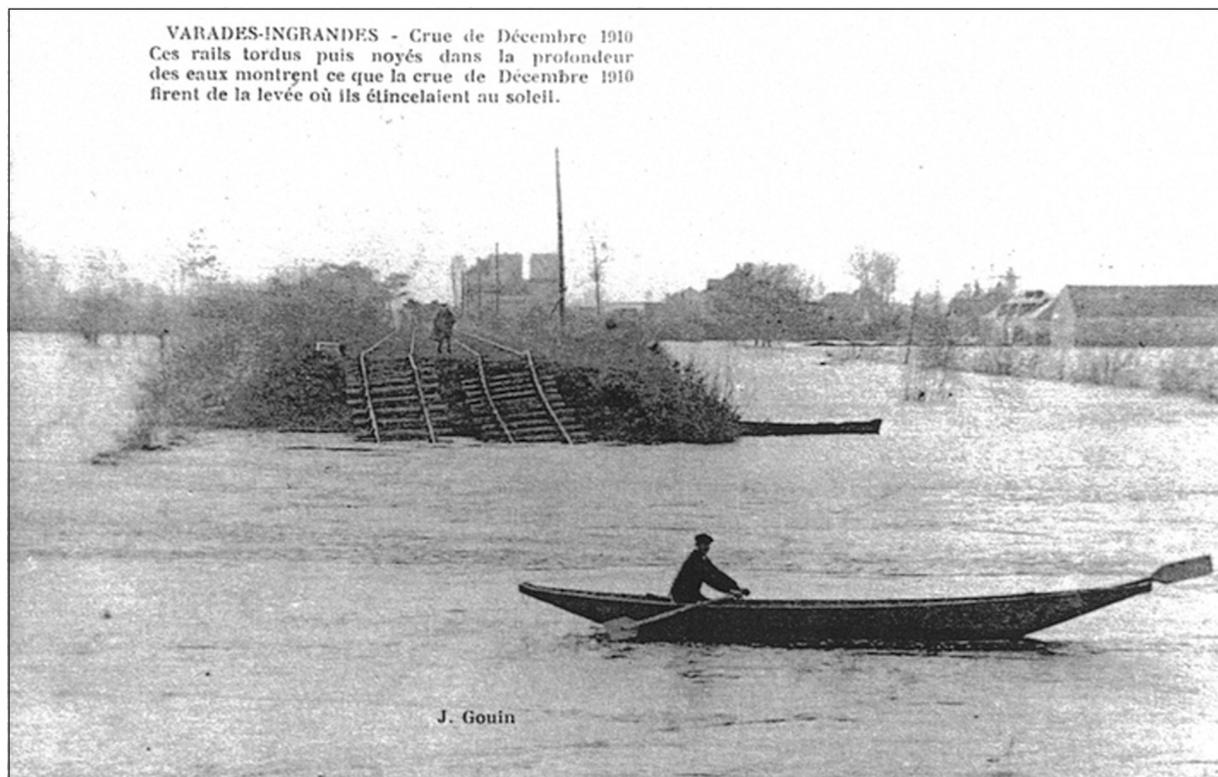


Figure 12. Crue de décembre 1910 : rupture de la levée ferroviaire (Varades-Ingrandes)

la multiplication des aménagements hydrauliques et à la réduction du champ d'inondation. Elle fait naître un sentiment de vulnérabilité et va encourager la demande sociale en équipements hydrauliques régulateurs (Figure 12).

L'évolution du profil en long du lit apparent est examinée à partir de sources d'archives (textuelles, profils topographiques, cotes d'étiages). Entre 1700 et 1850, le lit apparent est en situation d'exhaussement par dépôt d'une charge de fond sableuse. Entre 1850

et la fin du XX^e siècle, la Loire armoricaine connaît une incision croissante. On enregistre 27 étiages sous la cote 0 m à l'échelle de Montjean/Loire. Après un abaissement lent et régulier, le fond du lit connaît un creusement accéléré atteignant 50 cm entre 1950 et 1975, 50 cm entre 1975 et 1982 et 25 cm entre 1982 et 1984 (Charrier, 1997). Depuis la fin du XX^e siècle, le profil en long se stabilise, en partie du fait de l'arrêt des extractions de sable en lit mineur. Ce marqueur dynamique présente des réponses assez conformes aux changements envi-

ronnementaux. Il y a incision au sortir du Petit Âge Glaciaire, alors même que les équipements réduisant les relations au lit majeur se multiplient et que le haut bassin entre dans une phase de reboisement.

