



HAL
open science

Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du second Holocène : La Charente entre Angoulême et Saintes

Amélie Duquesne

► **To cite this version:**

Amélie Duquesne. Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du second Holocène : La Charente entre Angoulême et Saintes. Histoire. Université de La Rochelle, 2021. Français. NNT : 2021LAROS028 . tel-03708647

HAL Id: tel-03708647

<https://theses.hal.science/tel-03708647v1>

Submitted on 29 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



LA ROCHELLE UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE
EUCLIDE (618)

Laboratoire Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266

THÈSE

présentée par :

Amélie Duquesne

soutenue le 22 octobre 2021

pour l'obtention du grade de Docteur de La Rochelle Université

Discipline : Géographie physique, humaine, économique et régionale

**Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du
second Holocène : La Charente entre Angoulême et Saintes.**

JURY :

Gilles ARNAUD-FASSETTA	Professeur, Université Paris-Diderot, Rapporteur
Nathalie CARCAUD	Professeure, AgroCampus Ouest Angers, Examinatrice
Jean-Michel CAROZZA	Professeur, La Rochelle Université, Directeur de thèse
Vivien MATHE	Maître de Conférences HDR, La Rochelle Université, Co-directeur
Emmanuèle GAUTIER	Professeure, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Examinatrice
Alfredo OLLERO	Professeur, Université de Saragosse (Espagne), Rapporteur
Matthew HATVANY	Professeur, Université Laval (Québec), Examineur

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur Jean-Michel Carozza et mon co-directeur Vivien Mathé pour m'avoir confié ce projet et pour m'avoir fait découvrir de nouveaux champs de recherche. Je vous en suis très reconnaissante. Je remercie particulièrement Jean-Michel Carozza pour sa disponibilité, son soutien permanent, sa patience, sa bienveillance, la qualité de son suivi et ses remarques avisées. Je remercie tout autant Vivien Mathé pour son accompagnement sur le terrain, sa confiance, ses conseils précieux et ses relectures.

Je voudrais ensuite remercier Christine Plumejeaud-Perreau avec qui j'ai travaillé et collaboré pendant ces quatre années de thèse. Je te remercie pour ta disponibilité, ta bienveillance et ta bonne humeur et surtout pour toute l'aide que tu m'as apportée en statistique, en analyse spatiale et en base de données. Je t'en serai toujours reconnaissante.

Je remercie sincèrement Gilles Arnaud-Fassetta, Nathalie Carcaud, Alfredo Ollero, Emmanuèle Gautier et Matthew Hatvany pour avoir accepté de participer au jury de thèse et d'évaluer ce travail.

.....

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes et les institutions qui ont contribué à la bonne réalisation de ce travail par leur soutien financier, technique et/ou scientifique.

Je souhaite tout d'abord remercier le laboratoire LIENSs pour m'avoir accueillie pendant ces quatre ans et avoir mis à ma disposition tout le matériel dont j'avais besoin pour mener à bien l'acquisition des données de terrain et la réalisation des travaux analytiques en laboratoire. Je remercie également l'équipe AGILE pour avoir financé mes missions de terrain et mes participations à divers colloques scientifiques nationaux et internationaux.

Je remercie également tous les membres actuels et anciens du laboratoire LIENSs pour les discussions, les conseils et leur aide technique. Je voudrais remercier notamment Nicolas Lachaussée pour les missions vols drone et Denis Dausse pour l'acquisition et le traitement de données bathymétriques. J'adresse également mes remerciements à Cécilia Pignon-Mussaud et à Claire Sanchez pour m'avoir aidée dans l'utilisation du logiciel ArcGis et également à Luis Gonzalez-Hilario pour m'avoir initiée aux logiciels Spyder et Python.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes et les institutions qui m'ont permis de constituer le corpus de données géohistoriques sur le fleuve Charente utilisé dans le cas de ce travail. En ce sens, je remercie les Archives départementales de la Charente-Maritime et de la Charente ainsi que les Archives municipales de Cognac et à travers elles leur personnel pour leurs conseils et leur disponibilité. Je remercie aussi les Archives municipales de Saintes tout particulièrement Claire Janin pour son aide et sa bienveillance à mon égard. Je voudrais remercier les personnes et structures qui m'ont communiqué un certain nombre de documents en particulier l'EPTB Charente à travers Denis Rousset, Audrey Postic-Puivif et

Stéphane Lemesle, le Département de la Charente-Maritime dont Élodie Libaud et Renan Fressigne, le Département de la Charente en la personne de Jean-François Gracia et la DREAL Nouvelle-Aquitaine à travers Cédric Dugast. J'adresse également mes remerciements à la cartotheque de l'IGN et au service du Patrimoine et Inventaire de Nouvelle-Aquitaine à travers Pascale Moisdon-Pouvreau et Christine Sarrazin qui m'ont permis de compléter le corpus de cartes historiques. Je tiens à remercier Cécile Vincent du Centre d'Étude Biologique de Chizé et Éric Berroneau du centre Météo-France de La Rochelle pour la transmission des séries de données climatiques de plusieurs stations à l'échelle du bassin versant. Je remercie aussi le SRA de la DRAC Nouvelle-Aquitaine à travers Fabien Loubignac, Jean-François Mariotti et Frédérique Juchauld-Zinsner pour la transmission de rapports de fouilles et des données de la BD PATRIARCHE.

Je voudrais remercier les personnes et les organismes qui m'ont autorisée à réaliser les missions de terrain en particulier les mairies des communes de Chaniers, Courcoury, Angeac-Charente et Saint-Simeux et les propriétaires des parcelles sélectionnées.

Au cours de ces quatre années, j'ai eu la possibilité d'encadrer plusieurs stagiaires que je tiens aujourd'hui à remercier. Jessica Kraffe qui a participé à la création de l'Observatoire photographique des paysages du fleuve Charente. Valentine Janouin, Margaux Simonet et Antoine Gebala qui ont contribué à l'alimentation de la base de données de l'Atlas Géohistorique du fleuve Charente. Manon Durand et Clément Loizeau qui ont réalisé une série de prélèvements sédimentaires dans le lit de la Charente sur plusieurs sites. Guillaume Heurtebize pour son aide dans la réalisation d'un inventaire des actions de restauration à l'échelle du bassin versant.

.....

Enfin, je voudrais remercier mes parents, ma famille et mes amis qui ont toujours porté un intérêt à mon travail. Leur soutien inconditionnel, leur écoute et leur patience ont contribué à la bonne réalisation de ce travail. Je leur exprime à jamais toute ma reconnaissance.

Liste des abréviations

ACP	Analyse en Composante Principale
AD	<i>Anno Domini</i> , année après Jésus-Christ
AD16	Archives départementales de la Charente
AD17	Archives départementales de la Charente-Maritime
AN	Archives Nationales
AFMmix	Analyse factorielle multiple mixte
AMS	Accelerator Mass Spectrometry
BC	Before Christ, année avant Jésus-Christ
BD	Base de données
BnF	Bibliothèque nationale de France
BP	Before present
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque de données du sous-sol
Ca	<i>Circa</i> , « environ » terme utilisé pour les dates approximatives
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
cf.	<i>Confer</i> , « se référer à »
CLAM	Classical Age-Depth Modelling of Cores from Deposits
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
DCR	Débit de crise
DDR	Drought Dominated Regime (régime dominé par les étiages)
DGPS	Differential Global Positioning System (GPS différentiel)
DOE	Débit d'Objectif d'Étiage

DRAC	Direction Régionale des Affaires Culturelles
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DW	Dry weight of the sample (poids de l'échantillon sec)
e.g.	<i>Exempli gratia</i> , « par exemple »
EMMA	End-member modelling analysis
EPTB	Établissement Public Territorial de Bassin
EPSG 2154	European Petroleum Survey Group 2154
ERT	Electrical Resistivity Tomography
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière
IRD	Institut de recherche pour le développement
FDR	Flood Dominated Regime (régime dominé par les crues)
i.e.	<i>Id est</i> , « c'est-à-dire »
LiDAR	Light Detection And Ranging
LIENSs	Littoral, ENvironnement et Sociétés
LOI	Loss on ignition
MNT	Modèle Numérique de Terrain
OSL	Optical Simulated Luminescence
PAG	Petit Âge Glaciaire
PAM	Partitioning Around Medoids
PAPI	Programme d'Actions de Prévention des Inondations
PATRIARCHE	PATRImoine ARCHEologique
PIREN	Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement

PostGIS	Spatial and Geographic objects for PostgreSQL
PPRI	Plan de Prévention des Risques d'Inondation
RCC	Rapid Climate Change
RG	Réchauffement global
RGF93	Réseau Géodésique Français 1993
RMSE	Root Mean Square Error (Erreur quadratique moyenne)
RTK	Real Time Kinematic (Cinématique temps réel)
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG	Système d'Information Géographique
SLGRI	Stratégie locale de gestion des risques d'inondation
SOGRÉAH	Société Grenobloise d'Études et d'Applications Hydrauliques
SRA	Service Régional de l'Archéologie
SSP	Service de la statistique et de la prospective
TRI	Territoire à risque d'inondation important
UE	Unité électrique
UMR	Unité Mixte de recherche
US	Unité stratigraphique

Sommaire

Introduction générale.....	9
Partie 1. Contexte scientifique et objet d'étude.....	15
Chapitre 1. Les cours d'eau anastomosés à faible énergie : état des connaissances et des enjeux de recherche.....	17
Chapitre 2. Le bassin versant de la Charente.....	41
Chapitre 3. Enjeux scientifiques, échelles d'analyse et démarches méthodologiques....	57
Partie 2. Rôle des forçages hydro-climatiques et anthropiques sur la dynamique fluviale du fleuve Charente.....	65
Chapitre 4. Démarche méthodologique mise en œuvre pour l'identification des facteurs de contrôle hydro-climatiques et anthropiques à partir de données géohistoriques.....	67
Chapitre 5. Caractérisation du forçage hydro-climatique à travers le rôle des crues depuis le XVIII ^e siècle.....	83
Chapitre 6. Usages et aménagements sur le fleuve Charente depuis le XVIII ^e siècle.....	105
Partie 3. Caractérisation, organisation spatiale, dynamiques d'évolution du fleuve Charente sur la période récente.....	133
Chapitre 7. Démarche méthodologique appliquée pour analyser la dynamique de la mosaïque fluviale du fleuve Charente.....	135
Chapitre 8. Évolution de la mosaïque fluviale du fleuve Charente au cours de la période 1866-2017 : caractérisation, typologie dynamique et trajectoires d'évolution.....	149
Chapitre 9. Caractérisation, typologie et évolution des îles du fleuve Charente au cours de la période 1866-2017.....	169
Partie 4. Architecture sédimentaire de la plaine alluviale charentaise et de ses formes fluviales au cours de l'Holocène.....	187
Chapitre 10. Démarche méthodologique mise en place pour analyser l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale du fleuve Charente.....	189

Chapitre 11. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site d'Angeac-Charente.....	205
Chapitre 12. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site de Chaniers.....	241
Partie 5. Trajectoire d'évolution du fleuve Charente à l'Holocène : modèle d'évolution et facteurs de contrôle.....	267
Chapitre 13. Modèle d'évolution du fleuve Charente à l'Holocène : apports des approches géohistorique, géomorphométrique et stratigraphique.....	269
Chapitre 14. Dynamiques d'évolution du fleuve Charente en réponse aux facteurs hydro-climatique et anthropique et aux héritages géomorphologiques.....	277
Conclusion générale.....	287
Références bibliographiques.....	297
Table des figures.....	335
Table des tableaux.....	341
Table des matières.....	343
Table des annexes.....	353
Annexes.....	355

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Contexte scientifique

Les recherches sur les trajectoires d'évolution des cours d'eau et leur réponse face à la variabilité environnementale, aussi bien anthropique qu'hydro-climatique, se sont focalisées pour l'essentiel sur les grands systèmes fluviaux à moyenne et forte énergie (e.g., Everitt, 1993 ; Winterbottom, 2000 ; Liébault et Piégay, 2002 ; Pišút, 2002 ; Porter et Massong, 2002 ; Rinaldi, 2003 ; Keesstra *et al.*, 2005 ; Tiegs et Pohl, 2005 ; Surian *et al.*, 2009 ; Zawiejska et Wyźga, 2010 ; Ollero, 2010 ; Swanson *et al.*, 2010 ; Aucelli *et al.*, 2011 ; Comiti *et al.*, 2011 ; Perşoiu et Rădoane, 2011 ; Comiti, 2012 ; Kiss et Blanka, 2012 ; Ziliani et Surian, 2012 ; Rădoane *et al.*, 2013 ; Scorpio *et al.*, 2015 ; David *et al.*, 2016 ; Joshi et Jun, 2017 ; Golovlyov *et al.*, 2019 ; etc). Les cours d'eau à faible énergie ont suscité moins de recherches et n'ont été étudiés que très récemment. Les travaux sur ce type de cours d'eau se sont concentrés le plus souvent sur les systèmes fluviaux de taille modeste (e.g., Melun, 2012 ; Dépret *et al.*, 2015 ; Corbonnois *et al.*, 2016 ; Candel *et al.*, 2017 ; Dépret *et al.*, 2017 ; Candel *et al.*, 2018 ; Vayssière, 2018 ; Vayssière *et al.*, 2019 ; Candel, 2020 ; etc.) et sur les cours d'eau ordinaires (e.g., Lespez, 2012 ; Viel, 2012 ; Lespez *et al.*, 2015 ; Lespez *et al.*, 2016 ; Beauchamp *et al.*, 2017 ; Beauchamp, 2018 ; Jugie, 2018 ; etc.). Les cours d'eau de moyenne importance ainsi que les cours d'eau anastomosés sont en revanche rarement étudiés dans cette perspective (Lewin, 2010 ; Słowik, 2011, 2012, 2013, 2015 ; Máčka, 2016 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; Brown *et al.*, 2018 ; Marcinkowski *et al.*, 2019 ; Duquesne *et al.*, 2020). Si ces derniers sont très répandus à l'échelle du globe, leurs spécificités de fonctionnement et de dynamique d'évolution restent encore largement discutées au sein de la communauté scientifique et fortement méconnues des gestionnaires. Leur étude représente donc un enjeu à la fois en termes de connaissances fondamentales et spécifiques pour appuyer les politiques de gestion et le cas échéant de restauration.

Aussi, ce travail se propose d'étudier le fleuve Charente, un cours d'eau de moyenne importance de la façade atlantique française, qui reste jusqu'à présent peu documenté tant au niveau géohistorique, hydrologique, hydrogéomorphologique que géomorphologique. Le fleuve Charente se rattache à la catégorie des cours d'eau à faible énergie (proche ou inférieure à 10 W.m^{-2}) sur la base des travaux de Gurnell et al. (2014) et de Nanson et Croke (1992). Ses capacités d'ajustement et de transport sont donc très réduites ce qui rend ce cours d'eau très sensible à la variabilité environnementale, à la fois hydro-climatique et anthropique. Le fleuve Charente se singularise par une structure à chenaux multiples caractéristique de l'anastomose telle que définie par Nanson et Croke (1992). Le style fluvial évolue d'une anastomose complexe, entre Mansle et Angoulême, à une anastomose moins développée, entre Angoulême et Cognac, caractérisée par une réduction du nombre de chenaux (Duquesne *et al.*, 2020). Le fleuve acquiert ensuite un style à chenal unique à méandres en aval de Cognac jusqu'à son embouchure estuarienne. Ce travail se focalise sur le linéaire fluvial entre Angoulême et Saintes, ce segment étant caractérisé par une rupture du style fluvial et une trajectoire d'anthropisation complexe et n'étant plus sous l'influence de la marée à partir de Saintes.

Les données et les résultats acquis dans le cas de ce travail permettront de mieux prioriser et évaluer les politiques de gestion et de protection et le cas échéant de restauration du

fleuve Charente dans un contexte de changement global. Ils contribueront tout particulièrement à la production de référentiels pour la gestion à l'heure où les gestionnaires se questionnent sur la pertinence des modèles mis en œuvre sur ce type de cours d'eau. Ces modèles ne sont pas adaptés à leurs spécificités de fonctionnement, ces derniers étant généralement la reproduction des modèles appliqués sur des cours d'eau énergiques à forte capacité d'ajustement.

2. Problématiques et objectifs de recherche

Dans ce contexte scientifique, ce travail répond à la problématique suivante :

Comment un cours d'eau à faible énergie répond à la variabilité environnementale tant hydro-climatique qu'anthropique à l'échelle multi-séculaire ?

Cette problématique recoupe trois objectifs de recherche principaux. Le premier est de retracer la trajectoire d'évolution du fleuve Charente à l'échelle multi-séculaire et de déterminer le rôle des forçages anthropiques, des héritages géomorphologiques et de la variabilité hydro-climatique dans sa trajectoire. La notion de « trajectoire d'évolution » (Kondolf et Larson, 1995) mobilisée ici sous-entend à la fois une multiplicité des niveaux d'étude (i.e., formes fluviales, styles fluviaux, variables hydro-sédimentaires, etc.) et une complexité des échelles spatiales et chronologiques d'analyse. Le deuxième objectif propose d'expliquer l'origine et le maintien d'un style fluvial atypique, l'anastomose, présent uniquement sur la section amont (Angoulême-Cognac) du linéaire étudié. Toutefois, l'anastomose est reconnue par les gestionnaires exclusivement sur la section supérieure du cours d'eau, entre Angoulême et Mansle, et sur quelques uns de ses affluents, situés hors emprise de la zone d'étude (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2016). Cette spécificité paysagère attribuée à l'anastomose est jusqu'à présent aussi bien méconnue des gestionnaires du cours d'eau que de la communauté scientifique et suscite des interrogations sur l'origine et le maintien de ce style fluvial singulier dans un contexte de forte anthropisation. Enfin, le dernier objectif est d'expliquer l'origine de la rupture du style fluvial à Cognac et la transition anastomose/méandrage.

3. Démarche méthodologique

Pour répondre aux objectifs préalablement fixés et apporter une dimension appliquée à la notion de « trajectoire d'évolution », la démarche méthodologique s'appuie sur la complémentarité entre approche géohistorique, géomorphométrique et géomorphologique. Le volet géohistorique porte sur l'identification et l'analyse des facteurs de contrôle hydro-climatique (e.g., les crues) et anthropique (e.g., la navigation, les moulins à eau, etc.) sur la période récente (1700-Actuel) à partir de l'étude d'un vaste corpus de documents géohistoriques (i.e., archives textuelles, cartes historiques, presse locale et régionale, données photographiques, séries climatiques). Le volet géomorphométrique s'est appuyé sur une approche quantitative basée sur la description géomorphométrique de la plaine alluviale et de son organisation à partir de plusieurs échelles spatiales (i.e., linéaire, zone homogène et tronçon) et objets d'études (i.e., chenaux et îles). L'ensemble a permis de caractériser et d'analyser la

dynamique de la mosaïque fluviale entre 1866 et l'Actuel. Le dernier volet repose sur l'acquisition de données de terrain (topographie, carottage, tomographie de résistivité électrique, bathymétrie) et de données analytiques (i.e., perte au feu, granulométrie laser, datation ¹⁴C) à l'échelle de deux sites d'étude (Angeac-Charente et Chaniers-Courcoury) afin de documenter l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes (i.e., les îles) et de renseigner les processus de remplissage des paléochenaux. Ce dernier volet permet également de proposer des scénarii d'évolution propres à la section amont anastomosée et à la section aval à méandres sur les derniers millénaires.

4. Organisation du mémoire

Ce travail se décompose en cinq parties subdivisées en quatorze chapitres.

La première partie définit le contexte scientifique et conceptuel de ce travail. Le chapitre 1 dresse une revue des travaux antérieurs sur la morphologie et la dynamique des cours d'eau à faible énergie et plus particulièrement des cours d'eau dits « à anastomoses » afin de démontrer l'intérêt majeur de travailler sur ce type de cours d'eau à la fois en termes de connaissances fondamentales, de trajectoires d'anthropisation et d'implications dans la restauration des chenaux anastomosés. Le chapitre 2 documente le cadre géographique à deux échelles spatiales : à l'échelle du bassin versant afin d'affiner les connaissances sur l'organisation géologique, le contexte climatique, l'occupation du sol actuelle et le réseau hydrographique ; et à l'échelle du fleuve Charente afin de mettre en évidence ses spécificités liées au régime hydrologique et à la description de la mosaïque fluviale. Le chapitre 3 expose les enjeux scientifiques de ce travail, la problématique et les objectifs de recherche ainsi que la démarche méthodologique mise en œuvre pour y répondre.

La deuxième partie est consacrée à l'identification et à la caractérisation du rôle des facteurs hydro-climatique à travers l'analyse des crues et anthropique à partir de l'étude des usages anciens et de leurs aménagements sur la période récente (1700-Actuel). Ce travail a donné lieu à une publication spécifique dans la revue *Physio-Géo* (Duquesne et Carozza, 2019). Le chapitre 4 expose la démarche d'acquisition, de traitement et de valorisation des données géohistoriques sur les crues ainsi que sur les usages et leurs aménagements. Le chapitre 5 propose de retracer la géohistoire des crues du fleuve Charente par l'analyse de leur fréquence, de leur intensité et de leur saisonnalité. Les chroniques de crues et leur périodisation sont confrontées aux travaux paléoclimatologiques, dendrochronologiques et historiques afin de dégager l'influence de la variabilité climatique. Le chapitre 6 propose une synthèse des connaissances sur les modalités d'occupation du sol au niveau du bassin versant et des usages anciens et de leurs aménagements à l'échelle du cours d'eau susceptibles d'impacter la dynamique fluviale sur la période récente.

La troisième partie porte sur la caractérisation et l'évolution de la dynamique de la mosaïque fluviale de la Charente sur la période récente (fin XVII^e-Actuel) à partir des cartes historiques et récentes. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans la revue *Géomorphologie : relief, processus et environnement* (Duquesne *et al.*, 2020) et d'un chapitre d'ouvrage accepté aux Presses Universitaires du Midi (Duquesne *et al.*, 2021, sous presse). Le chapitre

7 revient sur le volet méthodologique mis en œuvre pour l'acquisition et le traitement des documents cartographiques sous SIG. Le chapitre 8 détaille les résultats de l'analyse quantitative descriptive de la géomorphométrie de la plaine alluviale du fleuve Charente et de son organisation sur la période 1866-Actuel complétée par une analyse qualitative de cartes anciennes sur la période 1689-1866. Le chapitre 9 caractérise la morphologie, l'organisation spatiale et la dynamique d'évolution des îles fluviales de l'anastomose charentaise sur la période 1866-Actuel.

La quatrième partie propose une caractérisation de l'architecture de la plaine alluviale et de ses formes fluviales à l'échelle de sites, l'un situé sur la section anastomosée et l'autre localisé sur la section à méandres. Le chapitre 10 détaille ainsi la démarche d'acquisition, de traitement et d'interprétation des données de terrain. Le chapitre 11 présente les résultats topographiques, géophysiques, stratigraphiques et chronologiques acquis au droit du site de Chaniers-Courcoury en se focalisant sur les modalités de construction de la plaine alluviale. Le chapitre 12 expose quant à lui les résultats topographiques, géophysiques, stratigraphiques et chronologiques obtenus sur le site d'Angeac-Charente en se concentrant sur les paléochenaux et leur évolution post-abandon analysée à partir des faciès sédimentaires.

La cinquième partie propose une synthèse et une discussion des résultats obtenus au regard des objectifs de recherche préalablement définis. Le chapitre 13 propose de restituer un modèle d'évolution du fleuve Charente à deux échelles chronologiques, sur les derniers millénaires par l'étude des archives sédimentaires et sur les trois derniers siècles par l'analyse des cartes anciennes et récentes. Le chapitre 14 met en évidence les modalités de réponse du fleuve Charente, cours d'eau à faible énergie à dominante anastomosée, face à la variabilité environnementale tant climatique qu'anthropique. Ces recherches discutent notamment le rôle des sociétés anciennes en particulier des usages liés à la navigation et à la petite hydraulique dans les ruptures de la trajectoire d'évolution du fleuve Charente.

