

Impacts des héritages sur un hydrosystème : l'exemple des levées en Loire moyenne et océanique
in *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement*

Impacts des héritages sur un hydrosystème : l'exemple des levées en Loire moyenne et océanique

GARCIN¹ Manuel, CARCAUD² Nathalie, GAUTIER³ Emmanuèle, BURNOUF⁴ Joëlle, CASTANET⁵ Cyril, FOUILLET⁶ Nicolas

1. Introduction

Dans la vallée de la Loire, trois thèmes rassemblent depuis une quelques années décideurs, gestionnaires et chercheurs : la qualité des paysages dits « naturels », les inondations et l'enfoncement du lit. La Loire se caractérise par un régime « immodéré » dont le trait majeur est la formation de fortes crues nées de la conjonction de dépressions méditerranéennes sur le haut bassin et de dépressions océaniques en aval responsables de crues majeures (Dacharry, 1974 et 1996). Plus d'un siècle d'assouplissement hydrologique a fait oublier le risque d'inondation auquel sont soumis environ 400 000 riverains. Pulsations hydrologiques et diversité climatique et morfo-structurale des vals et bassins tributaires sont à l'origine d'une forte hétérogénéité spatiale des formes fluviales, dont dépendent les peuplements floristiques et faunistiques. L'ensemble du système a subi une forte dégradation essentiellement du fait de l'incision du lit mineur, qui a été en s'aggravant depuis une trentaine d'années (plus de 2 m au Bec d'Allier, environ 1,5 m à Orléans, 2,5 m à Ingrandes-sur-Loire par rapport au début du XXème siècle, Gazowski 1994). Ce processus est l'objet de toute l'attention des aménageurs et des décideurs en charge de la gestion de la Loire. Il a été mis sur le compte de l'exploitation excessive de granulats. Toutefois, les études conduites depuis plusieurs années dans le cadre de recherches pluridisciplinaires permettent, par la meilleure connaissance des espaces et des processus, la proposition de " modèles de construction " des Vals en Loire moyenne enrichissant le schéma explicatif de ce phénomène

2. Hydrologie actuelle de la Loire moyenne et océanique

Entre Nevers et Nantes, la vallée de la Loire moyenne et océanique est marquée par la permanence des Vals qui correspondent au lit majeur (Dion, 1934 & 1961, Babonaux, 1970, figure 1). Ces vals peuvent atteindre des dimensions importantes tels le Val d'Orléans (environ 300 km², 8 km de large) ou le Val d'Authion (environ 470 km², 10 km de large, figure 1). Ils sont aujourd'hui pour partie isolés du fleuve par des levées "insubmersibles" et soumis à une forte occupation et pression humaine. La Loire y présente des caractéristiques hydrologiques dépendantes de l'hétérogénéité géologique, morphologique et climatique du bassin versant ainsi que de l'inégale distribution des confluences (Tableau 1). Au total, l'apport des confluences tourangelles du Cher, de l'Indre et de la Vienne double quasiment le débit du fleuve (Tableau 1). De ce fait, les réseaux de confluences majeures donnent à la Loire un régime complexe marqué par trois influences principales (« cévenole », moyenne montagne océanique et plaines/plateaux océaniques) avec des débits pondérés (peu d'écart entre les valeurs moyennes) mais

¹ BRGM, Service Aménagement et Risques Naturel, 3 av Cl. Guillemin BP 6009 45060 Orléans cedex 2

² Université d'Angers, Laboratoire des Sciences de l'Environnement et de l'Aménagement

³ Université de ParisVIII, Laboratoire Pierre Birot, Meudon

⁴ Université de Paris I Panthéon Sorbonne, UMR 7041 ArScAn, Archéologies Environnementales

⁵ Doctorant Université de Paris I UMR 7041 ArScAn Archéologies Environnementales

⁶ INRAP

irréguliers (écarts importants entre les valeurs extrêmes de crue et d'étiage) (Schulé, 2004).