Le profil transversal est apprécié par la lecture de quatre cartes (Grion, 1665 ; Bonvoux, 1765 ; Coumes, 1851 et IGN, 1994). La tendance est à la simplification du style fluvial avec une réduction de la largeur de la bande active et du nombre de chenaux. On compte 67 îles entre Ingrandes et Nantes en 1665 pour seulement 19 en 1994. Si l'instabilité du chenal en tresses est encore très marquée aux XVII^e et XVIII^e siècles, la métamorphose fluviale s'installe au XIX^e siècle (Charrier, 1997).

Elle est contemporaine de changements socio-naturels communs à l'ensemble du bassin versant et accentuée par des aménagements locaux tels que les épis qui ne font qu'accentuer une dynamique déjà en cours.

Si l'on regarde la mise en place des épis de navigation avec un siècle de recul, on constate que ce lourd aménagement n'avait pas réellement lieu d'être. Il vient accélérer une trajectoire paysagère déjà en marche depuis le XIX^e siècle.

Comprendre la dynamique de cette section de vallée pour mieux la gérer n'est cependant pas une mince affaire. La complexité est liée à la situation distale de cet espace (multiples agents et processus en action) et à la mise en place d'aménagements de plus en plus impactants durant les époques moderne et contemporaine. S'ajoute à cela le fait que certaines expressions fluviales compliquent la perception des acteurs et n'aident pas à faire des choix d'aménagement raisonnés. L'implantation des épis avait pour premier objectif la création de richesses économiques à partir du développement du port de Nantes. La réalisation de ce projet a lieu dans un contexte hydromorphologique très particulier qui n'a pas été compris par les ingénieurs et les riverains. En effet, dans un premier temps, la mise en place de ces ouvrages - qui coïncide avec des années à forte hydraulité - masque le processus d'enfoncement du lit du fleuve. Les riverains perçoivent donc avant tout un relèvement du plan d'eau. En réalité, la chenalisation du fleuve par les épis couplée dans la seconde partie du XX^e siècle avec l'exploitation industrielle du sable amplifie l'enfoncement du lit du fleuve et l'abaissement du niveau d'étiage (Davodeau *et al.*, 2013).

V. CONCLUSION

Au travers des exemples visités nous avons pu montrer que le changement est inhérent au fonctionnement même de l'environnement et des hydrosystèmes en particulier ; ce n'est donc pas là qu'il faut chercher la source de nos inquiétudes. Les enjeux sont plutôt, comme le suggère B. Latour (2015), dans l'idée que nous traversons une crise environnementale révélatrice d'une profonde mutation et altération de notre rapport au monde. Pour mieux vivre ce changement B. Latour propose de ne plus dissocier Nature et Culture pour plutôt considérer que nous « n'avons pas affaire à des domaines mais plutôt à un seul et même concept réparti en deux parties qui se trouvent reliées, si l'on peut dire, par un fort élastique ». Ce nouveau rapport au Monde suppose de ne plus envisager nos relations à l'environnement comme la Moderne opposition « Nature/Culture » mais dans un continuum que l'auteur nomme la « zone métamorphique ». Abandonner la partition du monde, c'est aussi ce que suggèrent P. Descola (2014) et C. et R. Larrère (2015) en évoquant l'invention d'une écologie des relations.

Être Moderne au XXI^e siècle et réussir une transition globale réside en partie dans une meilleure prise en compte de nos héritages. C'est dans cet objectif que nous avons souhaité examiner des cas d'anthrosystèmes ligériens et procéder à des retours d'expériences. Différentes échelles spatiales et temporelles sont envisagées, dans tous les cas les espaces fluviaux sont sujets à une dynamique de représentations et de projets sociétaux. Les espaces explorés sont sujets à une exploitation des ressources en eau et en sols selon des modèles plus ou moins durables. L'artificialisation a généré une diversité de trajectoires paysagères aboutissant parfois à la production d'écosystèmes de qualité (cas de la basse vallée de la Romme) où le co-changement n'est pas nécessairement synonyme de crise environnementale et le principe de réversibilité bien présent.