PARTIE 1

CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET OBJET D'ÉTUDE

Chapitre 1. Les cours d'eau anastomosés à faible énergie : état des connaissances et des enjeux de recherche

1. Introduction

Ce chapitre expose le contexte scientifique dans lequel s'insère ce travail sur les cours d'eau anastomosés, un type particulier d'anabranches à faible énergie, et plus spécifiquement sur le fleuve Charente. Après être brièvement revenu sur les concepts structurants de la géomorphologie fluviale, un état de la recherche sur la typologie des cours d'eau est exposé afin de replacer les cours d'eau à faible énergie parmi cette thématique de recherche. La caractérisation et la typologie des cours d'eau à faible énergie sont ensuite discutées. Enfin, une revue synthétique internationale de la recherche sur les anastomoses est présentée afin de revenir sur la définition, la structure fluviale, les conditions de formation et les dynamiques d'évolution de l'anastomose. Ce travail cherche ici à montrer les spécificités propres à l'anastomose ainsi que les enjeux de recherche qu'elle représente en termes de connaissance et de restauration.

2. Système fluvial et hydrosystème

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'une approche systémique, dynamique et hiérarchisée des cours d'eau à travers les concepts structurants de système fluvial (Schumm, 1977) et d'hydrosystème fluvial (Amoros et Petts, 1993) (fig. 1).

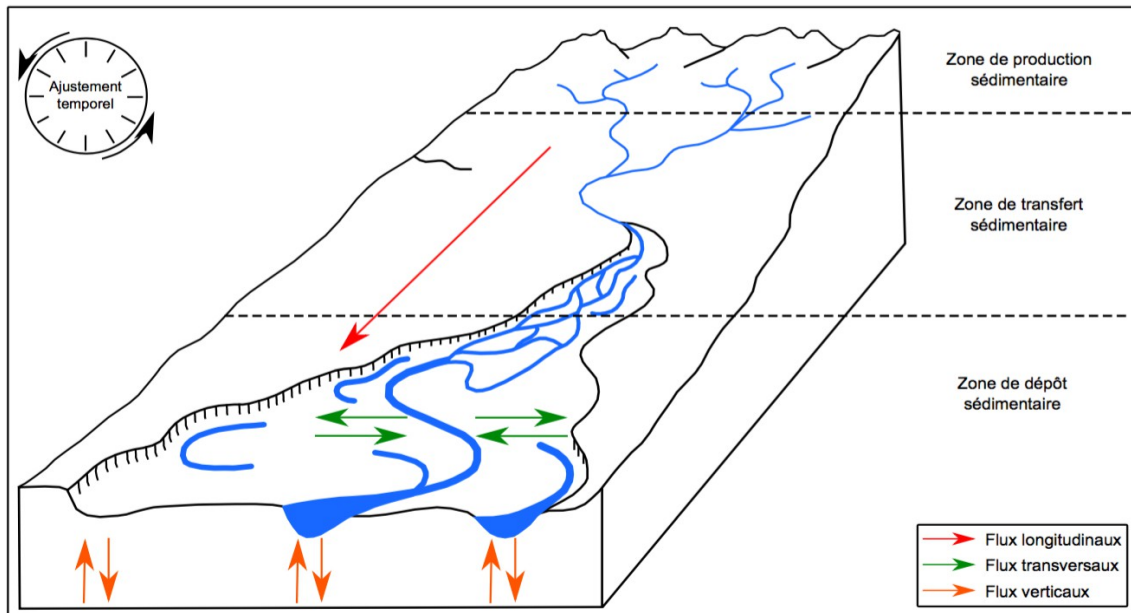


Fig. 1 – Le système fluvial (d'après Schumm, 1977) et l'Hydrosystème (d'après Amoros et Petts, 1993).

Le concept de système fluvial, introduit par Hack (1960) et Chorley (1962) et formalisé par Schumm (1977), décrit les inter-relations entre le cours d'eau et son bassin versant. Ce concept repose sur une approche longitudinale du système fluvial. Elle s'organise selon un gradient amont/aval entre les entités morphologiques (i.e., plaine d'inondation, chenal) et

les processus (i.e., les flux de matière, eau et sédiment). L'écoulement des flux y est appréhendé de manière unidirectionnelle : augmentation du débit brut, de la profondeur, de la largeur et de la température des eaux vers l'aval ; à l'inverse, réduction de la pente, de la granulométrie des sédiments, des vitesses de courant et de l'oxygénation vers l'aval. D'un point de vue conceptuel, Schumm (1977) propose une sectorisation du bassin versant en trois zones déterminées par des processus distincts : 1) une zone de production de la charge alluviale située dans la partie supérieure du bassin versant dominée par des processus d'érosion ; 2) une zone de transfert des flux de matière vers la plaine alluviale localisée dans la partie médiane du système caractérisée par un équilibre entre érosion et sédimentation ; et 3) une zone de stockage située dans la partie inférieure du bassin versant dominée par des processus de sédimentation à l'origine de la formation de deltas et plaines alluviales (fig. 1).

Les travaux du PIREN-Rhône (1978-1993) ont fait émerger le concept d'hydrosystème afin d'inclure une dimension écologique et une approche tri-dimensionnelle des flux (fig. 1). Ce concept est repris et formalisé par Amoros et Petts (1993). Il désigne les inter-relations entre le chenal et ses annexes (terrestres, aquatiques, interstitielles) et les flux de matière (i.e., eau et sédiment) au sein de la plaine alluviale. L'hydrosystème s'organise en quatre dimensions, trois d'ordre spatial et une d'ordre temporel : 1) une dimension longitudinale associée aux flux de matière de l'amont vers l'aval ; 2) une dimension transversale correspondant aux échanges liés à la connectivité latérale entre le lit mineur et sa plaine d'inondation et les annexes fluviales (i.e., bras morts...) ; 3) une dimension verticale caractéristique des échanges entre le cours d'eau et l'aquifère fluvial, la nappe phréatique ou encore l'atmosphère et enfin 4) une dimension temporelle qui renvoie au caractère dynamique et à l'évolution des cours d'eau dans le temps à court, moyen et long terme, de l'évènement ponctuel et bref, dans le cas d'évènements climatiques extrêmes (e.g., crues, sécheresses, coulées de boue...) ou encore d'interventions humaines (e.g., navigation fluviale, utilisation de la force motrice de l'eau, extraction de granulats...), à des processus dont l'action se déroule sur un temps très long (e.g., aggradation, incision, progradation, etc.). L'hydrosystème n'est donc pas seulement une entité spatiale et/ou écologique, il est également le produit de la coévolution entre société et milieu. Il est alors qualifié « d'anthroposystème » (Lévêque *et al.*, 2003). Lévêque (2016) le définit ainsi comme un système hybride constitué d'un sociosystème et d'un écosystème naturel et/ou artificialisé au sein d'un espace donné évoluant dans le temps.

Le croisement des concepts de système fluvial et d'hydrosystème fluvial permet l'étude du cours d'eau à l'échelle du tronçon à la fois au sein de la plaine alluviale et du bassin versant, mais ces deux approches se limitent à une dimension théorique. Les discontinuités longitudinales mises en évidence par Schumm (1977) revêtent un caractère abstrait et sont en réalité multifactorielles : héritage géologique, lithologie et physiographie du bassin versant, morphologie du fond de vallée (i.e., pente, largeur et nature des alluvions), importance des confluences, nature et densité de la végétation riveraine ou encore modification du style fluvial liée aux variations hydriques et sédimentaires du cours d'eau en réponse aux interventions anthropiques et aux changements climatiques majeurs (Malavoi et Bravard, 2010). Ces discontinuités de nature diverse soulignent l'existence de tronçons homogènes le long du continuum fluvial amont-aval. Il est possible d'appliquer une approche de sectorisation-typologie à des fins de gestion, d'évaluation ou de restauration des cours d'eau (Schmitt, 2001).

3. Typologie des cours d'eau : état de la recherche

La thématique de la typologie des cours d'eau a fait l'objet de nombreux travaux de recherche (e.g., Leopold et Wolman, 1957 ; Schumm, 1968, 1985 ; Nanson et Croke, 1992 ; Rosgen, 1994 ; Brierley *et al.*, 2002 ; etc.) et de synthèses bibliographiques à visée rétrospective ou prospective (e.g., Mosley, 1987 ; Wasson, 1989 ; Kondolf *et al.*, 2005 ; Buffington et Montgomery, 2013 ; Gurnell *et al.*, 2014 ; etc.). À partir de ces travaux, il s'agit ici de revenir sur les éléments essentiels de l'approche de sectorisation-typologie des cours d'eau afin de mieux comprendre le contexte de recherche dans lequel s'insère ce travail sur les cours d'eau anastomosés à faible énergie. Le terme de « typologie » est ici employé afin de conserver la terminologie la plus souvent utilisée. Il désigne à la fois la méthode de découpage des cours d'eau et son résultat.

Au sein de la littérature scientifique, il existe de nombreuses propositions de typologies des cours d'eau. Elles se distinguent selon leurs objectifs (e.g., description morphologique, aide à la décision, évaluation d'impacts d'aménagement, restauration, etc.), le contexte géographique (e.g., type de milieu, superficie, etc.), le cadre opérationnel (e.g., gestion des biocénoses, évaluation de la qualité physique du cours d'eau, restauration du cours d'eau, etc.), la discipline scientifique (e.g., hydro-géomorphologie, écologie, phyto-écologie, ichtyologie, etc.) et leurs échelles spatiales (e.g., éco-région, réseau hydrographique, plaine alluviale, tronçon, sous-tronçon, segment, faciès, sous-faciès, ambiance, micro-habitat) (Schmitt, 2001 ; Schmitt *et al.*, 2007).

Aucune typologie universelle n'a été produite (Kondolf *et al.*, 2005). Si, la typologie de Rosgen (1994, 1996) permet une approche typologique des cours d'eau en milieu tempéré, mais elle comporte des limites dans son utilisation (e.g., combinaison de variables de contrôle et de réponse, réalisation de mesures de terrain, absence de contextualisation spatio-temporelle (Miller et Ritter, 1996 ; Brierley et Fryirs, 2000 ; Malavoi et Bravard, 2010).

Les premières typologies s'appuient uniquement sur une approche descriptive et dans certains cas prédictive du tracé en plan des chenaux (e.g., Leopold et Wolman, 1957 ; Molard, 1973 ; Brice, 1975 ; Rust, 1978 ; Schumm, 1981, 1985 ; Church, 1992 ; Nanson et Knighton, 1996 ; etc.) (fig. 2A-C). Les travaux fondateurs de Leopold et Wolman (1957) déterminent ainsi trois types de cours d'eau sur la base de la relation entre la pente et le débit : les cours d'eau rectilignes (*straight*), méandriformes (*meandering*) et en tresse (*braided*). Cette troisième catégorie regroupe un vaste corpus de cours d'eau multi-chenaux (e.g., cours d'eau à anabranches et à anastomoses) qui n'ont pas fait l'objet ici d'une reconnaissance explicite. Cette typologie constitue une base de départ importante de la recherche, mais la grande variété des styles fluviaux reconnus aujourd'hui démontre les limites de son utilisation (Knighton, 1984 ; Nanson et Croke, 1992 ; Gurnell *et al.*, 2014). Ces travaux pionniers ont ensuite été revus et affinés suite à l'identification de nouveaux styles fluviaux en particulier les cours d'eau anastomosés (*anabranching*) (Schumm, 1968 ; Rust, 1978 ; Smith et Smith, 1980 ; Schumm, 1981 ; Brice, 1984 ; Ferguson, 1987 ; Nanson et Croke, 1992 ; Maska, 2001), les cours d'eau vagabonds (*wandering*) (Desloges et Church, 1989) et plus généralement les cours d'eau à anabranches (Nanson et Knighton, 1996).

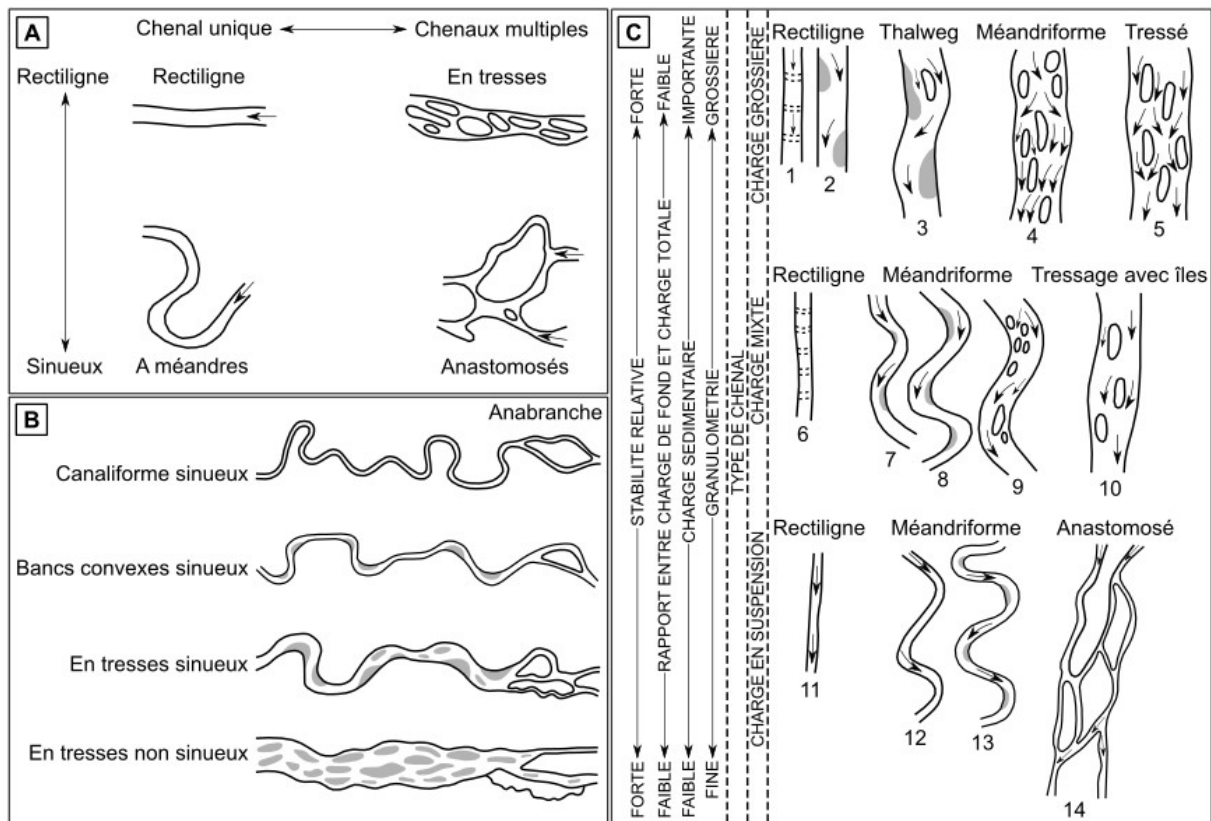


Fig. 2 – Classification des styles fluviaux intégrant les cours d'eau anastomosés.

A : Classification des styles fluviaux d'après Rust (1978) ; B : Classification des styles fluviaux d'après Brice (1984) ; C : Classification des styles fluviaux d'après Schumm (1981, 1985).

Un certain nombre d'auteurs ont également pointé une discontinuité des styles fluviaux le long du gradient longitudinal en lien avec les caractéristiques hydrogéomorphologiques du cours d'eau (Schumm, 1977 ; Vannote *et al.*, 1980). La morphologie de la structure fluviale évolue selon le débit à plein bord, la pente, la puissance spécifique, la granulométrie, du développement de la ripisylve ou encore en fonction de facteurs externes (Leopold et Wolman, 1957) (cf. supra).

La focalisation sur le critère du tracé en plan (style fluvial, sinuosité, multiplicité des chenaux) fait ressortir deux types d'approche descriptive : une approche quantitative et une approche conceptuelle (Buffington et Montgomery, 2013). La première différencie les styles fluviaux à partir de diverses variables (e.g., pente, puissance fluviale, granulométrie, charge sédimentaire, etc) pour lesquelles des valeurs seuils ont été fixées (Leopold et Wolman, 1957 ; Ferguson, 1987 ; Beechie *et al.*, 2006 ; etc.). Elle inclut une dimension prédictive et évaluatrice du style fluvial dans le cas d'éventuelles modifications morphologiques attribuées à une perturbation climatique ou anthropique. Son application est limitée aux chenaux des rivières alluviales. La deuxième se base quant à elle sur des modèles théoriques dont l'objectif est de comprendre les facteurs de contrôle potentiels de la morphologie du chenal et sa réponse face aux variations des flux hydriques et sédimentaires (Schumm, 1963, 1977, 1981, 1985 ; Brice, 1982 ; Rosgen, 1994 ; Church, 2006) (fig. 2A-C). Mais, elles ont une visée qualitative et leur application se focalise sur les cours d'eau de plaine.

Initialement focalisées sur les chenaux, diverses approches typologiques intègrent les interactions chenal-plaine alluviale (Buffington et Montgomery, 2013) appréhendées à partir de trois approches : 1) morphologique à des fins descriptives (e.g., Lewin, 1978) ; 2) spécifique en réponse à des projets d'aménagement des chenaux et/ou de la plaine alluviale (e.g., Kellerhals *et al.*, 1972, 1976 ; Galay *et al.*, 1973) et 3) génétique basée sur les processus (e.g., Melton, 1936 ; Nanson et Croke, 1992 ; Brierley et Fryirs, 2005).

Les travaux sur la typologie des cours d'eau reposent sur une large gamme de critères de discrimination : la pente, le tracé en plan, la puissance spécifique, la morphologie du lit mineur et/ou du fond de vallée, la charge solide ou encore la granulométrie des fonds (Kondolf *et al.*, 2005). Une grande majorité d'entre eux détermine leur système de typologie sur la base de la puissance spécifique (Schmitt *et al.*, 2001). Cette dernière est considérée comme le meilleur critère de discrimination des styles fluviaux (Kondolf, 1995 ; Newson *et al.*, 1998) en raison de son caractère généralisable à différentes échelles spatiales du système fluvial (e.g., Ferguson, 1981, 1987 ; Knighton et Nanson, 1993 ; Van den Berg, 1995), des plaines alluviales (e.g., Nanson et Croke, 1992 ; Bravard et Peiry, 1999 ; Ferguson et Brierley, 1999 ; etc) ou encore d'ensembles géographiques régionaux (e.g., Petit, 1995 ; Schmitt *et al.*, 2001). L'interprétation de ce type d'approche par la puissance spécifique se heurte néanmoins à plusieurs limites : dépendance de l'équation vis-à-vis d'autres variables (pente, largeur à pleins bords, géométrie du lit mineur), grande variété des méthodes de calcul utilisées (e.g., estimation du débit), imprécision des limites de classes face à l'absence de valeurs seuils et diversité des contextes géographiques sur lesquels sont appliquées ces méthodes, nécessité d'inclure des variables supplémentaires (Smith *et al.*, 2001). Nanson et Croke (1992) proposent une classification génétique des plaines alluviales sur la base de la puissance spécifique et de huit autres critères de discrimination supplémentaires (e.g., granulométrie des fonds, charge solide, tracé en plan). Ils déterminent trois types principaux : 1) les plaines alluviales non cohésives à forte énergie ($> 300 \text{ W.m}^{-2}$), 2) les plaines alluviales non cohésives à énergie modérée ($10\text{-}300 \text{ W.m}^{-2}$) et 3) les plaines alluviales cohésives à faible énergie ($< 10 \text{ W.m}^{-2}$). Le fleuve Charente présente des caractéristiques similaires aux plaines alluviales à faible énergie (cf. infra) définies par Nanson et Croke (1992). Mais, leur définition reste encore très discutée au sein de la littérature scientifique.

4. Cours d'eau à faible énergie

4.1. Caractérisation des cours d'eau à faible énergie

Les cours d'eau à faible énergie sont un objet d'étude difficile à définir. Le terme lui-même pose la question du seuil à partir duquel un cours d'eau peut être considéré comme « à faible énergie ». De nombreux auteurs ont proposé d'utiliser comme critère la puissance spécifique, i.e. la capacité de travail d'un cours d'eau (Bravard et Petit, 1997). Brookes (1988), Orr *et al.* (2008) ou encore Dépret *et al.* (2015) proposent alors un seuil de puissance spécifique entre 25 et 35 W.m^{-2} , en-dessous duquel les réajustements du chenal sont limités. La faiblesse de ce seuil est attribuée à la modestie des valeurs de pente des chenaux et de leur largeur. Candel (2020) suggère quant à lui d'abaisser ce seuil à 10 W.m^{-2} à partir des travaux de Gurnell *et al.* (2014) et de Nanson et Croke (1992). La relation d'interdépendance de

la puissance spécifique avec diverses variables (e.g., la pente, la largeur à plein bord, la géométrie du lit mineur) conduit Candel (2020) à prendre en compte le rapport largeur/profondeur (≤ 10) et le débit de plein bord ($\leq 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) dans l'identification des cours d'eau à faible énergie. Cette approche est très réductrice, mais elle permet de ne pas inclure certains grands cours d'eau caractérisés par la très grande étendue de plaine alluviale dans la typologie des cours d'eau à faible énergie (e.g., le Brahmapoutre aval). Ce type de cours d'eau est très répandu en particulier en Australie (e.g., Barwon, etc.), aux USA (e.g., Milk River, etc.), au Canada (e.g., Pembina, etc.) et au Pays-Bas (e.g., Dommel, Drentsche Aa, etc.), y compris le long de la façade atlantique française (e.g., la Charente, le Cher, la Vilaine, le Loir, l'Huisne, etc.).

Les cours d'eau à faible énergie sont caractérisés par une stabilité des formes fluviales dans le temps en raison d'une capacité d'ajustement naturel limitée par la faiblesse des puissances spécifiques et/ou la forte cohésion des berges d'où leur extrême vulnérabilité face aux interventions anthropiques à l'échelle du bassin versant (e.g., modification de l'occupation du sol, aménagement de barrages, etc.) et du cours d'eau (e.g., la navigation, la petite hydraulique, le contrôle des crues, etc.). Bien qu'ils présentent des trajectoires historiques et d'anthropisation divergentes expliquées par les spécificités du contexte géographique et des sociétés qui les ont aménagés, les cours d'eau à faible énergie de la façade atlantique française tendent à observer une trajectoire historique similaire (Lespez, 2012 ; Brown *et al.*, 2018) : 1) une phase ancienne d'aménagement du bassin versant attribuée au développement des pratiques agro-pastorales (e.g., agriculture à jachère, culture attelée légère) et de prélèvement de bois amorcée au milieu du Néolithique et renforcée à l'Âge du Bronze ; 2) une phase d'aménagement hydraulique amorcée à partir du haut Moyen Âge ; 3) une phase d'aménagement massif au cours de la période moderne attribuée à la navigation commerciale (e.g., curage du chenal et entretien des berges, installation d'écluses, aménagements portuaires, rectification, etc.) et à la petite hydraulique (i.e., dérivation, canaux et fossés de drainage, aménagements hydrauliques : seuils, barrages, biefs, chaussées, etc.) ; 4) une phase de déclin et/ou d'arrêt des usages traditionnels (i.e., navigation fluviale, petite hydraulique, usages agro-pastoraux, pêcheries, etc) entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle et 5) une phase récente de réappropriation de ces systèmes fluviaux par de nouveaux usages (i.e., navigation de plaisance, activités récréatives et sportives de plein air, usages de détente) à partir de la fin du XX^e siècle.

À l'image des autres cours d'eau européens, ce type de cours d'eau est sujet à une dégradation générale de son état écologique : pollution des eaux, faible continuité écologique et sédimentaire, altérations morphologiques et hydrologiques, etc. La reconquête de la qualité des cours d'eau est un des enjeux majeurs de ces vingt dernières années avec l'évolution de la réglementation en particulier la Directive-Cadre sur l'Eau (2000). Elle se traduit par la mise en œuvre d'actions directes sur le cours d'eau afin de restaurer la dynamique fluviale et les fonctionnalités écosystémiques naturelles (Petts, 1989 ; Soar et Thorne, 2001). Les pratiques de restauration se heurtent en revanche à un déficit de connaissances scientifiques (incertitudes sur le fonctionnement écologique et sur la trajectoire historique des cours d'eau), à la faible présence de programmes interdisciplinaires et au manque de retours d'expériences (Candel, 2020).