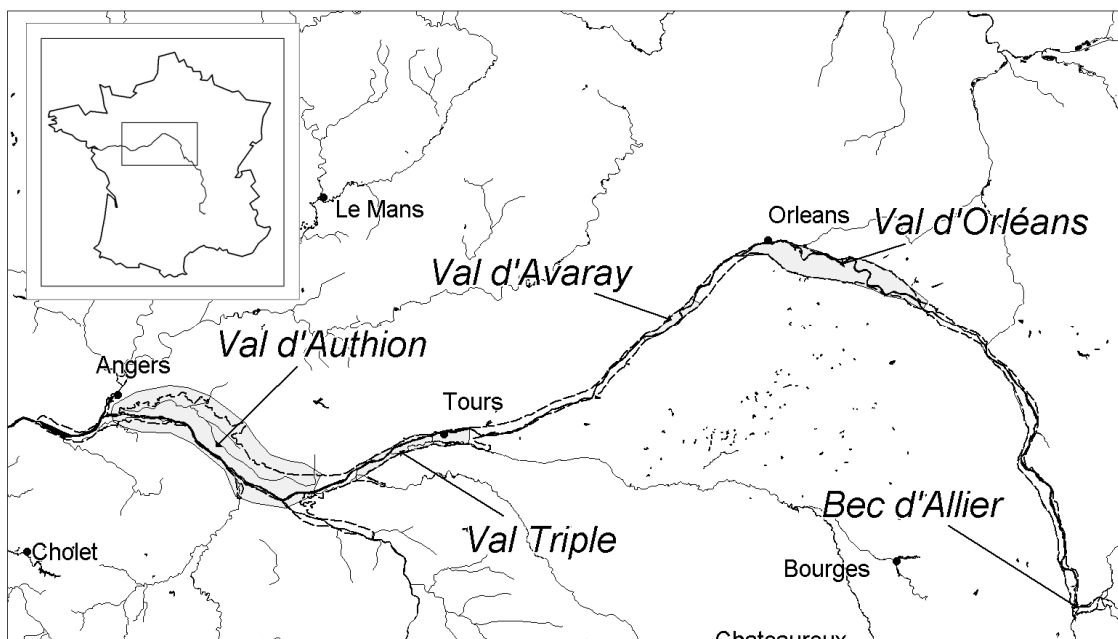


Figure 1 : Principaux Vals et localisations cités

Localité	Module (m ³ /s)	Bassin versant (km ²)	Remarques
Bec d'Allier	320	32 686	Aval de la confluence Loire - Allier
Blois	366	38 300	Pas d'affluent significatif depuis le Bec d'Allier
Saumur	698	81 000	Aval des confluences du Cher, Indre, Vienne
Montjean	884	109 930	Aval du bec de Maine

Tableau 1 : Modules, superficie relative du bassin versant en liaison avec les principales confluences de la Loire Moyenne et Océanique

3. Evolution tardiglaciaire et holocène

3.1. Mémoires environnementales

Le lit majeur de la Loire a échappé au « bétonnage » contemporain du lit fluvial qui affecte la plupart des fleuves ouest-européens (Rhin, Rhône etc.). Les aménagements anthropiques réalisés au cours des deux derniers millénaires y sont encore visibles. Des zones humides diversifiées y persistent et fournissent des enregistrements stratigraphiques, sources de connaissance sur les paléo-environnements et les paléodynamiques fluviales. Cette conservation des vestiges archéologiques et géologiques n'en est pas moins relativement difficile à exploiter du fait de leurs répartitions spatiales non

homogènes. De surcroît, ces archives renseignent sur des périodes de temps certes emboîtées mais différentes. La construction du lit majeur s'est effectuée à l'échelle de dizaines de milliers d'années : c'est le *temps long* de l'hydrosystème fluvial. A contrario, les faits sociaux se sont produits seulement sur les derniers milliers d'années, c'est le *temps court* des sociétés. Pour ces dernières, ces temporalités sont impossibles à intégrer sans l'intervention des spécialistes des études rétrospectives (archéologues, historiens, géographes, géologues etc.)

Dans la vallée de la Loire sont conservées sur plus de 500 kilomètres des digues latérales : « les levées ». La mise en place de ces ouvrages est une entreprise initiée par les sociétés médiévales et poursuivie par les sociétés modernes (Burnouf & Carcaud 2000, Burnouf & Maillard 2003). La généralisation de ces ouvrages depuis 500 ans a créé de nouvelles conditions pour l'hydrosystème et les sociétés. Dans l'état actuel des recherches documentaires on peut distinguer deux grandes phases de mise en place (Burnouf & Maillard 2003). La première dure du Haut Moyen Age jusqu'au XVI^e siècle et correspond à la phase des « turcies ». La seconde voit la mise en place des « levées » de manière quasi systématique. Ces dernières sont des ouvrages plus conséquents que les turcies, dont l'organisation spatiale est plus cohérente et qui sont sans cesse rehaussés par rapport au niveau des hautes eaux jusqu'au XIX^e siècle.