Dans d'autres cas, on constate que l'abandon d'un système très contrôlé, autre forme de changement qui pourrait être interprétée comme une sorte de renaturation, génère au contraire des perturbations (Claise tourangelle). Dans tous les cas, on est en présence de projets anthropocentrés, parfois susceptibles de produire des services écosystémiques mais jamais conçus dans cette intention.

C'est dans cette même dynamique de projet que la connaissance du passé peut aujourd'hui accompagner la recherche d'une meilleure « Résilience » des anthroposystèmes, au sens du renforcement des capacités d'un système à supporter le changement (Tisseron, 2007).

BIBLIOGRAPHIE

- Allée, P. & Lespez, L. (2006). *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement* (Coll. Nature et Société ; 3). Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise Pascal.
- Amoros, C. & Petts, G. (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Coll. Ecologie 24. Paris : Masson.
- Arnaud-Fassetta, G. & Carcaud, N. (2014). *French Geoarchaeology in the 21st Century*. Paris : CNRS Editions.
- Bonvoux, S. (1765). *Carte figurée de la Loire de Nantes à Ingrandes*. Archives Municipales Ville de Nantes, II 167/51.
- Bouquet, C. (1998). *Les villes et le fleuve – histoire des relations entre les sociétés urbaines et la Loire moyenne à la fin du Moyen Age*, mémoire de DEA, Université de Tours.
- Bravard, J.-P. (2002). Les paléo-environnements fluviaux et lacustres depuis 15000 ans. Conclusions méthodologiques et perspectives. In J.-P. Bravard & M. Magny (Eds), *Les fleuves ont une histoire, Paléo-environnements des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, (pp. 303-312). Paris : Errance.
- Bravard, J.-P. & Magny M. (2002). *Les fleuves ont une histoire, Paléo-environnements des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*. Paris : Errance.
- Bravard, J.-P. & Petit, F. (1997). *Les cours d'eau : dynamique du système fluvial*. Paris : Collection U, Armand Colin.
- Burnouf J. & Leveau, P. (Éds.) (2004). *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture. Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres : pratiques sociales et hydrosystèmes* (Archéologie et Histoire de l'Art ; 19). Paris : CTHS.
- Burnouf, J. & Carcaud, N. (2000). L'homme et les vallées: les vals de Loire de Tours à Angers. *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 107/1, 7-22.
- Burnouf, J. & Maillard, B. (2003). Les Sociétés et la confluence du Cher avec la Loire à la fin du Moyen Age et à l'époque moderne. In J.-G. Petit et A.-L. Sanguin (Éds), *Les fleuves de France Atlantiques. Identités, espaces, représentations, mémoires* (pp. 41-56). Paris : l'Harmattan.
- Carcaud N. (2004). *D'espace et de temps : un itinéraire de recherche et d'enseignement sur les anthroposystèmes fluviaux*, (Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, inédit), Université d'Angers.
- Charrier, P. (1997). *La vallée de la Loire des Ponts-de-Cé à Bellevue (entre Anjou et Pays Nantais), évolutions et sensibilités*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Coumes, A.E. (1851). *Carte topographique de la Loire*. Archives Départementales du Maine-et-Loire, 1 Fi 142.
- Conseil de l'Europe. (2016). La Convention européenne du paysage. Repéré à <http://www.coe.int/fr/web/landscape>.
- Cyprien, A.-L., Visset, L. & Carcaud, N. (2004). Evolution of vegetation landscapes during the Holocene in the central and downstream Loire basin (Western France). *Veget Hist Archeobot*, 13, 181-196.
- Davodeau, H., Barraud, R., Carcaud, N., Montembault, D. & Pordoy, C. (2013). Rivers groins along the Armorican Loire River (France): river responses and local resident reactions. A sociogeographical landscape reading as a complement for ecological engineering. In G. Arnaud-Fassetta, E. Masson, E. Reynard (Eds), *European Continental Hydrosystems under Changing water policy* (pp. 205-219). München : Verlag Friedrich Pfeil.
- Descola, P. (2014). *La composition des mondes. Entretiens avec Pierre Charbonniers*. Paris : Flammarion.
- Dion, R. (1934). *Le val de Loire, Étude géographique régionale*. Tours : Arrault.
- Dion, R. (1961). *Histoire des levées de la Loire*. Paris: Flammarion.
- Garcin, M., Carcaud, N., Gautier, E., Burnouf, J., Castanet, C. & Fouillet, N. (2006). Impacts des héritages sur un hydrosystème : l'exemple des levées en Loire moyenne et océanique. In P. Allée et L. Lespez (Éds), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement* (pp. 225-236). Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise Pascal.
- Gautier, E., Piegay, H. & Bertaina, P. (2000). A methodological approach of fluvial dynamics oriented towards hydrosystem Management: the Loire and Allier rivers case study. *Geodinamica Acta*, 13/1, 29-43.
- Gazowski, Z. (1994). L'enfoncement du lit de la Loire. *Revue de géographie de Lyon*, 69/1, 41-46.
- Germaine, M.-A. & Barraud, R. (2013). Restauration écologique et processus de patrimonialisation des rivières dans l'Ouest de la France. *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 16 (juin 2013).
- Grandet, J. (1884). *Notre-Dame Angevine*. Angers : Germain et Grassin.
- Grion, A. (1665). *Carte d'arpentage des îles et îlots de la Loire depuis Ingrandes jusqu'à Paimboeuf (Nantes)*. Archives Municipales Ville de Nantes, II 167/52.
- Guichané, R. (1993). *L'histoire de l'aménagement hydraulique de la Claise et de ses affluents dans le département d'Indre et Loire*, (Mémoire de maîtrise inédit), Université de Tours.
- Halbecq, W. (1996). *Approche géomorphologique des brèches dans les levées de la Loire entre le bec*