Au sein des cours d'eau à faible énergie à l'échelle française, l'attention s'est jusqu'à présent surtout portée sur les *cours d'eau ordinaires*. Ils se distinguent par la modestie de la taille de leur bassin versant (i.e., $\leq 2000 \text{ km}^2$) et de leur dimension (i.e., largeur $\leq 10 \text{ m}$, profondeur $\leq 3 \text{ m}$) (Lespez, 2012 ; Lespez *et al.*, 2017). Ce sont des systèmes fluviaux ordinaires à faible énergie (5 W.m^{-2} à 30 W.m^{-2}), non domaniaux, caractéristiques de l'ouest de la France (Lespez *et al.*, 2016 ; Lespez *et al.*, 2017). Ils se développent au sein de plaines aux berges limoneuses et cohésives (Nanson et Croke, 1992) à dominante agricole et rurale (e.g., les cours d'eau normands : la Seulles, la Hague, la Dive, etc.) (Lespez, 2012 ; Viel, 2012 ; Viel *et al.*, 2013 ; Lespez *et al.*, 2015 ; Beauchamp *et al.*, 2017 ; Beauchamp, 2018) ou périurbaine (e.g., l'Yerres Aval, la Mérantaise) (Melun, 2012 ; Jugie, 2018).

Les cours d'eau à faible énergie ont suscité peu de recherches contrairement aux systèmes fluviaux à plus forte énergie (puissance spécifique supérieure à 35 W.m^{-2}). Cependant, les recherches sur les cours d'eau à faible énergie se sont multipliées en Europe suite à la multiplicité des enjeux qu'ils représentent en termes de connaissances scientifiques et de pratiques de restauration en lien en particulier avec les opérations de désaménagement et de restauration de la qualité de l'eau. En revanche, les travaux scientifiques se focalisent essentiellement sur la catégorie des cours d'eau à chenal unique (Dépret *et al.*, 2015 ; Corbonnois *et al.*, 2016 ; Candel *et al.*, 2017 ; Dépret *et al.*, 2017 ; Candel *et al.*, 2018 ; Vayssière, 2018 ; Vayssière *et al.*, 2019 ; Candel, 2020). Ce n'est que très récemment que des travaux se sont intéressés aux anastomoses européennes (Lewin, 2010 ; Słowik, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 ; Máčka, 2016 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; Brown *et al.*, 2018 ; Duquesne *et al.*, 2020 ; Duquesne *et al.*, 2021, sous presse).

4.2. Typologie des cours d'eau à faible énergie

Nanson et Croke (1992) proposent de distinguer deux grands types de cours d'eau alluviaux à faible énergie ($< 10 \text{ W.m}^{-2}$) : 1) les cours d'eau à chenal unique (type C1) et 2) les cours d'eau à anastomose (type C2). Jusqu'à une date récente, les premiers étaient subdivisés en deux types selon leur dynamique mobile ou stable : 1) les cours d'eau sinueux et 2) les cours d'eau à stabilité latérale (Nanson et Croke, 1992 ; Kleinhans et Van den Berg, 2011). Cependant, cette typologie à double entrée n'est pas généralisable. Les travaux récents de Candel (2020) démontrent la limite de son utilisation et proposent deux types supplémentaires de cours d'eau à faible énergie à chenal unique sur la base de leur architecture alluviale et des processus de construction : 1) les cours d'eau auto-ajustables et 2) les cours d'eau à aggradation oblique.

Les cours d'eau sinueux sont caractérisés par une migration latérale du chenal attestée par la présence de paléoméandres au sein de la plaine alluviale (Candel *et al.*, 2018 ; Candel, 2020). L'intensité de la migration latérale dépend de la puissance spécifique du cours d'eau et de la nature cohésive des matériaux de plaine alluviale.

Les cours d'eau à stabilité latérale sont associés à un chenal au tracé irrégulier, rectiligne à sinueux, et à un ratio largeur/profondeur faible (Candel, 2020). Ils présentent une charge en suspension dominante, une granulométrie fine et une pente faible. Ils se développent

dans des plaines alluviales aux berges limoneuses et cohésives (e.g., Macklin, 1985 ; Brown et Keough, 1992 ; Nanson et Croke, 1992). La très faible énergie et la résistance des berges assurent une stabilité latérale globale du chenal même si ce dernier peut observer des migrations très lentes localement.

Les cours d'eau auto-contraints montrent un tracé tortueux/sinueux en réponse au processus d'auto-contraction (Candel, 2020). L'érosion des berges se produit principalement sur les zones de dépôts non cohésives. De ce fait, les dépôts cohésifs sont préservés de l'érosion et leur proportion augmente au fil du temps ce qui limite en retour la migration du chenal. Ce type de cours d'eau présente des barres d'alluvions au sein des boucles secondaires et des levées de berges naturelles lorsque le chenal a été stable sur une période donnée. La plaine d'inondation montre une architecture qui englobe des dépôts d'alluvions cohésifs et organiques et d'anciens chenaux abandonnés.

Les cours d'eau à aggradation oblique se singularisent par un tracé de courbes anguleuses séparées par des segments rectilignes au sein d'une plaine alluviale à dominante tourbeuse (Candel *et al.*, 2017). Le chenal a un ratio largeur/profondeur faible. Il est délimité par des levées de berges peu développées en raison d'un transport sédimentaire réduit. Le chenal est soumis à une migration latérale sous la forme d'une aggradation oblique du côté de la vallée à dominante sableuse, le matériau étant plus facilement érodable.

La structure, le fonctionnement, les dynamiques d'évolution ou encore les facteurs de contrôle des cours d'eau à faible énergie sont abordés surtout au travers de l'étude des cours d'eau à chenal unique (e.g., Dépret *et al.*, 2015 ; Corbonnois *et al.*, 2016 ; Candel *et al.*, 2017 ; Dépret *et al.*, 2017 ; Candel *et al.*, 2018 ; Vayssière, 2018 ; Vayssière *et al.*, 2019 ; Candel, 2020). Les cours d'eau à chenaux multiples dits « à anastomoses » ont fait l'objet de peu de travaux. Leur définition, leur structure fluviale, leur fonctionnement, leur formation et leurs dynamiques d'évolution sont encore largement discutés.

5. Cours d'eau anastomosés

5.1. Définition

Les cours d'eau anastomosés sont un objet d'étude difficile à définir en raison de leur reconnaissance tardive parmi les cours d'eau à chenaux multiples (Schumm, 1968). Schumm (1968) définit les anastomoses comme des systèmes à faible énergie aux chenaux stables à charge en suspension fine dominante (fig. 3A-D).

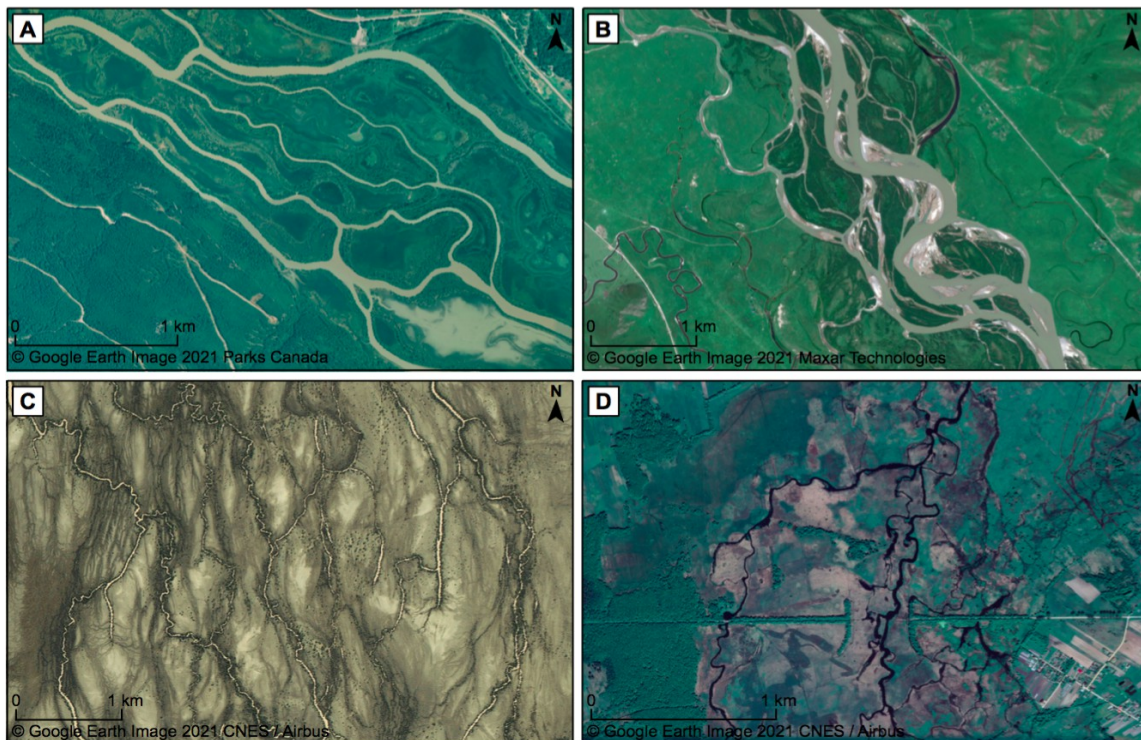


Fig. 3 – Exemples de cours d'eau anastomosés.

A : la rivière Upper Columbia en amont de Parson (Colombie-Britannique, Canada) ; B : la rivière Yellow au niveau de Qihama Town (Gansu, Chine) ; C : la rivière Cooper Creek en aval de Durham (Queensland, Australie) ; D : la rivière Narew au niveau de Kruszewo (Podlachie, Pologne).

Smith et Smith (1980) se basent quant à eux sur les relations entre la structure fluviale et les processus de l'anastomose. Ces auteurs mettent ainsi en évidence plusieurs spécificités propres à l'anastomose : 1) une faible énergie attribuée à un profil en long faible ; 2) une structure à chenaux multiples stables interconnectés relativement profonds et étroits, droits à sinueux, délimités par des berges végétalisées composées de sédiments fins (argile/li-mon) ; 3) une plaine alluviale très large occupée par une diversité de zones humides (e.g., forêts alluviales, lacs, marécages, tourbières, etc.) ; et 4) une plaine alluviale soumise à l'aggradation. Makaske (2001) suggère quant à lui de définir l'anastomose à partir de la morphologie des îles. Il existe donc une confusion entre l'anastomose définie par Makaske (2001) et l'anabranchement définie par Nanson (2013). Nanson et Knighton (1996) déterminent ainsi l'anastomose comme un type particulier d'anabranchement à faible énergie, à granulométrie fine et à pente faible (cf. infra).

5.2. État de la recherche sur les anastomoses

Cette partie du travail propose un premier état de l'art synthétique sur les anastomoses afin de mieux appréhender le contexte de la recherche scientifique sur ce type de cours d'eau à l'échelle internationale et de définir les enjeux de connaissance. Un inventaire des publications scientifiques a ainsi été réalisé à partir d'un système de requêtes par mots-clés (e.g., *anastomosis*, *anastomosing rivers*, *rivers anastomosis*, etc.) utilisé auprès des plateformes et des bases de données scientifiques. 110 publications (articles, chapitres d'ouvrages, thèses, rapports d'étude) ont été recensées entre 1968 et 2020 (fig. 4A).

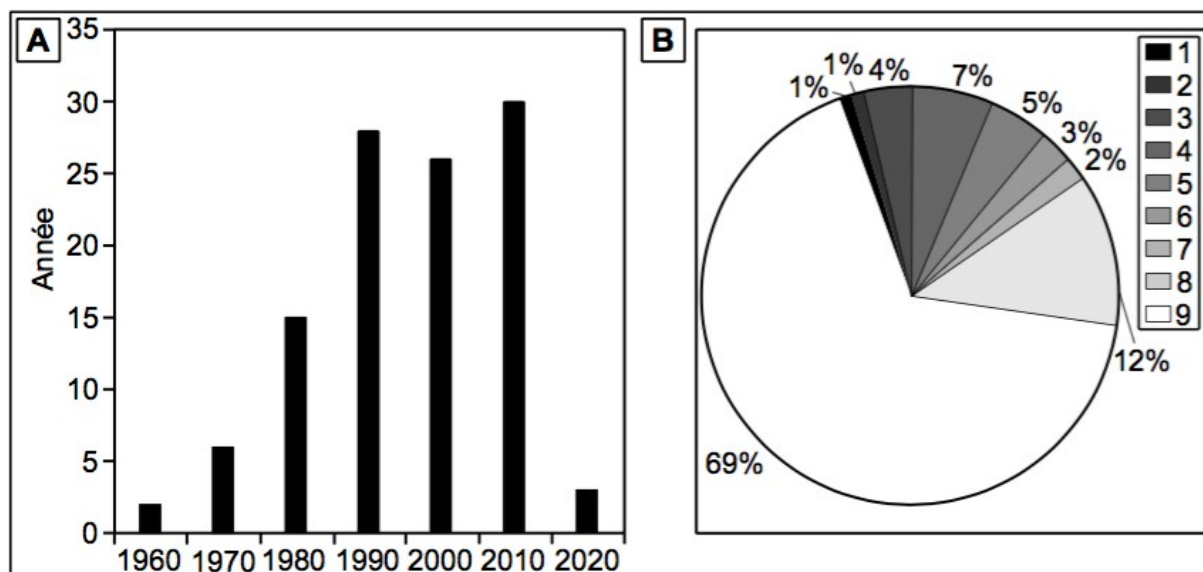


Fig. 4 – Inventaire des publications relatives aux cours d'eau anastomosés.

A : Chronologie des publications sur les cours d'eau anastomosés depuis les années 1960 ; B : Classification des publications sur les cours d'eau anastomosés par discipline scientifique.

B : 1. Ecologie ; 2. Ecohydrologie ; 3. Biogéomorphologie ; 4. Sédimentologie ; 5. Paléogéographie ; 6. Hydrologie ; 7. Hydrogéomorphologie ; 8. Géomorphologie historique ; 9. Géomorphologie.

Après leur reconnaissance par Schumm (1968), les cours d'eau anastomosés ont fait l'objet d'une série de travaux de recherche sur la description géomorphologique et sédimentologique de l'anastomose (i.e., morphologie de la structure fluviale, architecture et faciès sédimentaires, etc.) sur la période 1970-1999 dans le sillage des travaux fondateurs de D.G. Smith (e.g., Smith, 1976 ; Smith et Putnam, 1980 ; Smith et Smith, 1980 ; Smith, 1983 ; Smith, 1986 ; etc) (fig. 4B). Ces travaux se sont concentrés essentiellement sur les anastomoses canadiennes en milieu tempéré humide en particulier les rivières Mistaya, Alexandra, Saskatchewan et Upper Columbia (e.g., Smith, 1973 ; Smith et Smith, 1980 ; Smith, 1983 ; Smith *et al.*, 1989 ; Smith *et al.*, 1998 ; etc.) et sur les anastomoses australiennes en milieu aride dont les rivières Cooper Creek, Darling, Murrumbidgee, etc. (e.g., Rust, 1981 ; Nanson *et al.*, 1986 ; Rust et Nanson, 1986 ; Nanson *et al.*, 1988 ; etc.). Cependant, ce type de style fluvial est également très répandu en milieu intertropical en Amérique du Sud, l'exemple de la Magdalena en Colombie (Smith, 1986), dans les régions sèches des Etats-Unis, le cas de la Red Creek au Wyoming (Schumann, 1989), et en contexte aride de l'Afrique Australe, l'exemple de l'Okavango au Botswana (McCarthy *et al.*, 1991).

Les recherches sur les anastomoses sont plus nombreuses (fig. 4A) et se sont diversifiées à partir de la fin des années 1980 jusqu'aux années 2010 en termes de thématique abordée (fig. 4B et fig. 5). Certaines d'entre elles ont porté leur attention sur la genèse des anastomoses en particulier sur le mécanisme de formation des chenaux multiples (e.g., Smith *et al.*, 1989 ; McCarthy *et al.*, 1992 ; Smith *et al.*, 1997 ; Smith *et al.*, 1998 ; etc) et sur les facteurs d'apparition et/ou d'évolution de la structure fluviale (e.g., Harwood et Brown, 1993 ; Nanson et Huang, 1999 ; etc.). Ce type d'études s'est ensuite renforcé à partir des années 2000 sous l'impulsion entre autres, des travaux de Makaske (1998, 2001). Une série d'études a été mise en œuvre afin de tenter d'expliquer les origines de l'anastomose en particulier de la rivière Upper Columbia (e.g., Makaske *et al.*, 2002 ; Abbado *et al.*, 2005 ; Makaske *et al.*,

2009 ; De Haas, 2010 ; Lavooi, 2010 ; Kleinhans *et al.*, 2012 ; Makaske *et al.*, 2017). D'autres études se sont quant à elles concentrées sur les conditions d'écoulement des flux au sein des anastomoses mais elles suscitent jusqu'à présent un intérêt limité alors qu'elles sont encore peu comprises (Knighton et Nanson, 1994, 2002 ; Tabata et Hickin, 2003 ; Wang *et al.*, 2004 ; etc.) (fig. 5).

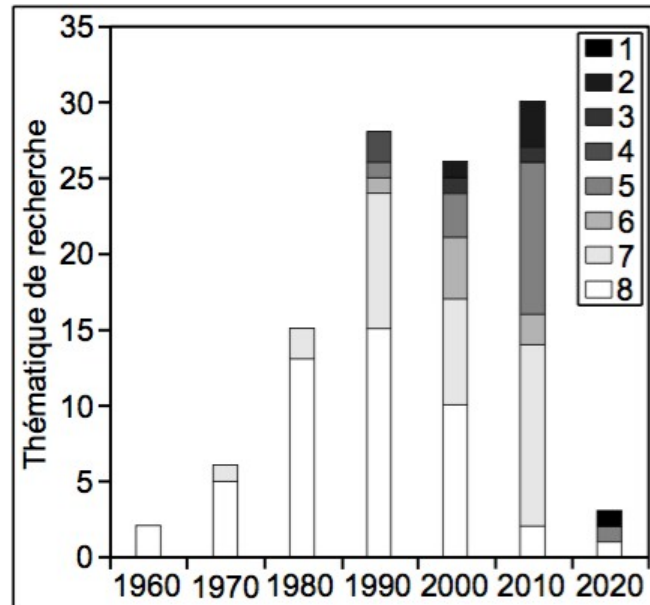


Fig. 5 – Inventaire des publications relatives aux cours d'eau anastomosés par thématique de recherche et par décennie.

1. Impacts des changements climatiques sur l'anastomose ; 2. Restauration de l'anastomose ; 3. Synthèse de la recherche ; 4. Définition/Classification ; 5. Trajectoire d'évolution ; 6. Conditions hydrologiques ; 7. Modèles de formation et facteurs d'apparition ; 8. Description géomorphologique.

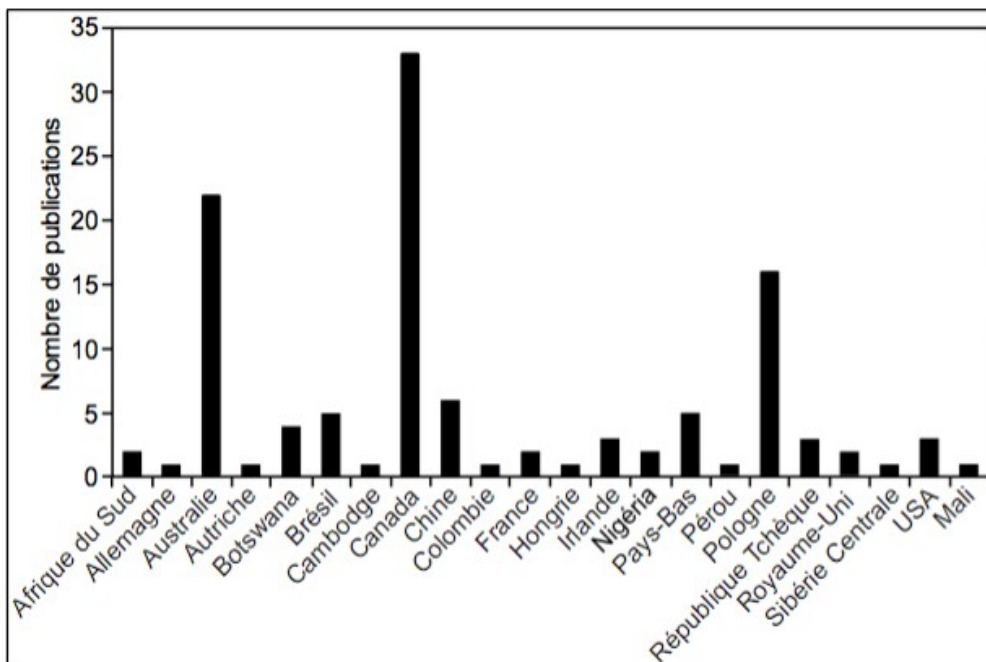


Fig. 6 – Inventaire des cours d'eau anastomosés étudiés par pays.

Les travaux sur les anastomoses au début du XXI^e siècle montrent la diversité des contextes géographiques dans lesquels se développe ce type de paysages fluviaux (fig. 6). Bien que l'attention portée sur les cours d'eau canadiens et australiens reste importante, elle aborde également des cours d'eau jusque-là peu étudiés (fig. 7). C'est le cas en particulier des anastomoses du Rio Pastaza au Pérou (Bernal *et al.*, 2012), du Parana au Brésil (Stevaux et Souza, 2004), de la Léna en Sibérie centrale (Gautier et Costard, 2000), du Yangtze (Wang *et al.*, 2005), de la Upper Yellow (Liu et Wang, 2017 ; Gao et Wang, 2019) et du delta Zhujiang (Wang *et al.*, 2004) en Chine (fig. 7).

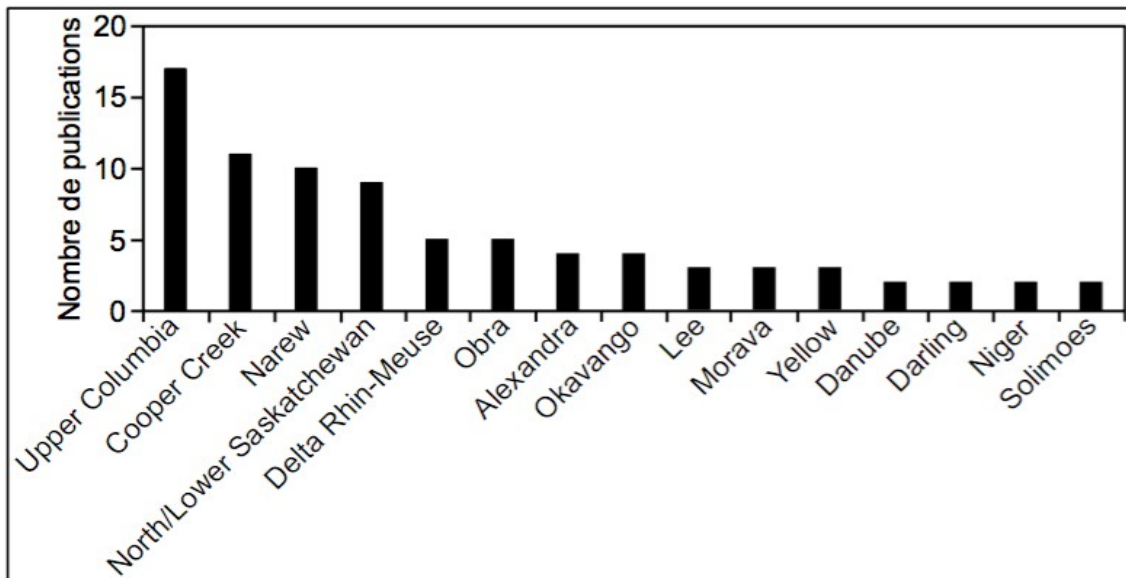


Fig. 7 – Nombre de publications par cours d'eau anastomosés les plus étudiés.

La fin des années 2000 est caractérisée par l'émergence des recherches sur le temps long avec d'une part les travaux en paléogéographie sur le delta Rhin-Meuse (e.g., Berendsen *et al.*, 2007) et d'autre part les travaux en géomorphologie historique focalisés sur les anastomoses polonaises et tchèques (e.g., Słowik, 2011, 2012, 2013, 2015 ; Máčka, 2016 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; etc.) (fig. 5 et 6). Les premiers portent leur attention sur la construction des deltas anastomosés (e.g., Berendsen *et al.*, 2007) ou sur la contraction de la structure fluviale anastomosée vers une configuration à chenal unique méandrique (e.g., Brown *et al.*, 2018 ; Zieliński et Widera, 2020) au cours de l'Holocène. Les deuxièmes se sont quant à eux intéressés à la reconstruction de la trajectoire historique et à l'analyse des forçages potentiels (i.e., anthropiques et hydro-climatiques) de l'anastomose sur une échelle séculaire à pluriséculaire en particulier sur les trois derniers siècles (e.g., Pisūt, 2002 ; Hohensinner *et al.*, 2004 ; Lewin, 2010 ; Słowik, 2012, 2013 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; Duquesne *et al.*, 2020 ; etc.).