Les raisons qui ont conduit les sociétés à réaliser ces travaux ne sont pas simples à déterminer et restent des hypothèses de travail. Les levées sont à mettre en relation avec le « boom urbain » qui se développe sur le second millénaire et conduit à l'apparition d'une agglomération tout les 25 km en moyenne. Les effets de ce processus d'urbanisation des Vals sont de deux types. Il s'agit d'effets directs comme les aménagements de berges, la création d'ouvrages dans le lit mineur (ponts, épis, duits etc.) mais aussi de conséquences indirectes. Les nouveaux besoins créés par l'existence des sociétés urbaines conduisent à des transformations des activités agricoles dans le lit majeur. On passe de pratiques agricoles compatibles avec le fonctionnement normal de l'hydrosystème, dont les inondations, à un développement de l'agriculture incompatibles avec celles-ci qui conduit à leur mise en protection (Noizet, 2003, Noizet *et al.* 2004). On observe donc une mutation profonde des relations entre les sociétés riveraines et la Loire par le passage progressif d'ouvrages temporaires, discontinus et submersibles (9^{ème} – 11^{ème} siècles) à des aménagements continus et « insubmersibles » (à partir du 15^{ème} siècle) protégeant durablement activités et infrastructures contre les mécanismes d'érosion et d'inondation.

3.2. Les différents modèles d'évolution des Vals

Bien qu'à première vue semblables, les Vals de la Loire moyenne et océanique se révèlent dans le détail beaucoup plus diversifiés dans les modalités de leur mise en place et de leur évolution. Leur traits communs sont un lit mineur souvent fixé en pied de versant, un bourrelet de rive percé de couloirs d'inondation et une dépression latérale, le Val *sensu stricto*. A l'heure actuelle deux modèles principaux d'édification ont été mis en évidence (Burnouf *et al.*, 2003 ; Carcaud *et al.*, 2002).

Le Val d'Avaray

Dans l'étroit Val d'Avaray (1,5 à 2,5 km de large entre Beaugency et Blois, fig.1), la morphologie du fond de la vallée n'est que partiellement acquise au Tardiglaciaire (anté Allerød). Elle est ensuite remodelée par plusieurs phases d'incision, d'érosion partielle des corps sableux pré-existants puis de sédimentation (Garcin *et al.* 1999a,b ; 2001 ; Gourry *et*

al. 2003 ; Négrel *et al.* 2002, 2004). Ces phases sont interprétées comme étant la résultante de la migration et du balayage du lit majeur par le méandre de Saint-Laurent. Cinq stades principaux (A à E) ont été identifiés. Au sein du corps sédimentaire A, le plus ancien et le plus développé, les datations et analyses des sédiments ont permis de dater et de démontrer le diachronisme de ces dépôts. Les principales phases d'incision sont antérieures à l'Allerød, au Boréal et au Subboréal (Garcin *et al.* 1999a,b ; 2001), le tracé du lit vif est instable jusqu'au Subboréal. Ensuite, il se pérennise, les lits majeur et mineur reste encore fréquemment connectés jusqu'à l'édification des levées. Toutefois, dans le Val d'Avaray, la déconnection lit mineur-lit majeur n'est pas absolue car un déversoir a été instauré en amont et la levée rive droite présente une discontinuité dans sa partie aval. Celle-ci est responsable de la création d'un remous hydraulique qui permet l'inondation progressive par l'aval de la plaine d'inondation (Poligot-Pitsch *et al.* 2000). Bien que cette déconnection ne soit pas totale, les modalités du transit des flux d'eau et de sédiments y sont fortement altérées par rapport au fonctionnement antérieur aux levées.

Les Vals de la Loire tourangelle

Dans le Val Triple (Amont de Tours à Saumur, fig.1) quatre étapes principales sont identifiées (Carcaud 2004) : (1) La fin du Weichsélien supérieur et le début du Tardiglaciaire correspondent à une phase d'aggradation durant laquelle la Loire développe un style en tresses. (2) A la transition Tardiglaciaire/Holocène, le lit de la Loire se rétracte et adopte un style fluvial mixte conservant bon nombre d'héritages morphodynamiques. (3) La mise en place de la métamorphose fluviale est lente et s'établit à une échelle de temps multi-millénaire. L'abandon des paléobras de tressage s'étale durant toute la première partie de l'Holocène. Dans les dépressions latérales, une sédimentation vaso-tourbeuse se généralise. Ces trois premières phases correspondent à une lente adaptation de l'hydrosystème au réchauffement climatique postglaciaire. A cette échelle temporelle, la part des sociétés dans la construction des mosaïques fluviales paraît réduite. (4) A partir du Néolithique moyen, la vallée connaît des contrastes hydrodynamiques. Une plus forte dynamique fluviale est constatée entre le Néolithique moyen et la fin de l'Age du Bronze. Elle s'exprime par l'augmentation des vitesses de sédimentation, la disparition des tourbières ou la réactivation des bras secondaires. Le contexte hydrologique redevient plus calme durant l'Age du Fer et l'époque gallo-romaine. Il se traduit par un redéploiement des marais tourbeux et une diminution des vitesses de sédimentation. A partir du Moyen Age, les enregistrements organiques disparaissent et la sédimentation est en grande partie sous contrôle anthropique local (Carcaud 2004).