- d'Allier et Montjean*, (Mémoire de DEA inédit), Université d'Orléans.
- Larrère, C. & Larrère, R. (2015). *Penser et agir avec la nature – Une enquête philosophique*. Paris : La découverte.
- Latour, B. (2015). *Face à Gaïa – Huit conférences sur le nouveau régime climatique*. Paris : Les empêcheurs de penser en rond, la Découverte.
- Lespez, L., Cador, J.-M., Carpentier, V., Clet-Pellerin, M., Germaine, M.-A., Garnier, E. & Marcigny, C. (2010). Trajectoire des paysages des vallées normandes et gestion de l'eau, du Néolithique aux enjeux de la gestion contemporaine. In D. Galop (Éd.) *Paysages et Environnement – De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs* (pp. 249-263). Presses universitaires de Franche-Comté.
- Malavoi, J.-R. et Bravard, J.-P. (2010). *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Vincennes : Onema.
- Noizet, H., Carcaud, N. & Garcin, M. (2004). Rive droite, rive gauche : la Loire et Tours 12^{ème}-15^{ème} siècles. *Actes du colloque Fleuves* (pp.137-155). Paris : PEVS-CNRS.
- Parry, T. (1997). *Les principaux aménagements hydrauliques et leurs impacts sur la Claise tourangelle* (Mémoire de maîtrise inédit), Université d'Angers.
- Port, S. (1874). *Dictionnaire historique, géographique et biographique de Maine-et-Loire*. Paris : J.-P. Dumoulin.
- Schulé, C.-A. (2000). Les crues inondantes en Anjou du XIXe au XXe siècle. *Archives d'Anjou*, 4, 247-253.
- Schumm, S.A. (1977). *The fluvial system*. New York : J. Wiley & Sons.
- Schumm, S.A. & Meyer, D.F. (1979). Morphology of alluvial rivers of the great plains riparian and Wetlands habitats of the great plains. *Great Plains Agricultural Council Publication*, 91, 9-14.
- Sear, D.A. (1996). The sediment system and channel stability. In A. Brookes, F.D. Shields Jr. (Eds), *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects* (pp. 149-177). Chichester : Wiley.
- Tisseron, S. (2007). *La résilience*. Paris : PUF.
- Tricart, J. (1965). Observations sur le charriage des matériaux grossiers par les cours d'eau. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, XII, 3-15.
- Visset, L., Cyprien, A.-L., Carcaud, N., Ouguerram, A., Barbier, D. & Bernard, J. (2002). Les prémices d'une agriculture diversifiée à la fin du Mésolithique dans le val de Loire (Loire armoricaine, France). *C.R. Académie des Sciences, Paléontologie humaine et Préhistoire*, 51-58.

Coordonnées de l'auteure :

Nathalie CARCAUD
 UMR ESO, AGROCAMPUS OUEST
 Campus d'Angers
 nathalie.carcaud@agrocampus-ouest.fr