En parallèle, la restauration des anastomoses est devenue une question prioritaire au cours des deux premières décennies du XXI^e siècle depuis la mise en place de la Directive-Cadre sur l'Eau (2000) et suscite quelques publications (fig. 5), à l'image de la restauration de l'anastomose rhénane (Arnaud, 2012 ; Eschbach, 2017). L'attention se porte notamment sur la restauration des anciens chenaux afin de restaurer le fonctionnement hydro-morphologique et écologique du cours d'eau anastomosé (e.g., rétablir les continuités écologique et

sédimentaire, préserver la ripisylve, reconnecter les annexes hydrauliques, etc.). Quelques études récentes proposent de prendre en compte les spécificités des cours d'eau anastomosés en vue d'appliquer des politiques de gestion et de protection des paysages d'anastomoses efficaces (e.g., Banaszuk et Wysocka-Czubaszek, 2005 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; Marcinkowski *et al.*, 2019). Ce type de travaux souligne notamment la disparition progressive de l'anastomose (i.e., colmatage des chenaux). Les travaux de Marcinkowski et Mirosław-Świątek (2020) démontrent que cette évolution tend à s'accélérer face au changement climatique en raison de l'augmentation de la fréquence et de la durée des étiages et de l'homogénéisation des débits.

5.3. Typologie des cours d'eau/plaines alluviales anastomosées

La description des cours d'eau anastomosés sur la seule approche descriptive de la structure fluviale a été à l'origine d'une confusion entre les cours d'eau à anabranches et les cours d'eau anastomosés. Nanson et Croke (1992) et Nanson et Knighton (1996) ont proposé leur propre typologie à partir des divers travaux de description géomorphologique de l'anastomose (e.g., Smith, 1976 ; Smith et Putnam, 1980 ; Smith et Smith, 1980 ; Smith, 1983 ; Smith, 1986 ; Nanson *et al.*, 1986 ; Rust et Nanson, 1986 ; etc.).

Nanson et Croke (1992) suggèrent d'identifier les plaines alluviales anastomosées à partir d'une approche par les processus sur la base de deux critères de discrimination : 1) la puissance spécifique et 2) la cohésion des sédiments. Les anastomoses sont associées à une faible énergie ($< 10 \text{ W.m}^{-2}$) liée à la conjonction entre une pente faible et une largeur du chenal à plein bord réduite, les débits sont quant à eux très variables, et à une forte cohésion des sédiments de berges ce qui assure une stabilité relative des chenaux. Les auteurs distinguent deux types de plaines alluviales anastomosées : 1) les cours d'eau anastomosés à plaine alluviale organique (C2a) et 2) les cours d'eau anastomosés à plaine alluviale non organique (C2b). Le type C2a regroupe les anastomoses situées en contexte tempéré, intertropical et subarctique humide dans les régions de plaines et/ou de montagnes. Les chenaux anastomosés et les zones humides (e.g., îles, lacs, marécages, etc.) sont délimités par des levées de berges proéminentes colonisées par la végétation rivulaire. Ils se développent au sein d'une plaine alluviale enrichie en matière organique à dominante argilo-limoneuse et soumise à des vitesses d'aggradation élevées. Le type C2b rassemble les anastomoses situées en milieu aride. Leur plaine alluviale est pauvre en matière organique et la végétation y est très éparse. Seule une végétation arborée borde les chenaux. Ces derniers sont très larges et peu profonds, et une partie d'entre eux sont éphémères. Ils transportent des agrégats de fines issus du vertisol. Leur taille est similaire à celle des sables. Les vitesses de sédimentation de la plaine alluviale sont très inférieures à celles enregistrées sur les anastomoses du type C2a en raison de la faiblesse de la charge en suspension par rapport à la charge de fond.

Nanson et Knighton (1996) déterminent une typologie des anabranches qu'ils définissent comme des « *systèmes de chenaux multiples caractérisés par des îles alluviales végétalisées ou stables qui divisent l'écoulement pour des débits proches du plein bord* » dans laquelle ils incluent les anastomoses et les autres styles fluviaux de structure similaire. Six types d'ana-

branches sont par conséquent identifiés à partir d'un gradient croissant d'énergie, de la granulométrie des sédiments transportés et des caractéristiques morphologiques de la structure fluviale (fig. 8). Les cours d'eau anastomosés (type 1) sont alors considérés comme un type particulier d'anabranches stable à faible énergie et à granulométrie fine. Les anastomoses sont ici divisées en trois sous-types selon la nature des dépôts : 1) les systèmes anastomosés organiques dépeints par McCarthy et al. (1991, 1992) (e.g., rivière Okavango) ; 2) les systèmes anastomosés organo-clastiques décrits par Smith et Smith (1980) (e.g., rivière Alexandra, Mistaya, etc.) et 3) les systèmes anastomosés à dominante limoneuse décrits par Nanson et al. (1986) et Schumann (1989) (e.g., rivière Diamantina, Cooper Creek, Red Creek, etc.).

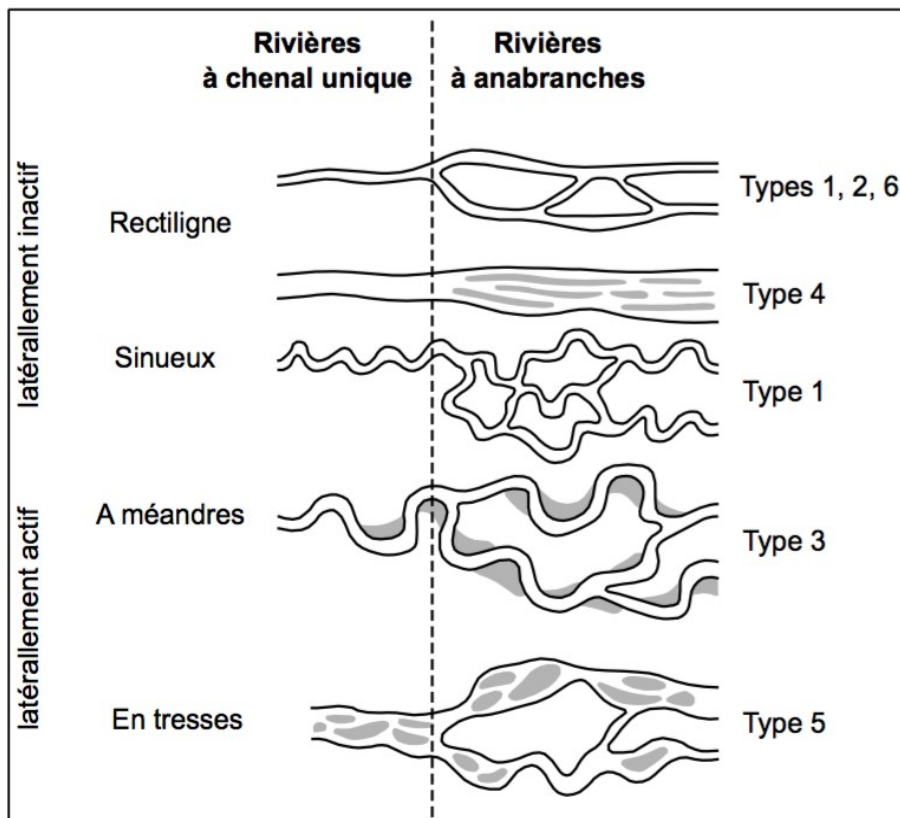


Fig. 8 – Typologie des anabranches d'après Nanson et Knighton (1996).

5.4. Caractérisation de la structure de l'anastomose

La définition de l'anastomose reste encore très discutée (Smith et Smith, 1980 ; Nanson et Knighton, 1996 ; Makaske, 2001). La réflexion s'est alors portée sur la recherche de métriques de caractérisation de l'anastomose (plaine alluviale, îles et chenaux) mais cette démarche se confronte à plusieurs limites : rareté des travaux sur ce type de cours d'eau, concentration des recherches sur un corpus réduit d'anastomoses (i.e., anastomoses australiennes et canadiennes) et diversité des contextes géographiques (i.e., climat aride, tropical, subarctique, tempéré froid) et des échelles spatiales. Si les premières recherches se sont reposées sur une approche descriptive de la structure fluviale anastomosée, elles se sont ensuite appuyées sur une approche par les processus de l'anastomose.

5.4.1. Caractérisation de la morphologie des chenaux

Rust (1978) a proposé d'utiliser l'indice de sinuosité afin de distinguer les anastomoses des autres cours d'eau multi-chenaux. Les cours d'eau anastomosés sont ainsi associés à des valeurs de sinuosité supérieures à 1,5 bien que ce seuil soit jugé arbitraire. Son utilisation en tant que critère de caractérisation de l'anastomose reste néanmoins très discutée par plusieurs auteurs. L'indice de sinuosité n'est pas généralisable à l'ensemble des cours d'eau anastomosés et au sein même du linéaire fluvial anastomosé (Knighton et Nanson, 1993). Baker (1978), Smith (1983) ou encore Nanson *et al.* (1993) ont par exemple mesuré des valeurs de sinuosité faibles sur les rivières Japura (1,10), Columbia (1,16) et Magela Creek (1,10).

Yonechi et Maung (1986) suggèrent d'utiliser l'angle des diffluent, un indicateur de la dynamique des cours d'eau à chenaux multiples (e.g., Pittaluga *et al.*, 2003 ; etc.). Selon Yonechi et Maung (1986), les chenaux à anabranche présentent des angles aigus alors que les chenaux anastomosés observent des angles larges voire obtus. Cet indicateur permettrait en outre, de distinguer les systèmes fluviaux à chenaux multiples dominés par la formation de barres de chenal (i.e., les anabranche) et/ou par les processus d'avulsions (i.e., les anastomoses). Mais, l'écart très faible entre les valeurs des cours d'eau à anastomoses et à anabranche ne permet pas une séparation des deux populations (Makaske, 2001).

Le ratio largeur/profondeur du chenal est également proposé comme critère de discrimination de l'anastomose. Smith et Putnam (1980) attribuent aux chenaux anastomosés un ratio largeur/profondeur faible (< 20), tel mesuré sur les rivières Red Creek (Schumann, 1989), Magela Creek (Knighton et Nanson, 1993), Upper Darling (Riley et Taylor, 1978) ou encore Cooper Creek (Rust, 1981). Cependant là-aussi, ce critère ne peut s'appliquer à l'ensemble des cours d'eau anastomosés, King et Martini (1984) ayant mesuré un ratio largeur/profondeur élevé sur la rivière Attawapiskat (30 à 140) et Słowik (2014) sur la rivière Odra (70-86).

Knighton et Nanson (1993) ont également proposé d'employer le ratio largeur du chenal/largeur de l'île. Mais, Bridge et Mackey (1993) soulignent la limite de son utilisation. Cependant, cette métrique semble la plus pertinente.

5.4.2. Caractérisation de la morphologie des îles

La morphologie des îles constitue jusqu'à présent le critère de discrimination le plus révélateur de l'anastomose (Makaske, 2001). Un certain nombre d'auteurs décrivent des îles au profil concave en forme de « saucière » observées fréquemment sur les anastomoses en milieu tempéré – le fleuve Charente (Duquesne *et al.*, 2021, sous presse) – et tropical humide – les cours d'eau Solimões (Sternberg, 1959 ; Baker, 1978) et Amazone (Rozo *et al.*, 2012). Qualifiées de « *mini-plaine alluviale* » par Savat (1975), ce sont des îles *stricto sensu* relativement anciennes de grande dimension parcourues parfois par un réseau plus ou moins complexe de paléochenaux (Duquesne *et al.*, 2021, sous presse). Ces îles sont associées à une topographie peu heurtée recouverte par une végétation prairiale délimitées par des levées de berges naturelles proéminentes colonisées par la ripisylve. Ce type d'îles s'oppose aux

formes de grande dimension planes aux levées de berges très peu développées, excisées de la plaine alluviale par des chenaux sous l'action anthropique (Duquesne *et al.*, 2021, sous presse).

En revanche, Duquesne *et al.* (2021, sous presse) mettent en évidence le caractère non exclusif de ces morphologies. Ces auteurs soulignent la coexistence d'îles de petite dimension et de forme lenticulaire et d'îles de dimension modeste, de forme allongée ou plus arrondie avec des unités fluviales de grande dimension. Ce type d'îles est caractérisé par une surface plane aux levées de berge peu développées dont les formes les plus allongées peuvent être apparentées à des barres végétalisées.

5.5. Facteurs d'apparition et/ou d'évolution de l'anastomose

Les cours d'eau anastomosés ont fait l'objet de travaux descriptifs tant géomorphologiques que sédimentologiques (e.g., Smith et Putnam, 1980 ; Smith et Smith, 1980 ; Smith, 1983, 1986 ; Miller, 1991 ; Knighton and Nanson, 1993 ; Smith *et al.*, 1997 ; Makaske 1998, 2001 ; Smith *et al.*, 1998 ; Makaske *et al.*, 2002 ; Tabata et Hickin, 2003 ; etc.). En revanche, les facteurs qui contrôlent la formation de l'anastomose et les conditions dans lesquelles elle se développe et se maintient restent encore peu compris et largement débattus (Abbado *et al.*, 2005 ; Makaske *et al.*, 2009 ; Lavooi, 2010 ; Kleinhans *et al.*, 2012 ; Makaske *et al.*, 2017). Knighton et Nanson (1993) défendent l'hypothèse d'une absence de contrôle d'origine climatique en raison de l'existence de ce type de cours d'eau dans des milieux variés (i.e. tempéré humide, tropical humide, désertique, etc.). Makaske (2001) reconnaît le rôle potentiel de deux types de processus géomorphologiques dans la formation et l'évolution des cours d'eau anastomosés : 1) les processus à l'origine de la structure à chenaux multiples (i.e., le mécanisme de défluviatation) ; et 2) les processus déterminants de la morphologie des chenaux, elle-même dépendante de facteurs externes (e.g., climat, géologie, pédologie, anthropisation, etc.).

5.5.1. Rôle des défluviations

Le processus d'avulsion désigne l'abandon partiel ou total d'un chenal au profit d'un nouveau tracé sur un linéaire fluvial important (Allen, 1965 ; Makaske, 2001) au sein de vastes plaines alluviales soumises à l'aggradation (e.g., plaines alluviales à rivières à méandres, en tresses ou à anabranches, plaines deltaïques, etc.). Un certain nombre de travaux reconnaissent son rôle dans la formation des systèmes fluviaux anastomosés (Schumann, 1989 ; Smith *et al.*, 1989, 1997 ; McCarthy *et al.*, 1992 ; Makaske, 2001 ; Makaske *et al.*, 2002 ; Abbado *et al.*, 2005 ; Lavooi, 2010 ; Makaske *et al.*, 2017). Le mécanisme de défluviatation peut se faire de deux manières distinctes par 1) le creusement de nouveaux chenaux alors que les anciens chenaux sont encore actifs ; et par 2) la division des flux avulsifs à l'origine de la formation de multiples chenaux au sein de la plaine alluviale (Makaske, 2001).

Smith *et al.* (1989) ont ainsi proposé un modèle dynamique du mécanisme de défluviatation au sein de la rivière Saskatchewan (Canada). Les auteurs déterminent 1) une phase active de développement de l'anastomose par mécanisme d'avulsion à l'origine de la formation d'un

réseau de nouveaux chenaux au sein de la plaine alluviale ; 2) une phase stable équivalente à l'état d'anastomose soumis à une aggradation lente des chenaux et de la plaine alluviale ; 3) une phase de faible activité au cours de laquelle la formation de nouveaux chenaux est limitée par la faible énergie et la concentration des flux de matière (eau et sédiments) ; 4) une phase d'abandon des chenaux au profit d'un seul chenal dans lequel est contraint l'ensemble des flux de matière (eau et sédiments) ; et 5) une phase éventuelle de reprise d'activité par mécanisme de défluviation et de retour de l'anastomose en raison d'une obstruction du chenal par des dépôts alluviaux importants (e.g., sédiments, débris ligneux, etc.) et de l'occurrence de fortes crues. Dans ce contexte, l'anastomose pourrait être alors considérée comme une forme transitoire.

Makaske (2001) distingue 1) les anastomoses à faible fréquence de défluviations (e.g., les cours d'eau australiens) et 2) les anastomoses à défluviations fréquentes (e.g., les cours d'eau canadiens). Les premiers se singularisent par la stabilité sur le long terme de leur structure fluviale à chenaux multiples. Les deuxièmes s'individualisent par la mobilité de leur structure fluviale multi-chenaux en réponse à la multiplicité des avulsions favorisées par l'aggradation rapide des chenaux et l'occurrence de facteurs déterminants des défluviations en particulier la survenue de crues dynamiques à fort transport de matériaux. Dans les deux cas, les chenaux anciens ont tendance à se maintenir après la création des nouveaux chenaux. Les vitesses lentes d'abandon des chenaux anciens s'expliquent par la conjonction entre une charge sédimentaire réduite à l'origine d'un comblement très lent, une capacité d'écoulement limitée des chenaux nouvellement créés expliquée par la faible énergie et la résistance des matériaux, et un rôle réduit de la végétation en particulier en milieu aride.

5.5.2. Processus déterminant la morphologie de l'anastomose

Six facteurs ont été identifiés dans la formation des phénomènes d'anastomose, mais ils restent encore discutés et peu documentés dans la littérature scientifique.

5.5.2.1. Une pente ou une puissance spécifique faible

Une faible pente est considérée comme le facteur principal de l'anastomose en raison de son impact sur la puissance spécifique du cours d'eau (Nanson et Croke, 1992). Les anastomoses sont associées à des puissances spécifiques faibles inférieures ou égales à 10 W.m^{-2} (tab. 1). Smith et Smith (1980) ont par exemple mesuré des valeurs similaires sur les rivières Mystaya et Alexandra (Canada). La très faible énergie associée à ce type de système fluvial induit une capacité de transport et d'érosion limitée.

5.5.2.2. Des berges cohésives et végétalisées

Nanson et Croke (1992) mettent en évidence la cohésion des matériaux de la plaine alluviale comme paramètre de la genèse et de l'évolution de l'anastomose. Les berges sont ainsi constituées de sédiments très cohésifs à granulométrie fine (argiles, limons, sables limoneux) ce qui leur confèrent une forte résistance vis-à-vis de l'érosion. C'est le cas en particulier des berges des cours d'eau anastomosés canadiens (e.g., les rivières Upper Columbia,

Alexandra, Mistaya, North Saskatchewan, etc.). Leur stabilité est renforcée par le développement de la végétation riparienne (Smith, 1976 ; Harwood et Brown, 1993 ; Huang et Nanson, 1997). Mais, le rôle stabilisateur de la végétation n'est pas une condition *sine qua non* de l'anastomose en raison de la variété des contextes climatiques dans lesquels se forment ces systèmes fluviaux. Les travaux de Gautier et Costar (2000) soulignent la faible résistance des berges de la Léna moyenne. Elles sont constituées de sédiments hétérogènes en particulier de sables fins et moyens et sont soumises à une érosion thermique. Le développement de la végétation pourrait ne pas être une condition mais une conséquence de la stabilité latérale des chenaux.

5.5.2.3. Une charge en suspension abondante

Les systèmes fluviaux anastomosés présentent une charge en suspension abondante à dominante fine (argiles et limons) (tab. 1). La très faible énergie et la forte cohésion des berges conduisent à une aggradation des chenaux et favorisent les débordements de crues et les avulsions. La charge de fond est considérée comme modeste mais il existe jusqu'à présent très peu de données sur cette thématique. Sa propagation semble être très limitée en raison des conditions géomorphologiques locales (e.g., pente faible, chenaux étroits, interventions humaines, etc.) et la faible capacité des chenaux anastomosés à mobiliser les sédiments.

5.5.2.4. Une faible variabilité des niveaux d'eau

Les cours d'eau anastomosés sont caractérisés par des débits peu élevés et à faible variabilité intra-annuelle (tab. 1). En revanche, les débits sont très variables d'une anastomose à l'autre. En milieu tempéré humide, Makaske (1998) a par exemple mesuré sur l'anastomose de la rivière Upper Columbia (Canada) une valeur de débit moyen annuel de $108 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. À l'inverse, certaines grandes anastomoses en milieu tropical ou aride enregistrent des valeurs très élevées, la rivière Magdalena (Colombie) présentant un débit moyen annuel de $7\,400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Smith, 1986).

5.5.2.5. Aggradation de la plaine alluviale

À partir des travaux antérieurs (e.g., Riley et Taylor, 1978 ; Smith et Smith, 1980 ; Rust, 1981 ; Smith, 1983, 1986 ; Nanson *et al.*, 1988 ; Knighton et Nanson, 1993 ; Makaske *et al.*, 2002 ; Makaske *et al.*, 2017), les vitesses d'aggradation des plaines alluviales anastomosées oscillent entre $0,02 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ et $6 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ (tab. 1). Les valeurs les plus faibles sont attribuées aux plaines anastomosées développées dans des aires tectoniques stables en particulier en milieu aride où les inondations sont peu fréquentes et le transport en suspension de matériaux fins est réduit par rapport au transport de la charge de fond (i.e., les agrégats de fines), Rust (1981) ayant par exemple estimé des vitesses de sédimentation de $0,04 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ sur la rivière Cooper Creek. À l'inverse, les valeurs les plus élevées sont observées sur les plaines anastomosées associées à des aires tectoniques instables en contexte humide tempéré ou tropical (Nanson et Croke, 1992). Smith (1986) associe une vitesse de sédimentation élevée de $3,8 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ à la rivière Magdalena qu'il propose d'expliquer par la subsidence rapide du bassin fluvial et par la fréquence répétée des crues de longue durée. Quant à Makaske et al.

(2002), ils déterminent une vitesse moyenne de sédimentation à long terme de 1,75 mm.an⁻¹ au sein de la plaine inondable de la rivière Upper Columbia qu'ils attribuent à la fréquence élevée des avulsions. La rivière Saskatchewan (Smith, 1983) présente des vitesses de sédimentation similaires à celles de la rivière Upper Columbia.