Nous distinguons deux périodes dans la fin de l'Holocène :

- a) Du Néolithique moyen à la fin de l'âge du Fer la dynamique fluviale résulte des **interactions** entre les facteurs géodynamiques et anthropiques
- b) A partir de l'époque gallo-romaine jusqu'à aujourd'hui, les **forçages** hydrauliques et l'anthropisation du bassin versant deviennent prépondérants dans la dynamique fluviale (Carcaud 2004).

Un val en cours d'étude : le Val d'Orléans

Dans ce premier élargissement du lit majeur ligérien depuis le Bec d'Allier (jusqu'à 8 Km de large) le tracé du lit mineur actuel est méandriforme (« méandres de Guilly ») ce qui est exceptionnel en Loire moyenne. Les chronologies et les processus impliqués dans la construction du Val d'Orléans sont en cours d'étude (Castanet 2003). La transition Tardiglaciaire-Holocène semble s'exprimer par le passage d'un style fluvial en tresses étendu à une grande partie du Val vers celui d'un ou de quelques chenaux assurant la quasi-totalité des écoulements. Les paléochenaux méandriformes identifiés dans la plaine alluviale suggèrent que la migration latérale des chenaux et le recouplement des méandres

ont contrôlé la structuration du Val durant l'Holocène (Castanet 2003). Le linéaire sub-continu des levées dans l'intégralité du Val impose (figure 2) dès le Moyen Age, un lit endigué entre les lits mineur et majeur. Il semble être en partie responsable de l'individualisation d'un chenal unique en cours d'incision.

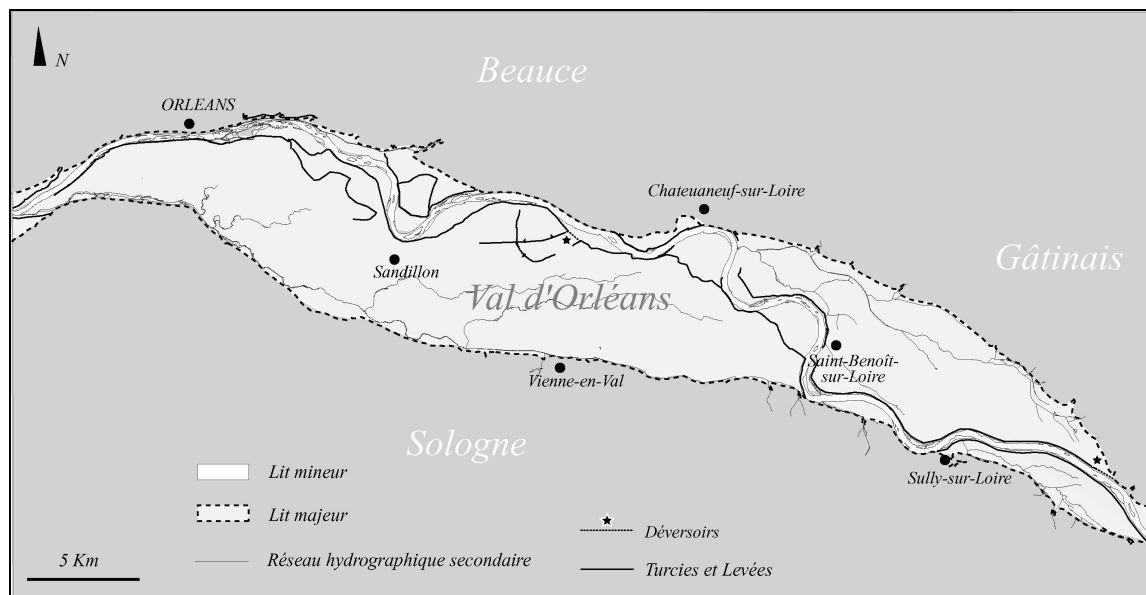


Figure 2 : Le Val d'Orléans : illustration de la réduction du lit majeur par les levées (lit endigué)