Rivière Climat, Pays	Indices hydrologiques				Caractéristiques des chenaux			Caractéristiques sédimentaires			
	Q _{ma} (m ³ .s ⁻¹)	Q _b (m ³ .s ⁻¹)	Q ₂ (m ³ .s ⁻¹)	Q _{max} (m ³ .s ⁻¹)	Pente (m.m ⁻¹)	S	L / P	Charge en suspension	Charge de fond	Sédi. de berge	Sédi. (mm.an ⁻¹)
Climat tempéré froid											
Rivière Mistaya (Canada) ¹	-	34	-	-	0,0039	-	8-41	Sédi. grossiers	Gravier/Sable	Limons	0,6
Rivière Alexandra (Canada) ²	-	66	-	-	0,0006	1,51	8-23	-	Gravier/Sable	Limons	1,8
Rivière North Saskatchewan (Canada) ³	-	164	-	-	0,0010	1,62	9-35	-	Gravier/Sable	Limons	1,8
Rivière Upper Columbia (Canada) ⁴	108	275	-	770	0,000096	1,16	16	-	Sable grossier	Limons/Sable fin	1,7
Rivière Lower Saskatchewan (Canada) ⁵	648	1 400	-	3000	0,000122	1,49	>10	-	Gravier/Sable	Limons/Sable fin	1,5
Rivière Ovens (Australie) ⁶	-	225	-	850	0,00051-0,00088	1,49	13	-	Gravier/Sable	Limons	-
Climat tempéré humide											
Rivière Narew (Pologne) ⁷	13,3	-	-	-	0,00022	-	2-10	-	Sable moyen/grossier	-	-
Rivière Obra (Pologne) ⁸	-	-	-	-	0,00014-0,0003	-	70-86	-	-	-	-
Morava (République Tchèque) ⁹	17,1/26,4	-	-	394/551	-	-	-	-	-	-	-
Charente (France) ¹⁰	-	-	320	815	0,00023	1,06	2-45	-	-	Sédi. fins	0,3-1,3
Gearagh (Irlande) ¹¹	-	-	61	-	-	-	4,5-35,7	Sédi. fins	Gravier	Sédi. fins	-
Yangtze (Chine) ¹²	14 200	-	45 600	71 100	0,00004	-	<40	Fine/Sable	Fine/Sable grossier	Limons/Sable grossiers	-
Climat tropical humide											
Magdalena (Colombie) ¹³	7400	8 800	-	-	0,000095	-	10	-	Sable moyen	Tourbe/Sable fin	3,8
Japura (Brésil) ¹⁴	11 130	-	-	-	0,0001-0,00003	1,1	-	-	-	-	-
Solimoes (Brésil) ¹⁵	36 815	-	-	-	0,0001-0,00003	1,5	40-60	-	-	-	2,3
Middle Amazon (Brésil) ¹⁶	123 680	-	-	-	0,00021	1,07-1,24	-	-	-	Sable/Argile	1,1
Lower Rio Pastaza (Pérou) ¹⁷	910	-	-	-	0,0002	Faible	-	-	-	-	-
Magela Creek (Australie) ¹⁸	-	40	-	1 580	0,0005	1,1	10	-	Sable moyen	Sable moyen/fin	1,5
Climat aride et semi-aride											
Red Creek (USA) ¹⁹	-	13	-	-	0,0011	1,1-1,9	4-12	-	Limons/Argile	Limons/Argile	-
Upper Darling (Australie) ²⁰	681	200	-	-	0,00005	2,3	8	-	-	-	0,02
Cooper Creek (Australie) ²¹	40-100	-	150-1 100	5 800-25 000	0,00015	1,1-3	10	Mixte	Limons/Argile	Limons/Argile	0,04
Fitzroy (Australie) ²²	-	-	-	30 000	0,00025	1,1	6-233	-	-	-	-
Middle Niger (Nigéria) ²³	1330	-	-	9 700	0,00002	1,2	-	-	-	-	0,14
Okavango (Botswana) ²⁴	335	-	-	-	0,00019	1,5	<20	-	-	-	-
Climat tropical semi-aride											
Bani (Mali) ²⁵	-	-	-	-	0,0000345	1-1,2	40-60	-	-	-	-
Climat subarctique											
Attawapiskat (Canada) ²⁶	508	-	-	3 115	0,00052	<1,5	4-12	-	Limons/Sable	Limons/Argile	Incision
Léna (Sibérie Centrale) ²⁷	7032	-	24 000	50 000	0,0001	1,1	-	Limons/Sable fin	Sable moyen	Sable/Fine	-
Yellow River (Chine) ²⁸	-	-	-	-	-	1,29	-	-	Gravier	Limons/Sable	0,1-0,15

¹ Smith et Smith (1980) ² Macka (2016) ³ Bernal et al. (2012) ²⁵ Makaske (1998)
² Smith et Smith (1980) ⁴ Duquesne et al. (2020) ⁵ Nanson et al. (1993) ²⁶ King et Martini (1984)
³ Smith et Smith (1980) ⁶ Harwood et Brown (1993) ⁷ Schumann (1989) ²⁷ Gautier et Costard (2000)
⁴ Smith (1983) ; Makaske et al. (2017) ⁸ Wang, Chen et Smith (2005) ⁹ Riley et Taylor (1978) ²⁸ Gao et Wang (2019)
⁵ Smith (1983) ¹⁰ Smith (1986) ¹¹ Nanson et Knighton (1996) ; Fagan (2001)
⁶ Schumm et al. (1996) ¹² Baker (1978) ¹³ Taylor (1999)
⁷ Gradzinski et al., 2003) ¹⁴ Baker (1978) ¹⁵ Gallais (1967)
⁸ Slowik (2014) ¹⁶ Rozo et al. (2012) ¹⁷ McCarthy et al. (1991, 1992) ; Smith et al., 1997

Tab. 1 – Caractéristiques des principaux cours d'eau anastomosés étudiés d'après les travaux de Fagan (2001) et Makaske (2001).

Q_{ma} : débit moyen annuel ; Q_b : débit à plein bord ; Q₂ : débit instantané maximal à fréquence biennale ; Q_{max} : débit maximal enregistré ; S : indice de sinuosité ; L / P : rapport largeur / profondeur.

5.6. Modèles de formation des anastomoses

Makaske (1998) considère que la compréhension de l'origine des anastomoses est l'un des défis majeurs de la recherche actuelle en géomorphologie fluviale. Différentes hypothèses ont été formulées afin d'expliquer la genèse des cours d'eau anastomosés : 1) une origine deltaïque (Galay *et al.*, 1984) ; 2) un contrôle par l'aval (Smith, 1983) ; 3) une origine hydraulique d'optimisation des transports de matière (Huang et Nanson, 2007) ; et 4) un contrôle par l'amont (Abbado *et al.*, 2005 ; Makaske *et al.*, 2009 ; Kleinhans *et al.*, 2012). Ces différentes hypothèses ne sont pas exclusives les unes des autres et il pourrait exister un processus de convergence de formes commandé par des processus différents.

5.6.1. Hypothèse n°1 : Origine deltaïque des anastomoses

Galay *et al.* (1984) émettent le postulat que les cours d'eau anastomosés peuvent être une forme héritée deltaïque issue de la formation de lacs dans lesquels se développent des deltas en forme de patte d'oie en arrière des cônes de déjection (Abbado *et al.*, 2005 ; Lavooi, 2010). Les deltas lacustres montrent en effet des caractéristiques similaires à celles des cours d'eau anastomosés. Certains d'entre eux présentent un réseau de chenaux aux bifurcations et aux confluences multiples dont une partie des diffluent prennent leur origine dans les deltas de rupture de levée à l'image des systèmes anastomosés (Andrén, 1994). Les nouveaux chenaux peuvent se former par division des chenaux de distribution au niveau des barres d'embouchure construites à partir des dépôts de la charge en suspension et de fond (Smith *et al.*, 1989). Les deltas du Rhin-Meuse et du Laitaure en sont des exemples (Axelsson, 1967 ; Andrén, 1994). Cette hypothèse a également été testée et réfutée pour la rivière Upper Columbia (Lavooi, 2010). Si elle présente une convergence des chenaux à l'exemple du delta du Laitaure, aucune barre d'embouchure deltaïque, aucune trace de dépôts lacustres et aucune morphologie multichenaux dans la partie terminale n'ont été constatées à partir des investigations de terrain (e.g., sections en travers, carottages, etc.) (Lavooi, 2010).

5.6.2. Hypothèse n°2 : Contrôle par l'aval

Le modèle de formation par un contrôle par l'aval est exposé par Smith (1983) afin d'expliquer l'origine de l'anastomose de la rivière Upper Columbia bien que cette hypothèse ait été discutée par Abbado *et al.* (2005). Le contrôle par l'aval se traduit par une augmentation graduelle du niveau de base par aggradation des cônes alluviaux ce qui conduit à une réduction de la pente du chenal en amont du cours d'eau. La capacité du chenal à transporter des matériaux est alors inférieure aux apports sédimentaires ce qui induit des vitesses de sédimentation élevées de la plaine alluviale en amont des cônes alluviaux.

5.6.3. Hypothèse n°3 : Optimisation des transports de matière

Huang et Nanson (2007) proposent un modèle théorique quantitatif afin d'expliquer l'apparition des cours d'eau à anabranches en particulier des anastomoses, sur la base de la relation entre le débit solide, le débit liquide et le profil en long. Les flux hydrologiques et sédimentaires sont concentrés dans des chenaux multiples étroits et profonds au sein d'une plaine alluviale à très faible pente. Le réseau multi-chenaux atténue la résistance à l'écoulement et optimise le transfert des flux de matière sans ajustement de la pente. Cette hypothèse ne fait pas consensus en raison de sa dimension empirique (Abbado *et al.*, 2005 ; Kleinhans *et al.*, 2012). Si cette hypothèse peut effectivement être soutenue pour la rivière Magela Creek, elle ne peut l'être pour la rivière Upper Columbia (Huang et Nanson, 2007). En effet, Makaske (1998) montre que la grande majorité du flux se concentre dans le chenal principal malgré sa structure fluviale anastomosée.

5.6.4. Hypothèse n°4 : Contrôle par l'amont

Les cours d'eau anastomosés pourraient également se former par un mécanisme d'avulsion induit par une surcharge sédimentaire en amont du cours d'eau (Kleinhans *et al.*, 2012). Les vitesses d'aggradation des chenaux sont ici supérieures à celles observées à l'échelle de la plaine alluviale et des levées de berges naturelles. Les chenaux anastomosés sont ainsi caractérisés par une migration latérale du chenal très limitée voire nulle en raison de la très faible énergie et de la forte cohésion des berges. Les chenaux sont alors dans l'incapacité de transporter le surplus de la charge sédimentaire issu des affluents. Les sédiments non transportés se déposent pour l'essentiel au fond des lits ce qui conduit à un processus d'aggradation des chenaux et simultanément à une réduction de la capacité d'écoulement et à une augmentation de la fréquence et de la durée des débordements. Les avulsions sont ainsi favorisées. Cette hypothèse est développée par Abbado *et al.* (2005) afin d'expliquer l'origine de l'anastomose de la rivière Upper Columbia. Elle est ensuite reprise et confirmée par Makaske *et al.* (2009) et Kleinhans *et al.* (2012). Les travaux de Makaske *et al.* (2017) mettent en évidence une fréquence des avulsions selon un gradient longitudinal. Cette dernière est plus élevée dans la section amont plus anastomosée que dans la section aval moins anastomosée de la rivière Upper Columbia. L'apport et le dépôt de la charge sédimentaire sont plus importants à l'amont qu'à l'aval du cours d'eau. Les taux de sédimentation varient de 1,50-1,81 mm.an⁻¹ (amont) à 1,26-1,52 mm.an⁻¹ (aval). Makaske *et al.* (2017) démontrent l'existence d'un modèle de contrôle par l'amont de la rivière Upper Columbia. En revanche, ces mêmes auteurs ne rejettent pas pour autant le modèle de formation par l'aval envisagé dans le cas de systèmes anastomosés en milieu proximal en réponse à une élévation du niveau de base (Lavooi, 2010).

L'anastomose peut toutefois être très sensible aux variations climatiques et/ou anthropiques. La rivière Upper Columbia est à ce titre exemplaire. L'expansion des activités humaines à l'échelle du bassin versant (e.g., déforestation, occupation du sol, etc.) aurait induit une augmentation simultanée de l'apport en sédiments et de la fréquence des avulsions dans la section supérieure du cours d'eau (Makaske *et al.*, 2009 ; Makaske *et al.*, 2017). Le rôle des facteurs explicatifs d'ordre climatique et/ou anthropique est encore difficile à mesurer dans toute son ampleur car les travaux sur les anastomoses sont prioritairement dirigés sur leur description géomorphologique et sédimentaire (e.g., Smith et Putnam, 1980 ; Smith et Smith, 1980 ; Rust, 1981 ; Smith, 1983, 1986 ; Nanson *et al.*, 1986 ; Rust et Nanson, 1986 ; Nanson *et al.*, 1988 ; Miller, 1991 ; Knighton et Nanson, 1993 ; Smith *et al.*, 1997 ; Makaske 1998, 2001 ; Smith *et al.*, 1998 ; etc.) et non sur leur trajectoire historique et/ou d'anthropisation (Marcinkowski *et al.*, 2017).

5.7. Vers une extinction de l'anastomose

La connaissance des trajectoires historiques des anastomoses et de leur usage par les sociétés qui les ont aménagées restent encore très fragmentaires. Si la recherche sur les anastomoses s'est développée depuis les années 1980, la littérature n'en demeure pas moins très succincte quand il s'agit d'étudier leur trajectoire d'évolution en lien avec l'anthropisation. Ce type de travaux se concentre sur quelques anastomoses en Pologne (Słowik, 2011,

2012, 2013, 2015 ; Marcinkowski *et al.*, 2017), en République Tchèque (Máčka, 2016), en Irlande (Brown *et al.*, 2018) et au Royaume-Uni (Lewin, 2010).

Les rares travaux en géomorphologie historique mettent en évidence l'extrême vulnérabilité des paysages d'anastomoses face aux interventions anthropiques directes et indirectes en raison de leur capacité d'ajustement naturel limitée (Marcinkowski et Grygoruk, 2017 ; Marcinkowski *et al.*, 2017, 2018). Ce type de paysages connaît actuellement une phase de raréfaction voire de disparition progressive (Walter et Merritts, 2008 ; Marcinkowski *et al.*, 2017, 2018) alors qu'il semble avoir été commun au cours de l'Holocène aussi bien sur les petits cours d'eau, les rivières à dimension moyenne que sur les grands fleuves d'Europe (Lewin, 2010 ; Brown *et al.*, 2018). C'est le cas en particulier de la Tamise dans sa section médiane et terminale (Booth *et al.*, 2007), de la Severn et de ses affluents (Brown *et al.*, 1997), du Rhin dans sa partie supérieure (Schmitt *et al.*, 2012) et terminale, i.e. le delta du Rhin-Meuse (Stouthamer et Berendsen, 2007) ou encore du Danube sur sa section amont en Autriche au niveau de Machland (Hohensinner *et al.*, 2003), médiane en Slovaquie près de Bratislava (Pišút, 2002) et terminale en Roumanie (Ioana-Toroimac et Salit, 2016).

Les cours d'eau anastomosés ont été profondément transformés par les interventions anthropiques au cours du dernier millénaire (navigation commerciale, flottage du bois, maîtrise hydraulique, irrigation, pisciculture, usages agro-pastoraux, régulation des inondations) (Lewin, 2010 ; Brown *et al.*, 2018). Ces transformations se seraient amorcées à partir de la période romaine sur les anastomoses du nord-ouest de l'Europe (Pierik, 2017 ; Pierik et Van Lanen, 2019), alors qu'elles auraient débuté après la colonisation européenne sur les anastomoses nord-américaines et australiennes (Walter et Merritts, 2008). Les rares recherches sur les trajectoires d'anthropisation des anastomoses mettent en évidence le rôle primordial des aménagements pour la navigation, la maîtrise hydraulique et le contrôle des crues dans la simplification de leur mosaïque fluviale (Brown *et al.*, 2018). Les paysages d'anastomoses sont alors considérés comme des paysages fluviaux relictés dont le maintien actuel résulte de conditions particulières (Brown *et al.*, 2018). À l'heure actuelle, seuls quelques tronçons anastomosés ont été préservés à l'échelle européenne. C'est le cas en particulier des anastomoses d'Europe Centrale en particulier les rivières Narew, Obra et Morava mais elles sont sujettes à une forte anthropisation à l'origine de leur extinction progressive.

Marcinkowski *et al.* (2017) montrent par exemple que les aménagements liés à la régulation des crues jouent un rôle essentiel dans la disparition/réduction de l'anastomose de la rivière Narew en particulier dans la section aval du cours d'eau bien qu'elle soit l'objet de multiples actions anthropiques (e.g., flottage du bois, petite hydraulique, pêcheries, navigation, chenalisation, ouvrages de franchissement, etc) aux impacts écologiques, hydrologiques et hydrogéomorphologiques variés. Les travaux de Marcinkowski et Grygoruk (2017) confirment ainsi une accélération de l'extinction de l'anastomose de la rivière Narew en raison de l'altération significative du régime hydrologique du cours d'eau suite à la mise en service du barrage Siemianówka depuis 1992. Les auteurs observent une homogénéisation des débits moyens, une augmentation des débits extrêmes (une hausse du débit mensuel minimum et à l'inverse une baisse du débit mensuel maximum), une augmentation de la récurrence et de la durée des sécheresses et une réduction de la fréquence et de la durée des

crues. La récurrence des crues est inférieure à 34 % avant la construction du barrage et la durée des crues printanières de dégel diminue de 56 % passant d'une moyenne de 26 jours à 15 jours après sa mise en service. Ce type d'évolution favorise la déconnexion des bras secondaires et leur évolution en bras morts suite à leur colmatage, et freine le développement d'avulsions nouvelles, une des conditions nécessaires à la formation éventuelle de nouveaux chenaux, et par conséquent à la préservation de l'anastomose sur la rivière polonaise (Marcinkowski et Grygoruk, 2017).

6. Conclusion

La recherche sur les cours d'eau à faible énergie s'est particulièrement focalisée sur les cours d'eau à chenal unique et plus rarement sur les cours d'eau anastomosés. Si l'attention portée sur l'anastomose s'est accentuée au cours des années 1980, elle s'est principalement concentrée sur leur description géomorphologique et sédimentaire. L'origine, les facteurs de formation et/ou d'évolution, la trajectoire historique et d'anthropisation de l'anastomose restent encore méconnus et très discutés. À l'échelle française et européenne, la rareté des travaux sur les cours d'eau anastomosés en contexte tempéré humide démontre l'intérêt majeur porté au fleuve Charente en termes de connaissances fondamentales et d'implications dans la restauration d'autant qu'il est l'un des derniers exemples européens d'anastomoses.

Chapitre 2. Le bassin versant de la Charente

1. Introduction

Ce chapitre propose une présentation du bassin versant du fleuve Charente. Il s'agit d'aborder les caractéristiques géologiques, climatiques et anthropiques du bassin versant, de décrire le réseau hydrographique et le régime hydrologique du cours d'eau et de revenir sur l'organisation de son style fluvial selon le gradient amont-aval.

2. Localisation

Situé dans l'ouest de la France sur la façade Atlantique, le fleuve Charente draine un bassin versant de dimension moyenne, d'une superficie de 10 549 km² (fig. 9). Il s'étend sur six départements de la région Nouvelle-Aquitaine : la Dordogne, la Haute-Vienne, la Vienne, les Deux-Sèvres, la Charente et la Charente-Maritime. Septième fleuve français par sa longueur (360 km), le fleuve Charente prend sa source à Chéronnac (Haute-Vienne), à 310 m d'altitude, et rejoint l'océan Atlantique au niveau de la baie de Marennes-Oléron, à une altitude de 3 m où il forme un vaste estuaire. Le bassin versant présente un paysage d'apparente monotonie (Enjalbert, 1952 ; Sellier, 2010), sans grand contraste topographique et au drainage indigent. Enjalbert (1952) différencie et oppose les plaines et pays-bas creusés dans les formations jurassiques (Saintonge, Angoumois méridional), entrecoupés de dépressions (i.e., dépression de Matha) (Sellier, 2010) et les bois et *champagnes* (i.e., dépressions cultivées en opensfield) entaillés dans les plateaux crétacés (i.e., Aunis, Angoumois du Nord).

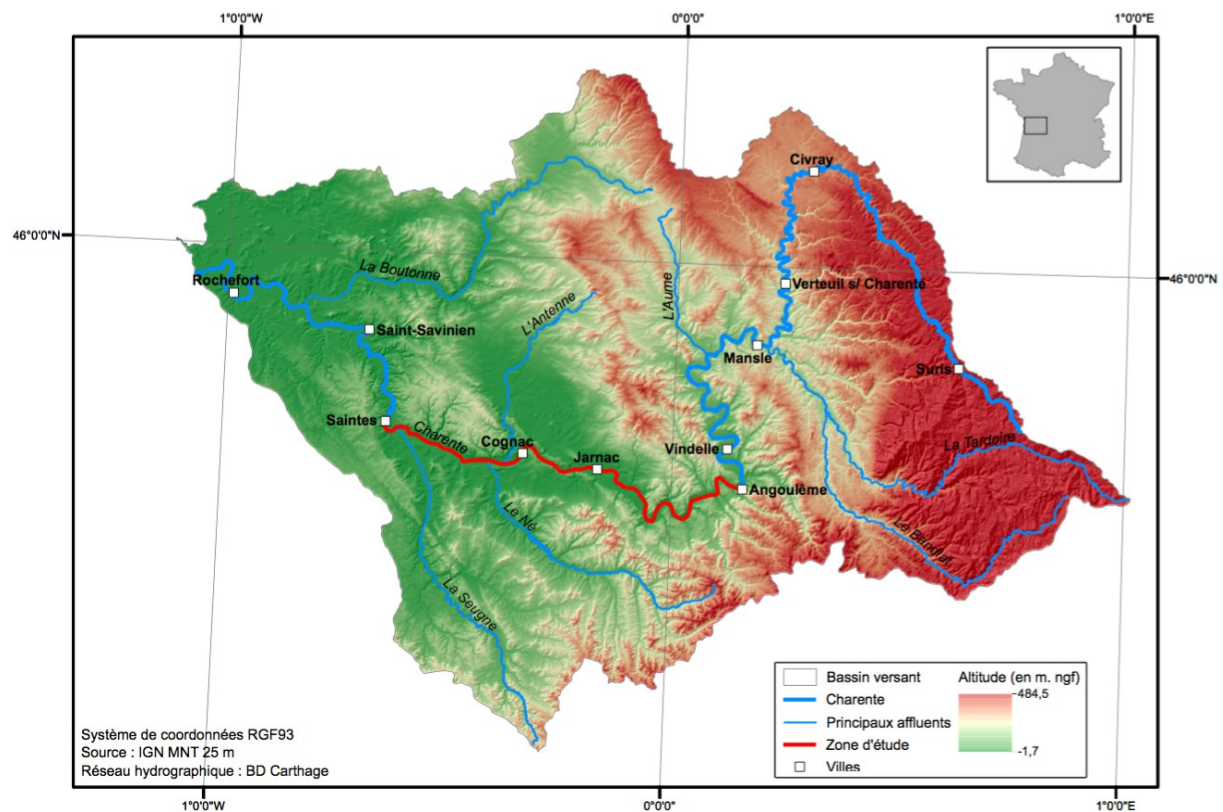


Fig. 9 – Localisation du bassin versant de la Charente et du segment fluvial étudié.

3. Organisation géologique

Le bassin versant de la Charente draine principalement le Bassin Aquitain, à l'exception de la partie amont, entaillée dans le socle cristallin du Massif Central (fig. 10). Il est possible de proposer un découpage en quatre principaux ensembles géologiques.

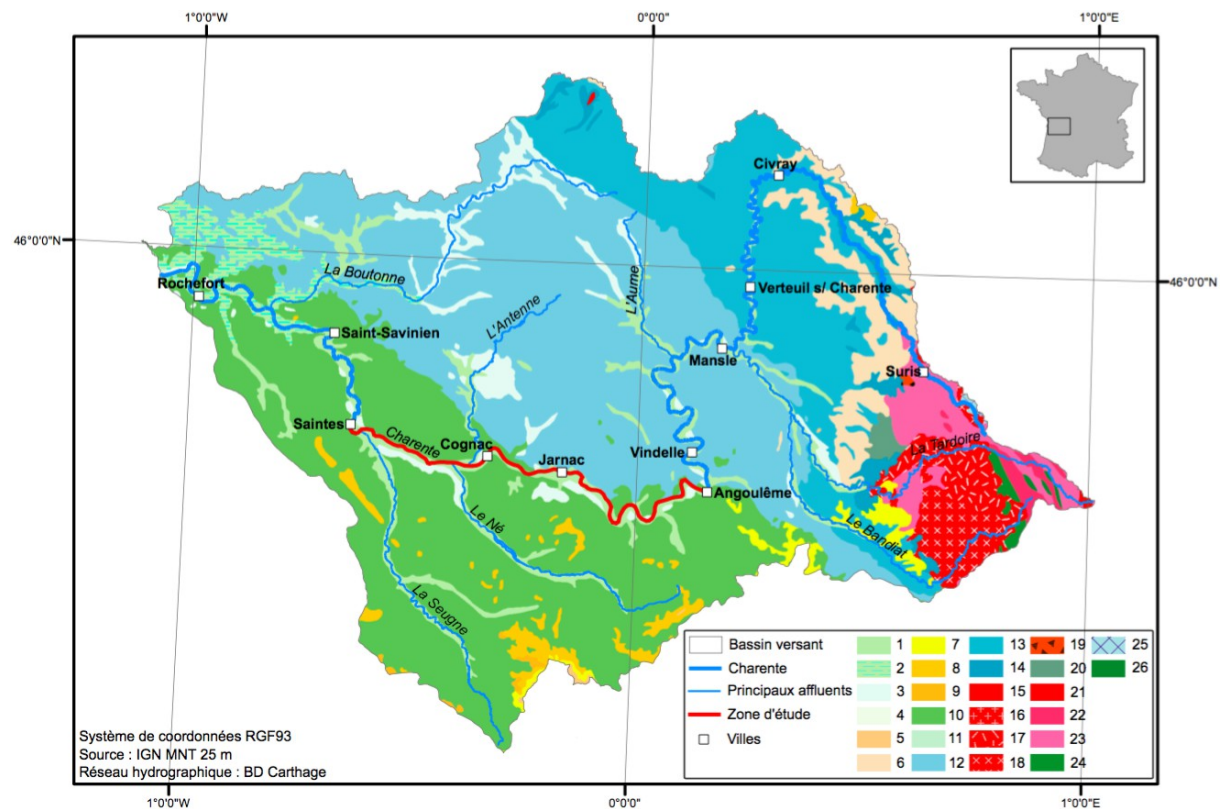


Fig. 10 – Géologie du bassin versant du fleuve Charente.

1 : Pléistocène supérieur ; 2 : Dépôts fluviomarins Pléistocène ; 3 : Pléistocène moyen à supérieur ; 4 : Dépôts fluviomarins Pléistocène moyen à supérieur ; 5 : Pliocène ; 6 : Pliocène au Pléistocène inférieur ; 6 : Oligocène ; 7 : Eocène moyen à supérieur ; 8 : Eocène inférieur ; 9 : Crétacé supérieur continental ; 10 : Crétacé supérieur marin ; 11 : Jurassique supérieur ; 12 : Jurassique moyen ; 13 : Jurassique inférieur ; 14 : Carbonifère ; 15 : Microgranite ; 16 : Leucogranite ; 17 : Granite calco-alcaline ; 18 : Granite alcaline ; 19 : Gabbro du Paléozoïque ; 20 : Cambrien ; 21 : Granitoïdes du Néoprotérozoïque ; 22 : Paragneiss du Paléozoïque ; 23 : Paragneiss du Néoprotérozoïque ; 24 : Paragneiss du Proterozoïque ; 25 : Impactite de Rochechouart ; 26 : Serpentinite (non datée).

La partie supérieure du bassin versant correspond aux sources de la Charente ainsi qu'aux bassins versants amont de la Tardoire, de la Bonnière et du Bandiat situés dans la Haute-Vienne et la Dordogne (fig. 10). Elle est constituée de roches métamorphiques (e.g., schistes, gneiss, etc.) et granitiques hercyniennes.

Au nord d'une ligne Angoulême-Rochefort, le bassin versant se développe sur les formations sédimentaires calcaires du Jurassique (Enjalbert, 1952). Deux sous-ensembles géologiques se distinguent : 1) les terrains calcaires du Jurassique inférieur dans la vallée du Trason et de la Charente en amont de Mansle et 2) les formations calcaires du Jurassique moyen présentes sur la Charente entre Mansle et Angoulême, et sur les bassins versants de ses tri-

butaires situés sur la rive droite jusqu'à Cognac et sur la rive gauche jusqu'à Angoulême, de la Boutonne et de la Devise (fig. 10). Le karst de La Rochefoucauld (Enjalbert, 1947) s'étend en aval des bassins versants de la Tardoire et du Bandiat au nord-est d'Angoulême à l'origine d'un paysage particulier (e.g., cavités, dolines, vallées sèches, galeries souterraines, etc.) et de l'importante résurgence karstique des sources de la Touvre (Dandurand, 2011).

Les formations sédimentaires du Crétacé se répartissent sur les bassins versants du fleuve Charente en aval d'Angoulême et de ses affluents en particulier le Né, la Seugne, l'Arnoult et le cours aval de l'Antenne situés au sud d'une ligne Rochefort-Angoulême (fig. 10). Elles recouvrent les assises du Jurassique et sont constituées de terrains détritiques argilo-sableux.

Le dernier ensemble principal regroupe les terrains argileux gris d'origine fluvio-marine (bri) déposés sur de fins lits tourbeux (Bourgueil, 2005). Ils sont situés dans la partie aval du bassin versant le long de la façade atlantique. Ces argiles ont été déposées au cours de la transgression post-glaciaire flandrienne et reposent en discordance sur les formations sédimentaires du Jurassique et du Crétacé sur une profondeur de 5 à 45 m. À titre d'exemple, le bri atteint une épaisseur de 10 m à Saintes et de 30 m à Rochefort (Weber, 2003). Ce secteur est associé à une topographie peu heurtée caractérisée par la présence de marais littoraux avec des paléo-îles (e.g., île d'Albe, île Bordeaux etc.). Les marais littoraux se sont développés sur d'anciennes dépressions formées dans des terrains sédimentaires de faible résistance et façonnées par l'érosion de vallées incisées lors du pléniglaciaire (Weber, 2003 ; Bourgueil, 2005). C'est le cas en particulier des marais de Rochefort et de Brouage.

4. Contexte climatique

Le bassin versant du fleuve Charente présente un climat océanique tempéré typique en raison de sa proximité avec l'océan Atlantique et de sa topographie peu heurtée excepté au niveau des contreforts du plateau limousin (Bry et Hoflack, 2004). Ce type de climat se traduit par une amplitude thermique annuelle moyenne faible, comprise entre 14,2°C et 14,9°C selon les stations météorologiques, et par un cumul pluviométrique modéré sur l'ensemble de l'année. Toutefois la pluviométrie est marquée par un fléchissement des précipitations au printemps et en été et par leur renforcement à la fin de l'automne et en hiver (fig. 12A-F).

Cette apparente homogénéité climatique masque cependant une variabilité assez marquée à l'échelle du bassin versant. Les précipitations annuelles varient ainsi de 700 mm dans les zones proches du littoral à 1 000 mm dans les hauts bassins (fig. 11), avec une moyenne de 800 mm (Bry et Hoflack, 2004). Elles augmentent selon un gradient ouest-est de 700 à 800 mm à Rochefort, et de 900 à 1000 mm à La Rochefoucauld (fig. 11). À l'échelle des stations météorologiques, les données décrivent un climat contrasté entre la partie côtière et médiane, et la partie intérieure du bassin versant. Les parties côtière et médiane sont soumises à une influence maritime avec des hivers plus doux et moins pluvieux et des étés plus chauds et secs (i.e., stations de Saintes, de Cognac et de Salles-de-Barbezieux) (fig. 12A, B, F). La partie intérieure est quant à elle déjà sous une influence continentale et marquée par des hivers plus froids et des fins d'étés plus pluvieuses et humides (i.e., stations d'Angoulême, de Tusson et de Montemboeuf) (fig. 12C, D, E).

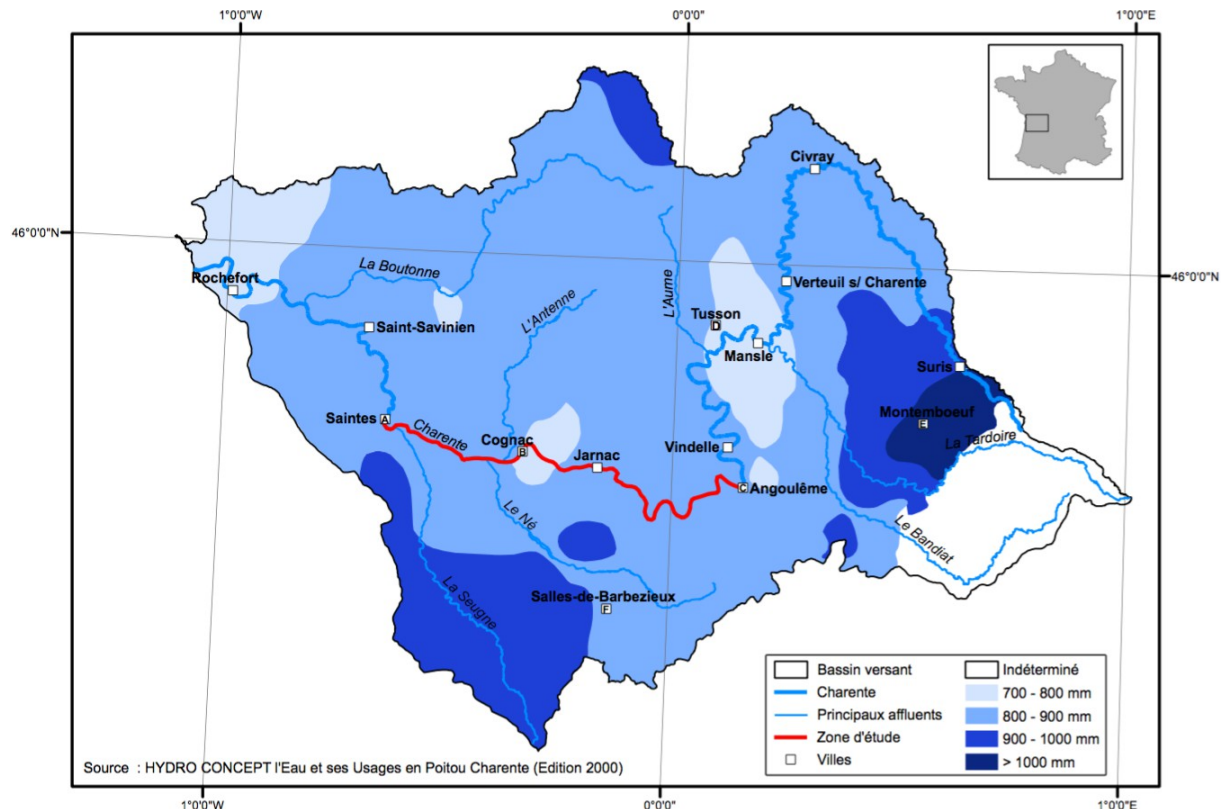


Fig. 11 – Précipitations moyennes annuelles (période 1961-1990) à l'échelle du bassin versant du fleuve Charente (adapté de Hydratec, 2006 dans EPTB Charente, 2016a).

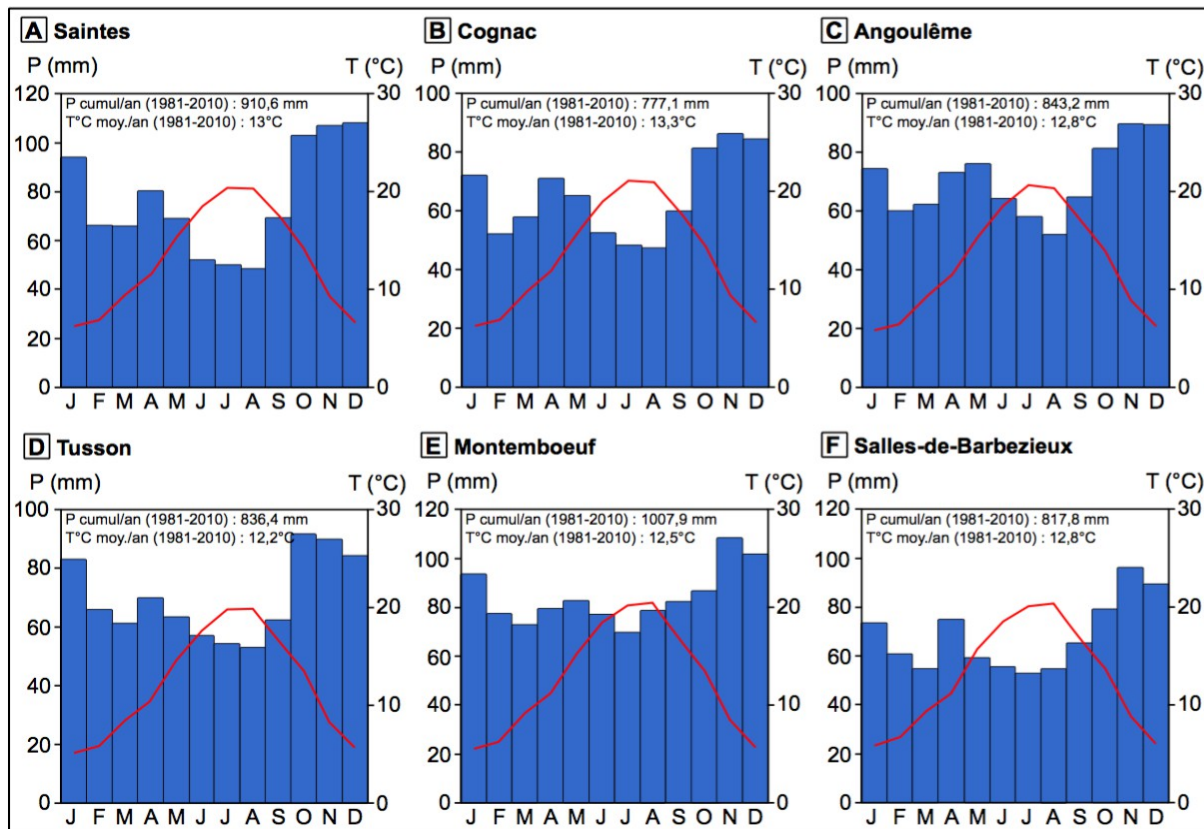


Fig. 12 – Diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques du fleuve Charente. Les données climatiques proviennent de Météo France.

5. Occupation du sol actuelle

À l'exception des noyaux urbains (Angoulême, Cognac, Saintes, Rochefort et les communes littorales), le bassin versant du fleuve Charente est à dominante rurale et agricole. Il est tourné surtout vers la céréaliculture, la viticulture et l'élevage. Les données de suivi de l'occupation du sol du périmètre du SAGE Charente (EPTB Charente, 2012) permettent de segmenter le bassin versant en quatre zones (fig. 13).

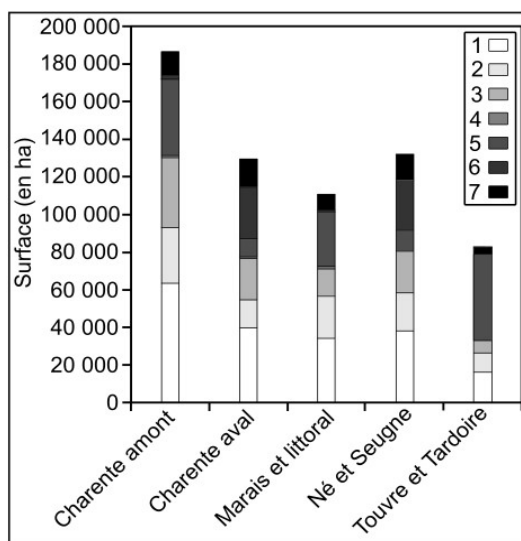


Fig. 13 – Répartition actuelle des surfaces cultivées par principaux types de culture à l'échelle du SAGE Charente (d'après EPTB Charente, 2012).

1. Céréales à paille ; 2. Maïs ; 3. Oléagineux ; 4. Protéagineux ; 5. Prairies ; 6. Vignes ; 7. Autres.

La première zone est associée à la partie la plus en amont du bassin versant (i.e., le fleuve Charente en amont de Civray et les bassins versants de ses affluents : Bandiat, Tardoire, Bonnieure et Son-Sonnette). Elle est recouverte principalement par des surfaces forestières, environ 40% de sa surface (i.e., le Parc Naturel Périgord-Limousin et autres boisements : ripisylve), et prairiales destinées en particulier à l'élevage de bovins (i.e., les paysages bocagers).

La deuxième zone correspond au fleuve Charente entre Civray et Angoulême et aux bassins versants de ses affluents (e.g., Aume-Couture, Bief, Péruse, etc). Elle est à dominante agricole. Les terres arables et les prairies représentent 50 % et 30 % de la superficie du secteur. Les premières sont occupées principalement par la culture du blé et du maïs et les secondes sont dédiées surtout à l'élevage de bovins.

La troisième zone regroupe le fleuve Charente entre Angoulême et Saintes et les bassins versants de ses tributaires (e.g., la Soloire, l'Antenne, le Né, la Seugne, etc). Elle est caractérisée par une prédominance des terres arables (i.e., céréales et oléagineux) et viticoles pour la confection du cognac et du pineau, soit 42 % et 20 % de la superficie du secteur.

La dernière zone correspond à la partie aval du bassin versant le long de la façade atlantique. Elle se singularise par la présence de prairies humides vouées à la céréaliculture et à l'élevage de bovins (e.g., les marais de Rochefort et de Brouage).

6. Zones humides

Le bassin versant de la Charente est caractérisé par une mosaïque paysagère dense et complexe de zones humides (e.g., forêts alluviales, marais littoraux, herbiers aquatiques, roselières, etc.). Elles représentent 10 % du territoire (EPTB Charente, 2016a) au premier rang desquelles figurent celles de la vallée du fleuve Charente. La plaine alluviale anastomosée charentaise est constituée d'une grande diversité de zones humides en raison des caractéristiques propres à ce type de structure fluviale (e.g., énergie et pente faibles, stabilité des formes fluviales, crue à cinétique lente, aquifère de subsurface, etc.). Les segments fluviaux Angoulême-Cognac et Cognac-Saint-Savinien sont reconnus comme des secteurs à fortes valeurs paysagères, écologiques et patrimoniales. Ils sont inscrits au sein du réseau Natura 2000 et sont identifiés comme Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique et comme Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux en raison de leur grande richesse faunistique et floristique (EPTB Charente, 2016a). La plaine alluviale anastomosée charentaise est ainsi reconnue comme un biotope remarquable et un réservoir de biodiversité très riche susceptible de fournir des services écosystémiques variés (e.g., épuration et zone tampon vis-à-vis des pollutions agricoles, habitats, soutien des débits d'étiage, rôle de zone tampon lors des crues, etc.). La préservation des fonctionnalités et la restauration du bon état écologique de ce type de milieux sont des objectifs prioritaires du SAGE Charente (EPTB Charente, 2016b).

7. Réseau hydrographique

Comme cela a été souligné en introduction, le réseau hydrographique du fleuve Charente se caractérise par son faible développement (fig. 14A-B). Cette situation résulte à la fois de la faiblesse des reliefs et des précipitations, du rôle du karst et de la part des héritages géomorphologiques (vallons secs).

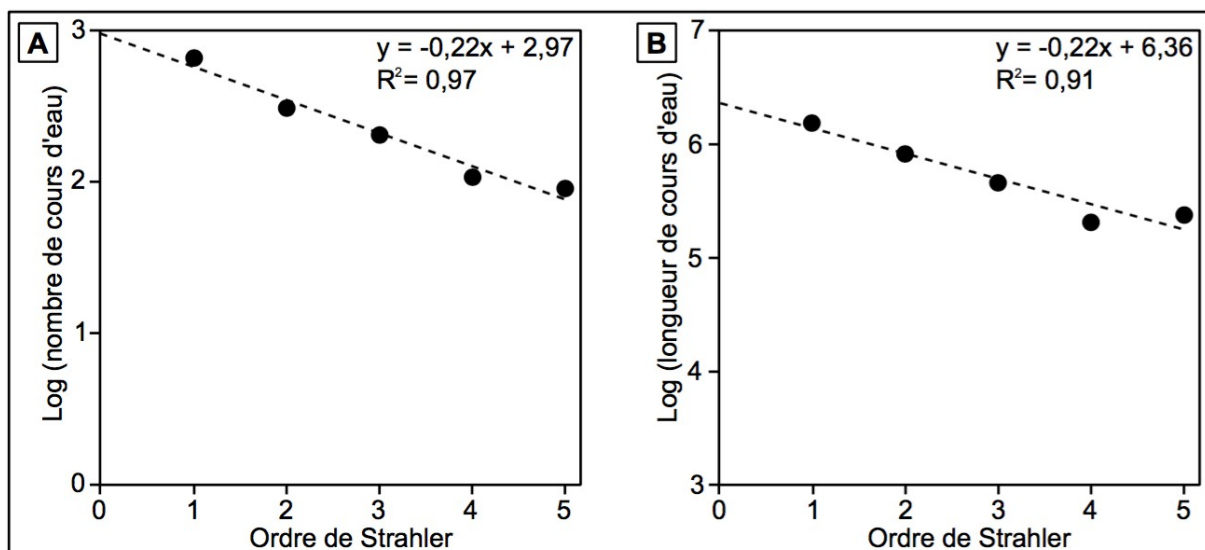


Fig. 14 – Structure du bassin versant du fleuve Charente d'après la méthode de Strahler.

A : Nombre de tronçons de cours d'eau selon la méthode de Strahler ; B : Longueur de cours d'eau selon la méthode de Strahler.

Le réseau hydrographique a été généré automatiquement via le Modèle Numérique de Terrain de l'IGN à 75 m. Il a été traité à l'aide des outils hydrologiques du logiciel *ArcGis 10.3*. Le seuil d'initiation du réseau hydrographique a été fixé à 1 km². Le résultat obtenu est globalement cohérent avec les données de la BD Carthage à l'exception des zones argileuses où le réseau apparaît sous-évalué en particulier au niveau de la dépression de l'Antenne et de la Soloire au nord de Cognac (fig. 15). Cependant, cela n'entraîne pas d'impacts majeurs sur l'organisation du réseau. Le réseau hydrographique ainsi extrait est long de 3 265 km. Le fleuve Charente atteint l'ordre 5 dans la classification de Strahler. Ce segment est anormalement long (fig. 14-15) en raison de la faible organisation de la Boutonne qui n'atteint que l'ordre 4.

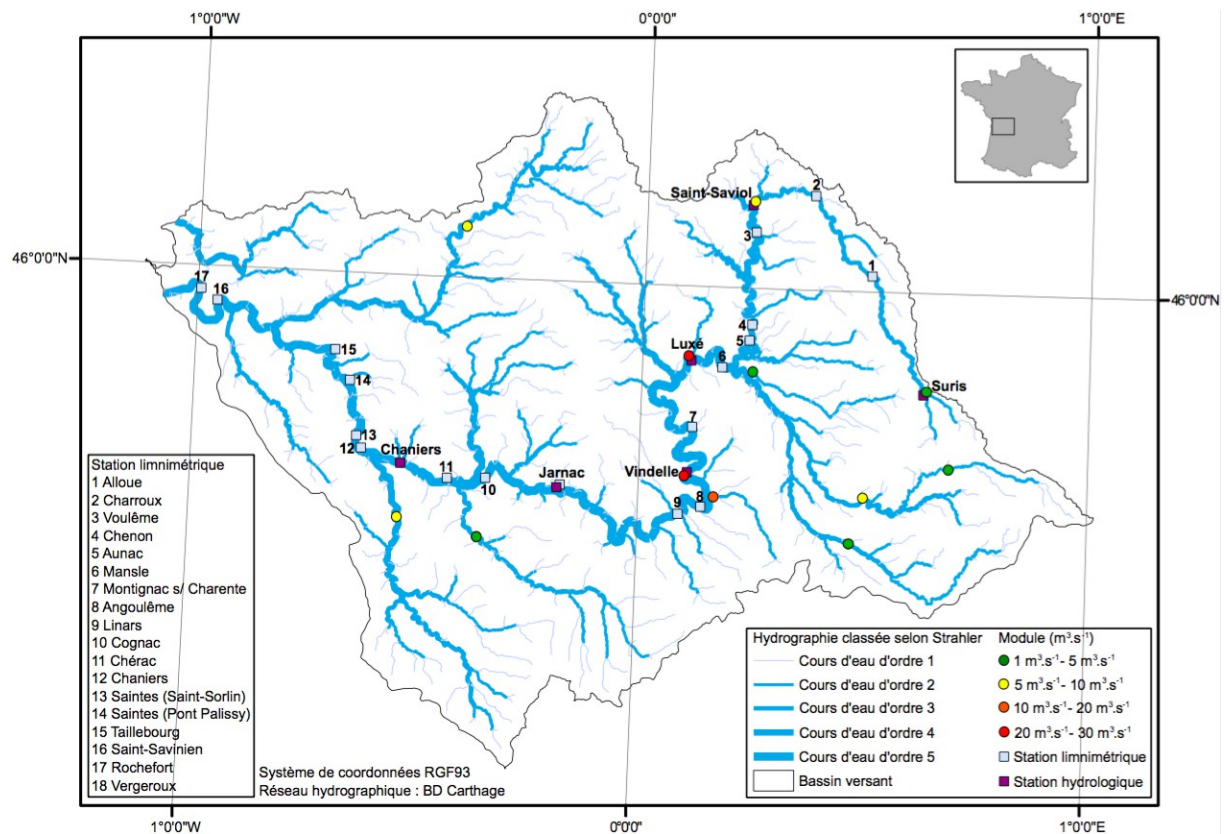


Fig. 15 – Organisation hydrographique du bassin versant du fleuve Charente.

8. Régime hydrologique du fleuve Charente

Les travaux académiques sur la géomorphologie et le fonctionnement hydrologique du fleuve Charente sont peu nombreux (Pinard, 1965 ; Bry et Hoflack, 2004 ; Giret, 2002, 2004 et 2016). Le régime hydrologique est renseigné à partir des données des quatre stations hydrologiques de Suris (1979), Vindelle (1977), Jarnac (Mainxe) (2002) et Chaniers (Beillant) (2004), les deux dernières étant situées sur le segment fluvial étudié (fig. 15). Les stations de Jarnac et Chaniers ne permettent pas de produire une analyse statistique des débits d'étiage et de crue en raison de leur installation récente (EPTB Charente, 2012). La description du régime s'est par conséquent focalisée sur les relevés de hauteur d'eau à Angoulême, Jarnac, Cognac et Saintes renseignés par le Service d'Annonce des Crues et ensuite par la DREAL Nouvelle-Aquitaine à partir de 1970 (fig. 15).