4. Conséquences de la présence des levées sur le fonctionnement du fleuve

4.1. Conséquences hydrologiques, aléa et risque

La présence des levées bordant le lit mineur a pour conséquence évidente la déconnexion entre le lit mineur et le lit majeur. Ce lit résultant qualifié de « lit endigué » réduit drastiquement la section d'écoulement ce qui aboutit en période de crue à l'augmentation des vitesses d'écoulement et de la hauteur d'eau. Ceci conduit à une propagation de l'onde de crue beaucoup plus rapide que celle qui aurait prévalu pour un même débit en l'absence de levées. Par ailleurs, la réoccupation du lit majeur par le fleuve ne s'effectue que lors de rupture de levées qui se produisent lors des grandes crues historiques (300 sites de rupture durant les crues du XIX^{ème} siècle entre le Bec D'Allier et Montjean, Halbecq 1996). Alors que l'envahissement progressif du lit majeur par le fleuve s'effectue de manière douce en l'absence de levées, celui-ci s'effectue de façon brutale et avec une très forte énergie depuis leur présence. Les aléas connus pour les périodes anciennes (crues, embâcles et débâcles de glace) sont attestés à la fois par les sources archéologiques et les sources écrites (à partir de la fin du Moyen Age). Ces sources ne nous donnent aucune information sur le fonctionnement *normal* de l'hydrosystème mais nous informent sur les « événements » contraignants pour les sociétés. Pendant les derniers 2000 ans plusieurs changements hydrologiques ont été identifiés par les différents travaux :

- Fin du premier siècle après JC,
- VIème siècle,
- début du IXème siècle
- milieu du XIVème siècle où débute la période de péjoration du Petit Age Glaciaire (PAG) qui durera jusqu'au XIXème siècle.

Au cours de ces périodes les sociétés installées dans la vallée ont tenté de répondre aux récurrences des crues, des inondations et aux autres aléas. A titre d'exemple, les répercussions du PAG en termes d'enregistrement de l'aléa, d'évolution du risque d'inondation et de gestion de la contrainte ont été analysés dans le Val Triple (Audibert 1998, Durrenberger 1999, Lagadic 1999). A Tours, les séries de crues avec inondation observées à la fin du XIVème siècle et les embâcles du début du XVème siècle sont certainement liées à la détérioration climatique du PAG (Bouquet 1998, 2001). Il y donc a probablement augmentation de l'aléa due à la modification climatique du PAG. Cet aléa est encore renforcé par la présence des levées, déjà très étendues avant le XIVème siècle, augmentant ainsi les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau qui conduisent à de violentes ruptures de levées. Enfin, le développement urbain en arrière de ces mêmes levées a augmenté la vulnérabilité conduisant à un *risque renforcé*.

4.2. Conséquences sédimentologiques

En terme sédimentaire, cette déconnexion lit mineur – lit majeur conduit à une diminution des sources potentielles d'alimentation latérale en charge solide. Par ailleurs, l'augmentation de la vitesse entraîne celle de la compétence et donc de la capacité de transport. Le déficit en charge solide et l'augmentation de la capacité de transport conduit logiquement à une tendance à l'incision du lit. Cette tendance a bien sûr été amplifiée par les extractions de granulats réalisées dans le lit vif qui bien qu'aucunement responsable du processus d'incision ont contribué à abaisser le plancher alluvial. L'incision des bras se fait aux dépens de leur largeur et nous assistons alors à la chenalisation progressive des écoulements. Cette chenalisation est déjà visible à travers l'étude des cartes historiques anciennes preuve de l'antériorité du processus par rapport aux extractions massives du XXème siècle.

L'incision des bras principaux a réduit la fréquence et la durée de submersion des autres unités fluviales. On a calculé qu'en Loire moyenne, les chenaux secondaires qui étaient remis en eau jusque dans les années 1970-1980 pour des débits de l'ordre de 300 m³.s⁻¹ (soit environ 6 mois par an), ne sont aujourd'hui submergés que lorsque la Loire atteint 850-900 m³.s⁻¹ (Gautier et al., 2001 et sous presse). La déconnexion entre les annexes hydrauliques et les bras principaux est de plus en plus effective. Enfin, l'incision et l'enfoncement du plancher alluvial a des conséquences directes sur les aménagements anthropiques, notamment le déchaussement des ouvrages qui aboutissent à leur dégradation voire à leur destruction (Pont Wilson à Tours en 1978 par exemple). De surcroît, la déconnexion entre lit mineur et lit majeur ne permet plus le dépôt et le stockage des fines (silts, limons) dans le lit majeur lors des crues. Depuis l'édification des levées, les sédiments fins transitent ou restent stockés temporairement dans le lit endigué donc en grande partie dans le lit mineur. Le spectre granulométrique des sédiments du lit vif de la Loire en est modifié.

4.3. Conséquences écologiques

La modification granulométrique évoquée ci-dessus conduit à la modification des substrats aquatiques ce qui a été préjudiciable à certains écosystèmes très sensibles à leur qualité (Bacchi et al. 1998, 2001). Compte tenu de la facile mise en suspension de la fraction fine des sédiments, la turbidité des eaux est devenue plus forte et cela même pour des débits

faibles. A ces modifications, il faut ajouter la déconnexion des annexes hydrauliques (cf. § précédent) aboutissant à des zones humides qui sont de moins en moins fonctionnelles et même disparaissent. L'assèchement prolongé d'une grande partie du lit est l'une des causes de l'extension de la ripisylve : le taux de croissance annuel du couvert arboré était d'environ 3 ha au cours de la première moitié du 19ème siècle, il est de 7 ha par an depuis les années 1960 (Gautier et *al.*, sous presse, Gautier et Grivel, 2004). Ceci conduit logiquement à un appauvrissement de la mosaïque paysagère (Gautier et *al.* 2000, 2001). Enfin, ces annexes hydrauliques sont nécessaires à la reproduction et ou à la persistance de bon nombre d'espèces aquatiques (Bacchi et *al.* 1998, 2001). Ces modifications du milieu ont des conséquences sur la biodiversité et les écosystèmes ligériens qu'ils soient aquatiques ou terrestres (Berton et Cornier 2003, Grivel et *al.* 2003).

4.4. Conséquences sociales

L'édification puis l'élévation progressive des levées dans l'ensemble de la vallée de la Loire moyenne ont été responsables de la création d'un sentiment progressif de maîtrise et de gestion du risque. Bien que les crues importantes aient toutes démontré la fragilité des levées dont les ruptures répétées ont eu des conséquences parfois catastrophiques, les sociétés se sont obstinées à essayer de les ériger en remparts contre le fleuve. L'absence de grande crue depuis la fin du XIXème siècle a abouti à créer dans un premier temps un sentiment de sécurité par rapport à l'aléa puis dans un second temps à l'oubli collectif de cet aléa. Celui-ci atteint probablement actuellement sa phase paroxysmale comme l'expriment les enquêtes réalisées auprès des habitants des vals (Denèfle 2002) qui n'ont plus conscience d'être en zone inondable et qui en refusent même l'idée. La prise en compte politique de cette déconnexion société-fleuve a conduit le Plan Loire Grandeur Nature à aborder ce problème sous l'angle de la ré-appropriation de la culture du risque par les habitants de ces zones.

5. Conclusion

Depuis plus de trente ans l'érosion du lit de la Loire moyenne et océanique a fait l'objet d'études qui ont pris uniquement en compte les facteurs liés au développement des activités des sociétés du XXème siècle. Or il apparaît, suite à nos recherches, que la cause première de cette incision du lit de la Loire est la réponse de l'hydrosystème à la construction des levées depuis 500 ans. Cette réponse n'apparaît clairement qu'aujourd'hui du fait de la résilience de l'hydrosystème et de son temps de latence. Cette incision correspond à un processus d'adaptation du fleuve aux contraintes imposées qui à l'échelle de temps des sociétés est lent et donc « invisible ». Ce processus d'incision engendré par l'édification des levées a par ailleurs été amplifié par deux autres types d'intervention humaine qui sont venus s'y surimposer :

- les ouvrages de navigation dont l'objectif était de canaliser et de concentrer les écoulements afin de permettre aux bateaux de circuler plus facilement notamment en période d'étiage. Indirectement, la contrainte hydraulique exercée aboutit à la chenalisation, à l'augmentation des vitesses de courant puis à l'incision sur l'axe concerné.
- Les extractions excessives de granulats dans le lit mineur qui ont contribué à abaisser le plancher alluvial.

La question essentielle qui reste posée est la suivante : les effets de l'arrêt depuis quelques années des extractions de granulats dans le lit mineur (processus réversible) seront ils perceptibles et quand ? alors que les fortes implantations humaines dans le lit majeur ne permettent pas de supprimer la cause initiale de l'incision (les levées) et de

rendre au fleuve son espace de divagation naturelle. La réponse à une telle question ne sera envisageable qu'une fois que l'ensemble des processus intervenant dans l'évolution du lit seront finement connus et décrits qu'il s'agisse de processus à long terme (variations climatiques) ou à court terme (occupation du sol, aménagements et autres actions anthropiques). Elle nécessitera alors une approche par modélisation prospective basée sur l'application de scénarios sur l'évolution des conditions du système (hypothèses sur l'évolution climatique future, hypothèses sur les choix des sociétés etc.)