Le module est connu seulement dans le cours supérieur du fleuve Charente, l'influence de la marée rend quant à elle son estimation difficile dans la partie en aval de Saintes (tab. 2). Le module est très faible à Suris de $1,4 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ pour un bassin-versant (BV) de 110 km^2 et reste modeste jusqu'à Saint-Saviol où il dépasse à peine $6,05 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (BV= 492 km^2). Le fleuve Charente reçoit ensuite les apports des affluents de rive gauche (i.e., l'Argent-Or et la Son-Sonnette) et présente alors un module de $30,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à Vindelle. Ce dernier augmente ensuite significativement sous les apports de la Tardoire à Angoulême soit l'équivalent d'un tiers de sa valeur. Il atteint $44,8 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à Jarnac (BV= 4160 km^2) puis $63,9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à Chaniers (BV= 7412 km^2) et enfin $140 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à Saintes (BV= 7450 km^2). Le module estimé pour la partie estuarienne serait de $77 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à Saint-Savinien selon les modélisations hors influence de la marée et prélèvements anthropiques, réalisées sur la période 1980-2007 (EPTB Charente, 2012).

Le débit spécifique évolue logiquement de manière inverse à la surface du bassin-versant (tab. 2). Il est élevé au niveau de Suris de l'ordre de $13,2 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ en raison du positionnement du maximum pluviométrique entre les têtes de bassins du fleuve Charente et de son affluent la Touvre ($P > 1000 \text{ mm}$, Météo-France). Il s'abaisse à $8 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ à Vindelle. Son évolution vers l'aval est quant à elle inconnue.

	Station hydrologique				Station limnimétrique	
	Suris	Vindelle	Jarnac	Chaniers	Angoulême	Saintes
Surface (km²)	110	3750	4160	7412	-	7450
Période de mesure	2014-2021	1977-2021	1990-2021	2004-2021	-	-
Q_{ma} (m³.s⁻¹)	1,31	29,79	47	64,04	-	-
Q_{min} (m³.s⁻¹)	0,54	4,65	13,09	17,01	-	-
Q_{max} (m³.s⁻¹)	2,83	64,89	99,01	147,33	-	-
Module (m³.s⁻¹)	1,46	30,2	44,8	63,9	-	140
Q_{sp} (l.s⁻¹.km²)	13	8	-	-	-	-
Q₂ (m³.s⁻¹)	17,8	180	215	319	-	320
Q₅ (m³.s⁻¹)	30,8	303	273	484	-	450
Q₁₀ (m³.s⁻¹)	41,1	399	310	602	440	535
Q₂₀ (m³.s⁻¹)	51,7	498	343	718	-	620
Q₅₀ (m³.s⁻¹)	67,8	644	-	-	560	750
Q₁₀₀ (m³.s⁻¹)	-	-	-	-	645	815
Sources	HYDRO	HYDRO	HYDRO	HYDRO	EPTB Charente (2016)	SOGREAH (2006)

Tab. 2 – Synthèse des caractéristiques hydrologiques du régime du fleuve Charente.

Q_{ma} : débit moyen annuel ; Q_{min} : débit mensuel minimal calculé à partir des débits moyens mensuels ; Q_{max} : débit mensuel maximal calculé à partir des débits moyens mensuels ; Q_{sp} : débit spécifique ; Q₂ : débit instantané maximal à fréquence biennale ; Q₅ : débit instantané maximal à fréquence quinquennale ; Q₁₀ : débit instantané maximal à fréquence décennale ; Q₂₀ : débit instantané maximal à fréquence vicennale ; Q₅₀ : débit instantané maximal à fréquence cinquantennale ; Q₁₀₀ : débit instantané maximal à fréquence centennale.

Si le module du fleuve Charente est modeste, son régime est marqué par un fort contraste saisonnier conformément au régime pluvial océanique simple typique (Giret, 2002). Ce régime se renforce d'est en ouest, en liaison avec le gradient pluviométrique régional et l'augmentation du contraste pluviométrique mensuel entre été et hiver. Il est davantage prononcé sur le littoral (entre 60 mm et 90 mm par mois) que sur les contreforts du Massif Central limousin (entre 50 mm et 60 mm par mois) où les précipitations sont plus régulières.

Le régime du fleuve Charente est caractérisé par un décalage des périodes de hautes eaux et de basses eaux selon un gradient amont-aval (fig. 16A-D). La partie la plus en amont est soumise à une influence continentale. Elle est décrite au niveau de la station de Suris (fig. 16A). Les données mettent en évidence deux maximums, l'un en février ($2,83 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) attribué à la période de hautes eaux et l'autre en Août ($2,50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) en liaison avec les phénomènes orageux sur les têtes de bassins du fleuve Charente et de son affluent la Touvre autour du Massif de l'Arbre. Elles font également ressortir deux minimums, en juin ($0,54 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et en octobre ($0,60 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$), le second étant le plus prononcé et à l'origine parfois d'assecs sévères. L'influence continentale cesse ensuite d'être déterminante à partir de Charroux. Le régime du fleuve Charente à Vindelle s'organise autour d'un étiage pluri-mensuel de juin à septembre avec un minimum très marqué en Août ($4,65 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et d'une période de hautes eaux entre novembre et mars avec un maximum en janvier ($64,89 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) (fig. 16B). Au centre du bassin, en aval d'Angoulême, le régime se distingue à la station de Jarnac par un décalage de la période des hautes eaux de décembre à mars avec un maximum déplacé en février ($99,01 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) (fig. 16C). Il se différencie par un allongement de la période de basses eaux entre juillet et octobre avec un minimum très marqué en septembre ($13,09 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). Ce type d'évolution se confirme dans la partie la plus en aval du fleuve d'après les données de la station de Chaniers (fig. 16D).

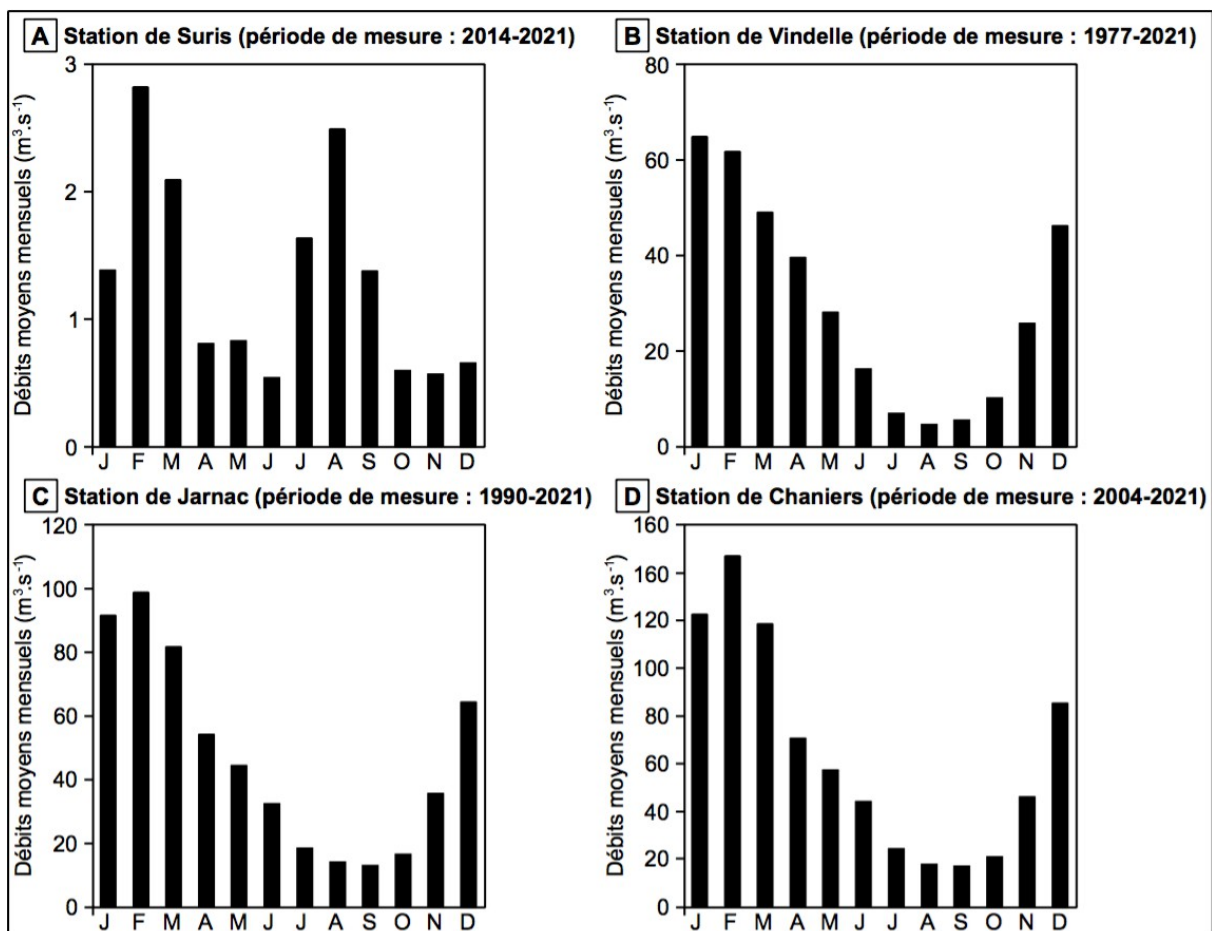


Fig. 16 – Débits moyens annuels à quatre stations hydrologiques du fleuve Charente.
A : Station de Suris ; B : Station de Vindelle ; C : Station de Jarnac ; D : Station de Chaniers.
Source : Banque HYDRO.

La variabilité inter-annuelle est particulièrement marquée. Les étiages d'été peuvent être très prononcés et se prolonger dans le temps en raison de l'irrégularité des précipitations et de l'importance de l'évapotranspiration. Les débits du fleuve Charente atteignent alors des valeurs très faibles qui peuvent entraîner le colmatage des chenaux anastomosés. De ce fait, des seuils de débit de crise (DCR) et de débit d'objectif d'étiage (DOE) ont été déterminés afin d'appliquer une gestion quantitative de l'eau adaptée en temps de sécheresse. Le débit du fleuve Charente atteint régulièrement des valeurs proches ou inférieures aux seuils du DCR et du DOE. C'est le cas en particulier au cours de l'étiage de juillet à octobre 2019. Le débit du fleuve Charente à Chaniers (Beillant) a présenté des valeurs inférieures au DOE fixé à $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pendant 95 jours (11 juillet – 18 octobre) et est descendu à $7,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Chaniers en-dessous du seuil du DCR estimé à $9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (EPTB Charente, 2019).

La modélisation des évolutions climatiques régionales à la station de Cognac tend à montrer un renforcement des étiages d'ici 2040. Les scénarios climatiques rendent compte d'une réduction des précipitations moyennes annuelles de 60 à 80 mm, d'une modification du régime annuel des précipitations associée à une diminution des pluies au cours des mois de l'hiver, une augmentation de l'évapotranspiration estimée à plus de 60 mm sur la période 2000-2040 et d'une augmentation de la température moyenne annuelle d'environ 1°C d'ici 2040 (EPTB Charente, 2012).

À l'inverse des étiages qui peuvent atteindre des niveaux très bas, le fleuve Charente connaît des crues principalement hivernales fréquentes, longues et parfois de forte ampleur à l'origine de débits journaliers très élevés (Giret, 2004 et 2016). À titre d'exemple, à Saintes, les débits de crue journaliers sont estimés à $620 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour la crue de février 2021, à $750 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour la crue cinquantennale de 1994 et à $815 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pour la crue centennale de 1982 (EPTB Charente, 2016a). Malgré la modestie de ces valeurs, la faible dimension du lit mineur et la pente très faible du profil en long du cours d'eau conduisent à des crues saisonnières lentes et longues (Pinard, 1965), à l'image de la crue hivernale de janvier 2018 (fig. 17A-D).

Les crues du fleuve Charente naissent généralement dans le haut-bassin, à l'amont de Mansle. Elles se produisent essentiellement entre décembre et avril en réponse à des précipitations prolongées liées à des perturbations océaniques d'ouest qui génèrent des abats d'eau supérieurs à 100 mm en quelques jours. Ainsi, en décembre 1982, le cumul des précipitations a atteint 247 mm en 17 jours. Le fleuve Charente est ainsi confronté à deux types de crues (DREAL Poitou-Charentes, 2014 ; EPTB Charente, 2016a) :

1) Les crues générées par des épisodes pluviométriques courts (3 à 4 jours), mais intenses. Elles provoquent la naissance d'une onde de crue forte, mais de courte durée. Les débits enregistrés à Angoulême sont élevés, mais plus modérés à Saintes suite à l'atténuation de l'onde de crue lors de sa propagation vers l'aval. La crue de mars-avril 1962 est caractéristique de ce type d'évènement. La hauteur d'eau observée à Angoulême figure parmi les plus élevées (5,40 m), à l'inverse à Saintes, elle a atteint une valeur modérée (5,68 m).

2) Les crues dues à des précipitations persistantes (supérieures à une semaine) et soutenues sont à l'origine d'une onde de crue longue à Angoulême. La crue se renforce vers l'aval, la durée de l'épisode entraînant la contribution efficace des affluents à la pointe de crue. Le débit à Saintes atteint des valeurs très élevées. Les crues de février 1904, de décembre 1982, de janvier 1994 et de février 2021 sont à ce titre exemplaires. Saintes a enregistré des hauteurs d'eau parmi les plus fortes relevées respectivement 6,77 m, 6,84 m, 6,67 m, et 6,18 m à l'inverse elles sont restées modérées à Angoulême 5,17 m, 5,57 m et 5,32 m et 4,84 m.



Fig. 17 – Crue saisonnière de janvier 2018.

A : Quai des Pontis à Cognac (24 janvier 2018) ; B : Camping municipal de la rue de Saintonge à Dompierre-sur-Charente (27 janvier 2018) ; C : Sentier des Courlis face à la Cathédrale Saint-Pierre à Saintes (27 janvier 2018) ; D : Prairies inondées le long de la route de Courbiac près de Saintes (23 janvier 2018). Source : A. Duquesne.

Quelle que soit la situation météorologique, les crues ont une cinétique lente. Elles sont caractérisées par une montée des eaux et une décrue lentes, des vitesses d'écoulement faibles, des durées de submersion longues (quatre à six semaines) et une forte extension des eaux dans le lit majeur, large de 2 à 3 km à certains endroits (fig. 18). La propagation de l'onde de crue est estimée entre 48h et 96h entre Angoulême et Saintes et de 24h à 36h de Saintes à Saint-Savinien (Pinard, 1965). La conjonction entre crue et fortes marées est susceptible de ralentir l'évacuation des eaux de crue dans la partie aval du bassin.

La dernière grande crue de février 2021 est à ce titre représentative des crues du fleuve Charente (fig. 18). Elle fait suite à un épisode long de pluies régulières, environ 100 mm sont tombés en 10 jours, à l'origine d'une onde de crue longue à l'amont du bassin. Cette dernière s'est propagée en 52h entre Mansle et Angoulême, en 31h entre Angoulême et Cognac

et en 22h entre Cognac et Saintes. Le fleuve Charente a de ce fait atteint son pic de crue en treize jours à Angoulême et en huit jours à Saintes. La période de décrue a quant à elle été très longue : dix-huit jours à Angoulême et seize jours à Saintes, mais l'eau s'est maintenue encore une quinzaine de jours dans les prairies inondables et la forêt alluviale. Les hauteurs d'eau enregistrées témoignent du caractère exceptionnel de l'évènement. La crue a en effet atteint 4,85 m à Angoulême et 6,18 m à Saintes. 46 communes en Charente et 22 en Charente-Maritime ont fait pour l'instant l'objet d'une reconnaissance d'état de catastrophe naturelle pour inondation et/ou coulée de boue. À l'échelle de Saintes, par exemple, les impacts ont été considérables : évacuation de 440 habitants, inondation de 40 rues et de 2 000 à 2 500 maisons, coupures d'électricité, fuite de fuel, dispersion des déchets par l'eau, etc. Les alentours de Saintes ont également été très touchés, par exemple, le village de Courcoury entouré par les eaux des cours d'eau de la Seugne et de la Charente est devenu une île.



Fig. 18 – Crue du fleuve Charente au niveau de la Baine (Chaniers) le 16 février 2021.

Source : LIENSs. N. Lachaussée et A. Duquesne.

L'ampleur des débordements résulte à la fois de la modestie du lit mineur, de la faiblesse de la pente et de la présence de verrous topographiques en particulier les traversées de Saintes et de Cognac. La réduction des zones d'expansion de crue (prairies, espaces boisés et champs céréaliers) au profit de l'urbanisation conduit également à renforcer son intensité.

Les deux grandes crues de décembre 1982 et janvier 1994 ont montré l'ampleur de la vulnérabilité des territoires charentais face aux inondations, confirmée par la crue récente de février 2021. Cela a conduit à la mise en œuvre du PAPI Charente et Estuaire (2012-2016 reconduit jusqu'en 2022) et à l'identification de la lutte contre les inondations comme l'un des cinq objectifs prioritaires du SAGE Charente (EPTB Charente, 2016b). Les actions portent surtout sur la restauration des zones tampons et l'entretien d'une culture du risque (e.g., pose de repères de crue, exposition).

9. Évolution amont-aval du style fluvial/plaine alluviale du fleuve Charente

Un découpage provisoire de la plaine alluviale du fleuve Charente a été produit sur une base qualitative à partir d'une observation du style fluvial via les photographies aériennes récentes (2018) de l'IGN (fig. 19). Il permet de justifier le choix des sites d'étude dans le cadre des travaux de terrain (i.e., carottages, tomographie de résistivité électrique, bathymétrie). Une segmentation en quatre zones d'homogénéité relative a alors été retenue et a ensuite été affinée en fonction de l'avancée des travaux géomorphométriques.

La section la plus en amont du fleuve Charente de sa source jusqu'à Civray présente une structure fluviale à chenal unique (fig. 19A). La pente γ est faible avec une pente moyenne de 1,68‰ (EPTB Charente, 2003) mais elle est légèrement plus élevée par rapport au reste du linéaire fluvial. Les caractéristiques hydrologiques du segment fluvial sont décrites à partir des données de la station de Suris. Les débits sont ainsi très faibles avec un débit moyen de $2,83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en février lors des hautes eaux et un débit moyen de $0,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en juin lors des basses eaux. La faiblesse des valeurs de débits ($Q_2 = 17,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et de largeur du chenal ($l = 12 \text{ m}$) confère au fleuve Charente au niveau de Suris une puissance spécifique extrêmement faible estimée à $2,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Ce segment est marqué par l'aménagement de deux barrages-réservoirs, celui de Lavaud et celui du Mas Chaban. Ils ont été construits pour soutenir l'étiage estival du fleuve Charente jusqu'à Angoulême.

Le fleuve Charente entre Civray et Angoulême se différencie par le développement d'une anastomose complexe telle que décrite par Nanson et Croke (1992) (fig. 19B). Elle présente une morphologie à chenaux multiples constituée d'un chenal principal, large et peu profond, et de plusieurs chenaux secondaires (un à onze) entrecroisés autour d'îles végétalisées de dimension variée et de forme allongée. À la station de Vindelle, les débits de la Charente sont modestes. Le débit moyen minimum atteint $4,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en août et le débit moyen maximal enregistre $64,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en janvier. Le débit de plein bord est évalué à $190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La modestie des valeurs de débit et la faiblesse des valeurs de pente donnent au fleuve Charente au niveau de Vindelle une puissance spécifique faible estimée à $15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Ce secteur est alimenté par des affluents, la Bonnière et la Touvre, et des sous-affluents, le Bandiat et la Tardoire développés en partie sur le karst de La Rochefoucault.

Le fleuve Charente entre Angoulême et Cognac est caractérisé par l'alternance de segments anastomosés et méandriformes inscrits au sein d'une plaine alluviale à faible pente estimée à 0,24‰ (fig. 19C). La morphologie fluviale correspond ici à une anastomose simple : elle présente le plus souvent un chenal large, peu profond et peu sinueux, et quelques chenaux secondaires (un à quatre), étroits et peu profonds, séparés par des îles enherbées et/ou boisées de dimension et de forme variées (Duquesne *et al.*, 2021, sous presse). Le fleuve Charente au niveau de Jarnac est associé à une puissance spécifique faible de l'ordre de $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ expliquée par la modestie des débits, Q_2 est estimé à $145 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, et par la faiblesse de la pente. L'influence des affluents est très limitée sur ce tronçon fluvial.

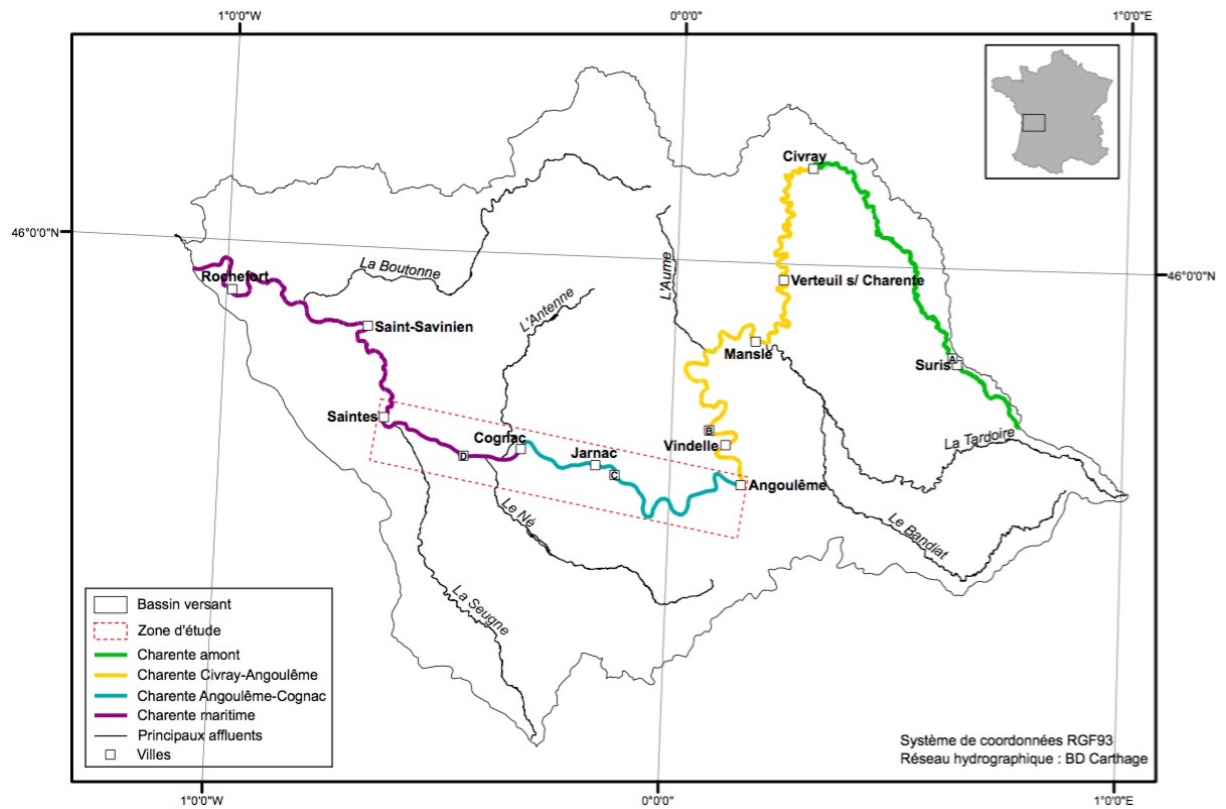


Fig. 19 – Segmentation provisoire et paysages de la plaine alluviale du fleuve Charente.
 A : Le fleuve Charente à Suris (IGN 02/08/2017) ; B : Le fleuve Charente à Marsac (IGN 14/08/2017) ; C : Le fleuve Charente à Bassac (IGN 14/08/2017) ; D : Le fleuve Charente à Brives-sur-Charente (IGN 17/04/2018).