Concernant le risque d'inondations, les sociétés contemporaines doivent assumer un héritage. Les sociétés passées ont enclenché un processus de vulnérabilisation lors de l'édification des turcies puis des levées dès le Haut Moyen-Age modifiant ainsi les conditions d'écoulement. La Loire est dès lors un hydrosystème contraint et fragilisé qui, par la vulnérabilité croissante des sociétés, conduit à l'augmentation des risques. Ceux-ci se sont pleinement exprimés au XVIIIème siècle puis au XIXème siècle lors des grandes inondations historiques. Depuis, l'absence de crues majeures a permis d'occulter dans les esprits la notion d'aléa et de risques.

Nos interprétations démontrent la nécessaire prise en compte des approches rétrospectives et interdisciplinaires à l'échelle de l'Holocène pour comprendre et expliquer l'état actuel du système, ces dernières permettront de définir des clés pertinentes pour la réalisation d'approches prospectives.

Remerciements

Les recherches ont été menées dans le cadre de plusieurs programmes : PCR-SRA Centre "Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges", programme CNRS « Interactions Sociétés-Milieus dans le bassin versant de la Loire », Zone Atelier CNRS "bassin versant de la Loire", PNRZH Loire, projet « Dynamique Fluviale » BRGM.

6. Bibliographie

- Audibert C. (1998) - Les digues de la Loire à la fin du Moyen Age, mémoire de maîtrise, Univ. Tours, 124 p.
- Babonau, Y. (1970) - *Le lit de la Loire : étude d'hydrodynamique fluviale*. Comité des Travaux historiques et scientifiques, Bibliothèque Nationale, Paris, 252 p.
- Bacchi M, Cornier Th., Dieu N., Berton J.P. (2001) - Impacts des actions anthropiques sur le fonctionnement écologique de l'hydrosystème ligérien, Acte du Colloque *Hydrosystème, paysages et territoires*, 6-8 Septembre 2001, Lille, CD Rom.
- Bacchi M, Garcia XF, Berton JP (1998) - Study of the general and functional Loire river typology for a better restoration of the hydrosystem. *Man and River systems Paris 25-27 mars 1998*
- Ballut, C. (2000) - *Evolution environnementale de la Limagne de Clermont-Ferrand au cours de la seconde moitié de l'Holocène (Massif central français)*. Thèse de doctorat de géographie, Université de Limoges, 316 p.
- Bennarous R., Marival M.C. (in press) – La Carpe cette orientale : introductions en France et domestications. *Anthropozoologica*.
- Berton JP., Cornier Th. (2002) - L'impact visuel des composantes de la biodiversité sur les paysages ligériens, *Etudes Ligériennes*, numéro sur Les paysages ligériens, 36-45.
- 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 D.E.A., Tours, 1998.
- Bouquet C. (2001) - La communauté urbaine de Tours à la fin du Moyen-Age, In : *Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges* – Synthèse des résultats du PCR 1996-1999, Coord : N. Carcaud et M. Garcin <http://www.za.univ-nantes.fr/zal/spip.php?rubrique41>
- Burnouf, J. Carcaud, N., Cubizolle, H., Garcin, M., Trément, F., Visset, L. (2003) - Interactions sociétés/milieu dans le bassin versant de la Loire depuis le Tardiglaciaire jusqu'à la période industrielle. In : *T. Muxart Dir., Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Elsevier, 65-77.
- 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 & A.-L. Sanguin Dir., Les fleuves de France Atlantique. Identités, espaces, représentations, mémoires*, L'Harmattan, Paris, 41-56.
- Carcaud, N, Garcin, M., Visset, L., Burnouf, J. (2002) - Nouvelle lecture de l'évolution des paysages fluviaux à

- l'Holocène dans le bassin de la Loire moyenne. In : J.- P. Bravard et M. Magny Dir., *Les fleuves ont une histoire, paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, Errance, Paris, 71-84.
- Carcaud, N. (2004) - *D'espace et de temps : un itinéraire de recherche et d'enseignement sur les anthroposystèmes fluviaux*. Mémoire d'HDR, Univ. Angers, 2 vol., 219 & 216 p., 88 fig..
- Carcaud, N., et al. (2001) - Géoarchéologie de la Loire moyenne et de ses marges. Premiers résultats. Publication en ligne (<http://www.za.univ-nantes.fr/za/spip.php?rubrique41>)
- Castanet, C. (2003) - Le val d'Orléans : dynamique fluviale tardiglaciaire et holocène, interactions entre les facteurs géodynamiques et anthropiques. Mémoire de DEA, Université Paris 1- Rapport BRGM/RP-52552-FR, 2003.
- Dacharry M. (1974) - Hydrologie de la Loire en amont de Gien. Paris, N.A.L., 2 vol., 619 p.
- Dacharry M. (1996) - Les grandes crues historiques de la Loire. *La Houille Blanche*, 6/7 : 47-53.
- Denêfle S. (2002) - La perspective historique de la prévention des risques : évolution des différentes approches du risque. Université Européenne d'été 2002 - *Val de Loire patrimoine mondial " Les grands fleuves du patrimoine mondial : de la crise à la culture du risque "*. Tours 24 octobre 2002.
- Dion R. (1934) - *Le val de Loire, Etude de géographie régionale*, Tours, Arrault (ed.), 752 p.
- Dion R. (1961) - *Histoire des levées de la Loire*, Flammarion (ed.), Paris, 312 p.
- Durrenberger V. (1999) - D'une rive à l'autre de la Loire (les aménagements du lit mineur de la Loire du 11e au 15e siècle dans les sources écrites, de Rochecorbon à Saint-Cyr), mémoire de maîtrise, Univ. Tours, 112 p.
- Garcin M., Giot D., Farjanel G., Kloppmann W., Négrel Ph., Gourry J.C. (1999) - La Loire moyenne au Quaternaire récent dans le Val d'Avaray. *Etudes Ligériennes*, 2, p. 45-49, 4 fig., 1 tab.
- Garcin M., Giot D., Farjanel G. (2001) - Eléments radiochronologiques et palynologiques sur les alluvions du lit majeur de la Loire (Val d'Avaray, Loir et Cher, France). *Quaternaire*, 12, (1-2), 69-88.
- Garcin, M., Giot, D., Farjanel, G., Gourry, J.-C., Kloppmann, W., Négrel, Ph. (1999b) - Géométrie et âge des alluvions du lit majeur de la Loire moyenne, exemple du val d'Avaray (Loir-et-Cher, France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 329, 405-412.
- 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.
- Gautier, E., Burnouf, J., Carcaud, N., Chambaud, F., Garcin M. (sous presse) - Les interrelations entre les sociétés et le fleuve Loire depuis le Moyen Âge. *Tec & Doc*.
- Gazowski Z. (1994) - L'enfoncement du lit de la Loire. *Revue de Géographie de Lyon*, 69/1 : 41-46.
- Gourry J.C., Vermeersch F. Garcin M., Giot D. (2003) - Contribution of geophysics to the study of alluvial deposits. A case study in the Val d'Avaray on the Loire River. *Applied Geophysics*, 54, 35-49
- Grivel S., Gautier E., Chambaud F. (2003) - La Loire des îles : sites d'application d'une approche pluridisciplinaire pour la gestion écologique de l'hydrosystème Loire. Colloque Société Française d'Ecologie Le Bourget du Lac (Université de Savoie), 15 et 16 mai 2003 : Ecologie des zones humides et des milieux aquatiques dulcaquicoles.
- Halbecq, W. (1996) - Approche géomorphologique des brèches dans les levées de la Loire entre le Bec d'Allier et Montjean. Université d'Orléans, mémoire de DEA, 81 p. + annexes.
- Lagadic V. (1999) - Interaction Homme/Milieu : les îles de la Loire à Tours au 14e et 15e siècle, mémoire de maîtrise, Univ. Tours, 135 p.
- Négrel P., Kloppman W., Garcin M., Giot D. (2002) - Strontium isotopic record of signatures of Holocene fluvial sediments in the Loire valley, France. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(5), 849-858
- Négrel P., Kloppman W., Garcin M., Giot D. (2004) - Lead isotope signatures of Holocene fluvial sediments from the Loire River valley. *Applied Geochemistry*, 19, 957-972.
- Noizet, H. (2003) - Pratiques spatiales, représentations de la ville et fabrique urbaine de Tours du IXe au XIIIe siècle : chanoines, moines et laïcs à Saint-Martin et Saint-Julien. Thèse Université de Tours (dir. H. Galinié).
- Noizet, H., Carcaud, N., Garcin, M. (2004) - Rive droite, rive gauche : la Loire et Tours 12ème - 15ème siècles. In *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*, Archéologie et histoire de l'art, 19, 137-155, CTHS Paris
- Poligot-Pitsch S., Dhatt G., Garcin M. (2000) - Modeling of flood by phreatic rising in the "Val d'Avaray", Loire river, France. *Conference Hydroinformatics 2000*, Iowa Institute of Hydraulic Research, University of Iowa, July 2000.
- Schulé, C.-A. (2004) - La Loire fleuve fantasque, CLD (Ed.), Tours.