La Charente maritime, à l'aval de Cognac jusqu'à son embouchure estuarienne, présente une structure fluviale méandrique insérée dans une plaine alluviale à très faible pente de l'ordre de 0,06‰ (EPTB Charente, 2016a) (fig. 19D). Ses caractéristiques hydrologiques sont décrites à partir de la station de Chaniers, les débits étant très mal connus dans la section en aval du cours d'eau faute de stations. Le fleuve Charente atteint une puissance spécifique très faible estimée à 5 W.m^{-2} en raison de la modestie de son débit (e.g., débits de crues pondérés $Q_6 = 430 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ et $Q_{100} = 700 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) et de la faiblesse de sa pente. Le segment fluvial est soumis à l'influence de la dynamique de la marée jusqu'à Chaniers et reçoit des affluents de forte importance tels que l'Antenne, le Né et la Seugne à l'amont de Saintes et la Boutonne à l'amont de Tonnay-Charente.

10. Conclusion

Le fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes, présente un style fluvial à anastomose simplifiée dans sa section amont et un style fluvial à chenal unique à méandres dans sa section aval. Le régime du fleuve Charente est caractérisé par un fort contraste saisonnier conformément au régime pluvial océanique simple. Sur cette partie du linéaire, la période de hautes eaux est décalée de décembre à mars et la période de basses eaux s'étire entre juillet et octobre. L'une des caractéristiques du cours d'eau est la faiblesse des vitesses d'écoulement en liaison avec la modestie de la pente du bassin versant et du profil en long ce qui se traduit par des crues lentes et longues aux dommages parfois considérables à l'image de la dernière grande crue de février 2021. Le fleuve Charente connaît des étiages sévères et particulièrement longs en raison de l'irrégularité des précipitations et de l'importante évapotranspiration potentielle. Ce dernier point représente un enjeu considérable en termes de gestion des chenaux anastomosés dans la partie amont du fleuve Charente.

Chapitre 3. Enjeux scientifiques, échelles d'analyse et démarches méthodologiques

1. Introduction

Ce chapitre définit le contexte scientifique dans lequel s'insère ce travail. Après une présentation des travaux antérieurs menés sur le fleuve Charente, ce chapitre expose les enjeux scientifiques sur le plan local et explicite la problématique et les objectifs de recherche de ce travail. Enfin, la démarche méthodologique globale est présentée.

2. Contexte scientifique de recherche

2.1. Le fleuve Charente, un cours d'eau peu étudié

Cette partie du travail présente une synthèse des travaux sur le fleuve Charente afin de mieux appréhender le contexte de la recherche scientifique à l'échelle locale. Un inventaire des publications scientifiques (e.g., articles, chapitres d'ouvrages, thèses, communications de congrès, etc.) a ainsi été effectué à partir d'un système de requêtes par mots-clés utilisé auprès des plateformes et des bases de données scientifiques.

Les premiers travaux sur le fleuve Charente s'appuient sur une approche monographique à l'échelle du linéaire. Ce type de travaux documente l'origine et la morphologie de la vallée du fleuve Charente (Passerat, 1911 ; Enjalbert H., 1947, 1952), le fonctionnement hydrologique élémentaire (Grelie, 1933 ; Pinard, 1965) et l'histoire de la navigation fluviale et des principaux ports fluviaux charentais depuis l'Antiquité (Grelie, 1933 ; Renard, 1993).

Au cours des années 2000 et 2010, le fleuve Charente a fait l'objet de quelques travaux problématisés en hydrologie (Giret, 2002, 2004, 2016 ; Bry et Hoflack, 2004) et d'une synthèse sur l'histoire des usages et des aménagements du cours d'eau (Jouannet, 1992). En revanche, aucune attention n'a été portée sur les thématiques de la géomorphologie, de la géohistoire des risques (e.g., inondation) et des géosciences (e.g., transport sédimentaire).

L'archéologie fluviale a quant à elle suscité un intérêt croissant et est devenue une discipline à l'origine d'une multitude de travaux à l'échelle de sites sur le secteur étudié et hors emprise spatiale de ce travail (e.g., Bourg-Charente, Saint-Simon, Vibrac, Angeac-Charente, Saintes, Taillebourg, le Priouté, Orlac, Port-Berteau, etc.). Les périodes antiques et médiévales sont relativement bien documentées (e.g., Chapelot et Rieth, 1995, 2004 et 2007 ; Chapelot, 2005 ; Rieth, 2010 ; Dumont et Mariotti, 2013 ; Mariotti, 2018, 2019a, 2019b ; Decoinck, 2019 ; Letuppe, 2019 ; Moyat, 2019 ; etc.), tout comme les périodes néolithiques et protohistoriques (e.g., Gomez de Soto, 1982 ; Gomez de Soto et Joussaume, 1987 ; Briard *et al.*, 2001 ; Burnez *et al.*, 2003 ; Billaud, 2010 ; Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019 ; etc.).

2.2. Une connaissance lacunaire de l'histoire des inondations

Si le fonctionnement hydrologique élémentaire du fleuve Charente fait effectivement l'objet de quelques travaux (Pinard, 1965 ; Giret, 2002, 2004, 2016 ; Bry et Hoflack, 2004), aucune étude universitaire approfondie ne concerne spécifiquement l'histoire des inondations et des risques ainsi que leur mode de gestion à l'échelle pluriséculaire et ce malgré l'omniprésence de ce risque sur le territoire. Les dernières grandes crues de décembre 1982, janvier 1994 et février 2021 ont d'ailleurs montré l'ampleur des espaces vulnérables. Cette absence de travaux antérieurs est probablement multifactorielle : le manque de sources historiques disponibles, la relative absence des événements catastrophiques avant la crue récente de février 2021 la dernière grande crue remontait à 1994, la récurrence des débordements saisonniers, et les caractéristiques spécifiques du régime de crues (i.e., montée de crue lente, vitesses d'écoulement faibles, érosion des berges limitée, décrue très lente).

La « crue du siècle » de décembre 1982 a toutefois marqué un véritable tournant dans la politique de gestion du risque d'inondation à l'échelle du bassin versant du fleuve Charente, évoluant d'une simple politique de réparation à une politique de prévention. Sous l'impulsion des acteurs locaux, diverses mesures ont été mises en place afin de réduire les conséquences de l'inondation : creusement d'un canal en amont de Saintes pour faciliter l'écoulement des eaux, suppression d'ouvrages, restructuration du dispositif d'annonce des crues et mise en œuvre d'un plan d'exposition au risque d'inondation.

Les années 2000 voient la mise en œuvre des PPRI, la création du PAPI de 1^{ère} génération (2004-2010) puis du PAPI *Charente et Estuaire* (2012-2016 reconduit jusqu'en 2022) et l'identification de la lutte contre les inondations comme un des objectifs prioritaires du SAGE Charente (EPTB Charente, 2016b). La section du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes est reconnue comme Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) dans le cadre de l'Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation orchestrée sous l'égide de la Directive Inondation (DREAL Poitou-Charentes, 2014). Pourtant, aucune révision des connaissances historiques sur les inondations, leur chronologie et leur contextualisation historique et spatiale n'a été réalisée. La connaissance des inondations historiques se limite surtout aux événements majeurs dont 1982 et 1994 et à un état des connaissances historiques limité. Seuls 24 événements majeurs datés entre 1579 et 2014, ont été mentionnés dans les documents administratifs de référence (DREAL Poitou-Charentes, 2014).

2.3. Une connaissance limitée des usages et des aménagements historiques

Les travaux historiques et archéologiques sur les usages anciens du cours d'eau et leurs aménagements associés permettent d'identifier plusieurs phases majeures dans la trajectoire d'anthropisation du fleuve Charente. Ce type de travaux met en évidence une phase d'aménagement hydraulique progressif amorcée dès le haut Moyen Âge pour la navigation (Dumont et Mariotti, 2013) et la maîtrise hydraulique (Debord, 1984). Les travaux de Grellie (1933), Jouannet (1992) et Renard (1993) démontrent quant à eux une phase d'aménagement massif au cours de la période moderne, entre la fin du XVIII^e siècle et la fin du XIX^e siècle, attribuée à la navigation commerciale et à la petite hydraulique. Jouannet (1992) sug-

gère une phase d'abandon du fleuve vers le milieu du XX^e siècle en accord avec le déclin de la navigation et des moulins. Les travaux géohistoriques menés dans ce travail permettront de préciser chronologiquement ses grandes phases d'aménagement et d'identifier leur rôle dans l'évolution de la dynamique fluviale du cours d'eau sur la période récente (1700-Actuel), ce dernier point n'ayant jusqu'à présent jamais fait l'objet de travaux. Les périodes anciennes sont abordées quasi-exclusivement à travers les données archéologiques car il existe pour l'instant très peu de données sur les modalités d'occupation du bassin versant aux périodes néolithiques et protohistoriques ainsi que sur l'impact des sociétés anciennes dans la trajectoire d'évolution du cours d'eau.

2.4. Une rupture du style fluvial

Le fleuve Charente a jusqu'à présent fait l'objet de peu de travaux tant d'un point géomorphologique qu'hydrogéomorphologique. De ce fait, aucun travail n'a jusqu'à présent été consacré à l'étude de sa structure fluviale et de sa dynamique au cours de l'Holocène. Ce cours d'eau se caractérise par la coexistence d'une anastomose complexe dans sa section amont entre Civray et Angoulême et d'une anastomose simplifiée dans sa section médiane d'Angoulême à Cognac telles que définies par Nanson et Croke (1992). Il adopte ensuite un style à méandre en aval de Cognac jusqu'à son embouchure estuarienne. La rupture nette du style fluvial au niveau de Cognac a été expliquée par une modification brusque de direction de la vallée du cours d'eau en liaison avec l'orientation E-O des terrains du Crétacé et NO-SE des formations du Jurassique (Passerat, 1911). Cependant Bourgueil (2005) avance quant à lui l'hypothèse d'une construction de la plaine alluviale par progradation.

3. Question de recherche

À ce titre, ce travail répond à la problématique générale :

Comment un cours d'eau à faible énergie répond à la variabilité environnementale tant hydro-climatique qu'anthropique à l'échelle multi-séculaire ?

4. Objectifs de recherche

Ce travail propose tout d'abord de reconstituer la trajectoire d'évolution du fleuve Charente, d'Angoulême à Saintes, à l'échelle multi-séculaire, et de déterminer le rôle des forçages anthropiques, des héritages géomorphologiques et de la variabilité hydro-climatique à l'origine de son évolution. Cet objectif implique un double enjeu. Il répond à un enjeu de connaissance fondamentale. Les données et les résultats acquis permettront de documenter le fonctionnement et la dynamique d'évolution des cours d'eau à faible énergie sur le temps court, moyen et long en se focalisant notamment sur l'anastomose. Les travaux consacrés à cette problématique sont encore peu nombreux (e.g., Pisūt, 2002 ; Hohensinner *et al.*, 2004 ; Lewin, 2010 ; Słowik, 2013, 2014, 2015 ; Máčka, 2016 ; Marcinkowski *et al.*, 2017 ; Brown *et al.*, 2018 ; Duquesne *et al.*, 2020 ; etc.). Cet objectif vise également à un enjeu de connaissance locale sur le fleuve Charente par l'apport de nouvelles données tant d'un point de vue géohistorique, hydrogéomorphologique que géomorphologique. Ce travail vise à terme à

mieux prioriser et évaluer les politiques de gestion et de protection et le cas échéant de restauration à l'échelle du bassin versant et à participer à l'élaboration de référentiels pour la gestion intégrant les spécificités de fonctionnement des cours d'eau à faible énergie.

Ce travail se focalise ensuite sur la question de l'origine et du maintien d'un style fluvial atypique, l'anastomose, jusque-là non identifié par les gestionnaires sur la section amont du linéaire d'étude, entre Angoulême et Cognac. Si les caractéristiques géomorphologiques des anastomoses sont documentées dans la littérature (e.g., Smith, 1976 ; Smith et Putnam, 1980 ; Smith et Smith, 1980 ; Rust, 1981 ; Smith, 1983, 1986 ; Nanson *et al.*, 1986 ; Fagan, 2001 ; etc.), la genèse de l'anastomose et les facteurs de formation et/ou d'évolution restent encore méconnus et très discutés (Makaske, 2001 ; Abbado *et al.*, 2005 ; Lavooi, 2010). D'après Makaske (1998), améliorer la connaissance de l'origine de l'anastomose est devenu l'un des enjeux majeurs de la géomorphologie fluviale depuis ces deux dernières décennies.

Enfin, ce travail se propose d'expliquer l'origine de la rupture du style fluvial à Cognac et la transition anastomose/méandrage. Ce dernier point a fait l'objet pour l'instant de rares travaux en géomorphologie (Bourgueil, 2005).

Au final, ce travail de recherche propose 1) d'identifier les facteurs de contrôle hydro-climatiques et anthropiques et d'analyser leur rôle dans l'évolution de la dynamique fluviale du fleuve Charente ; 2) d'analyser la dynamique d'évolution de la mosaïque fluviale sur la période récente (i.e., 1700-Actuel) et sur la période ancienne (i.e., les derniers millénaires) ; 3) de caractériser l'architecture et l'organisation sédimentaires de la plaine alluviale et de ses formes et 4) de mettre en évidence les spécificités de dynamique d'évolution entre la section amont anastomosée et la section aval méandrique. Ce travail vise aussi à répondre à un objectif méthodologique. Il apporte une dimension appliquée à la notion de trajectoire d'évolution en travaillant sur divers niveaux d'analyse et sur plusieurs échelles spatiales et chronologiques et ré-adapte sur un cours d'eau à faible énergie des méthodologies expérimentées généralement sur des systèmes fluviaux à moyenne et forte énergie.

5. Approche méthodologique

La méthodologie de ce travail s'appuie sur la complémentarité des données géohistoriques, géomorphométriques et géomorphologiques afin d'appliquer une étude systématique et multiséculaire du fleuve Charente (fig. 20). L'évolution de la trajectoire historique de la dynamique fluviale est appréhendée à partir de divers niveaux d'étude (i.e., formes fluviales, processus) et de plusieurs échelles spatiales (i.e., linéaire, zone, tronçon, site). Elle est étudiée également à partir de deux échelles chronologiques : au cours des trois derniers siècles par l'analyse des sources géohistoriques (1700-Actuel) et au cours des derniers millénaires par l'exploitation des données de terrain (i.e., géophysique, carottage).

5.1. Apports de l'approche géohistorique

Le volet géohistorique se concentre sur l'identification des facteurs de contrôle aussi bien hydro-climatique qu'anthropique et sur l'analyse de leur rôle dans la trajectoire d'évolution

de la dynamique fluviale du cours d'eau sur la période récente (1700-Actuel). La période d'analyse a été fixée selon la quantité, la qualité et la disponibilité des sources historiques, ces dernières étant relativement rares et de moins bonne qualité avant le XVIII^e siècle. Ce volet repose sur la constitution d'un vaste corpus documentaire très diversifié (i.e., textes d'archives, cartes historiques, statistiques agricoles et forestières, etc.) auprès des centres d'archives départementaux et municipaux et des fonds numérisés de divers organismes (e.g., BnF, Météo-France, etc.). Une base de données Atlas Géohistorique du Fleuve Charente et un Observatoire Photographique des Paysages du Fleuve Charente ont été créés afin de faciliter le traitement et de valoriser l'information historique.

Les sources géohistoriques sur les crues du fleuve Charente ont permis de caractériser la dynamique hydrologique actuelle et d'analyser son évolution sur la période récente. Cette partie du volet géohistorique permet 1) d'améliorer la connaissance locale sur le forçage hydro-climatique sur le temps long à travers l'étude du régime de crues ; 2) d'analyser l'évolution de la fréquence, de l'intensité et de la saisonnalité des crues et 3) de confronter la chronologie des crues charentaises établie avec les dynamiques climatiques globales, régionales et locales, et les chroniques de crues des fleuves de la façade atlantique française afin de mettre en évidence d'éventuelles spécificités propres au fleuve Charente.

Les données géohistoriques ont également contribué à retracer et à analyser les changements d'occupation du sol à l'échelle du bassin versant et l'évolution des usages et de leurs aménagements à l'échelle du fleuve Charente sur la période récente (1700-Actuel). Elles permettent 1) d'identifier les dynamiques majeures d'évolution de l'occupation du sol à l'échelle du bassin versant ; 2) de déterminer et de caractériser les principaux usages du fleuve Charente et leurs aménagements associés (localisation, fonction, nature) ; et 3) de retracer leur chronologie et leur évolution lorsque cela est possible sur au moins les trois derniers siècles.

5.2. Apports de l'approche géomorphométrique

Le volet géomorphométrique s'appuie sur la constitution d'un corpus de documents cartographiques de 1600 à nos jours à partir des cartothèques de divers organismes. Au final, quatre cartes (i.e., 1866, 1899, 1972, 2017) ont été intégrées sous SIG (i.e., géoréférencement, digitalisation, segmentation de la plaine alluviale par polygone de Thiessen, etc.). Ce travail est adapté d'une méthode déjà éprouvée sur d'autres systèmes fluviaux (e.g., Alber et Piégay, 2011 ; Ziliani et Surian, 2012 ; David *et al.*, 2016, etc.). Une série d'indices quantitatifs ont ensuite été mesurés/calculés à intervalle régulier le long du linéaire d'étude aux quatre dates d'analyse sous *Qgis* et base de données spatiales *PostGis*. Les données statistiques obtenues ont été traitées par Analyse en Composante Principale (ACP) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). L'ensemble concourt à caractériser et à analyser la dynamique de la mosaïque fluviale entre 1866 et l'Actuel à partir de la description géomorphométrique de la plaine alluviale et de son organisation.

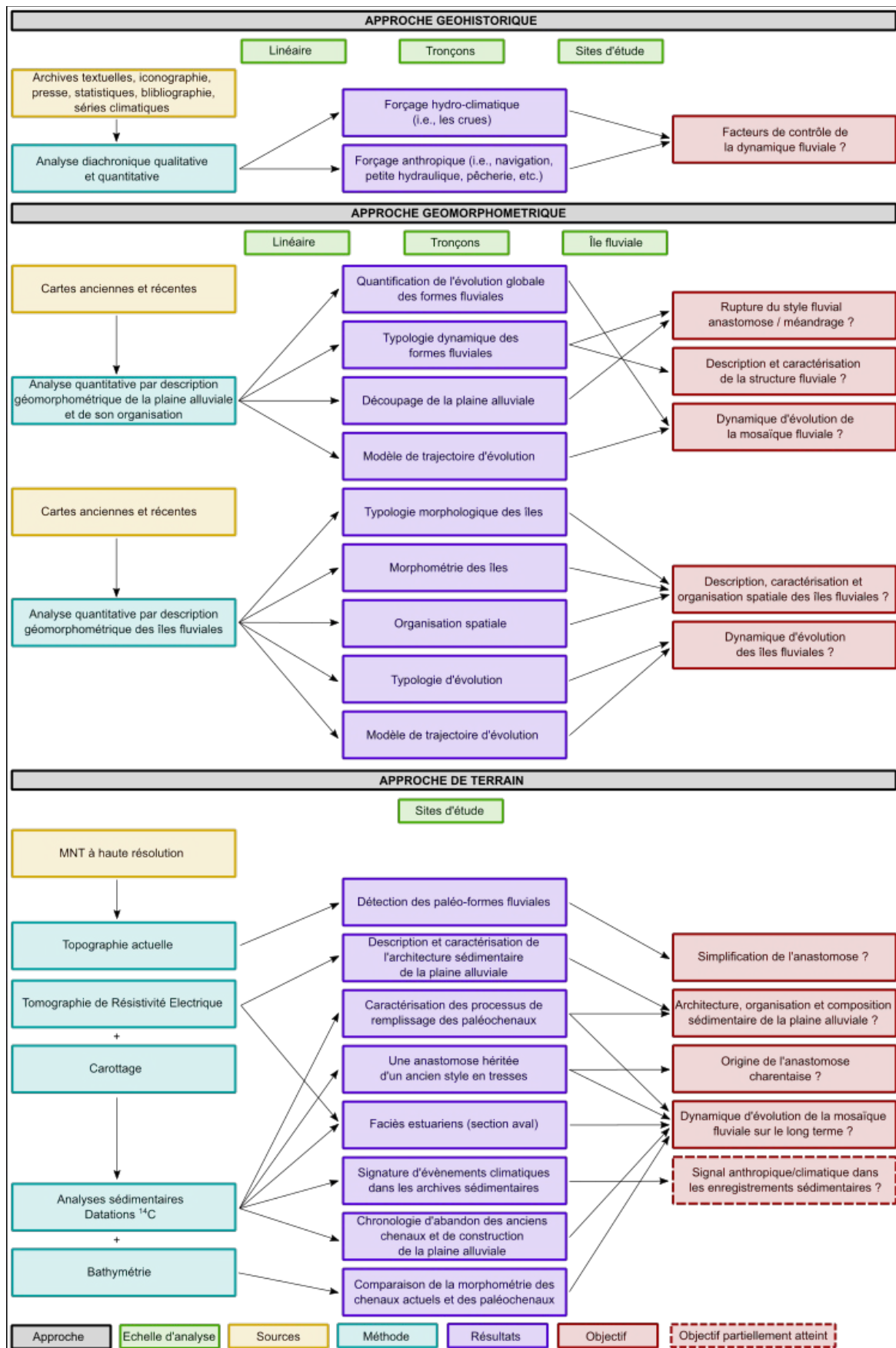


Fig. 20 – Synthèse des relations entre les objectifs, les sources, les méthodes et les résultats.

Au regard des résultats obtenus, les îles sont les formes les plus distinctives et les plus dynamiques au sein d'un système fluvial anastomosé à faible énergie. Un travail spécifique sur les îles fluviales a été réalisé selon la même méthodologie, i.e. le calcul d'une série d'indices quantitatifs aux quatre dates d'analyse. Cette méthode est réadaptée des méthodologies proposées par Grivel (2008), Grivel et Gautier (2012) et Hudson et al. (2018). Ce travail se focalise ainsi sur les mécanismes et les rythmes d'évolution des îles fluviales entre 1866 et l'Actuel. Les résultats acquis permettent de décrire et de caractériser la morphométrie et l'organisation spatiale des îles fluviales et d'analyser leur dynamique d'évolution à partir d'une typologie d'évolution et de modèles de trajectoire d'évolution.

5.3. Apports de l'approche de terrain

Le volet de terrain repose sur une méthodologie déjà appliquée sur d'autres systèmes fluviaux (e.g., David, 2016 ; Beauchamp, 2018 ; Vayssière, 2018 ; etc.). Elle s'appuie sur la complémentarité entre géophysique et carottage réalisée à l'échelle de sites. Ces deux approches permettent 1) de documenter l'architecture, l'organisation, les faciès et la composition sédimentaires de la plaine alluviale et des îles fluviales ainsi que les processus de remplissage des paléochenaux ; 2) de mettre en évidence les spécificités entre la section amont anastomosée et la section aval méandrique du fleuve Charente en terme d'architecture sédimentaire, de dynamique d'évolution et de genèse de l'anastomose et 3) d'identifier d'éventuelles signatures anthropiques et/ou climatiques d'après l'étude stratigraphique des carottes. Le recours aux datations ^{14}C permet d'assurer la chronologie d'évolution de la plaine alluviale et d'abandon des paléochenaux. En complément, des relevés bathymétriques ont été réalisés afin d'obtenir une image d'ensemble du système plaine alluviale-chenaux-îles fluviales. Ils visent principalement à caractériser la morphométrie des chenaux actuels afin de les comparer avec les paléochenaux anciens.

6. Conclusion

La synthèse des travaux de recherche sur la dynamique fluviale de la Charente souligne plusieurs points fondamentaux : 1) une connaissance limitée sur la structure, le fonctionnement et la dynamique d'évolution du fleuve Charente ; 2) une connaissance réduite sur la trajectoire historique et d'anthropisation du bassin versant et du cours d'eau en particulier sur les périodes anciennes et enfin 3) la relative rareté des travaux réalisés sur le fleuve Charente tant sur le plan hydrologique, géohistorique, hydrogéomorphologique que géomorphologique. Ces éléments soulignent tout l'intérêt de ce travail à la fois en termes de connaissances fondamentales et locales. Ce travail vise ainsi à enrichir les connaissances sur l'anastomose par l'étude de l'une des dernières anastomoses françaises voire même européennes en milieu tempéré atlantique et à appuyer la gestion du cours d'eau et de son bassin versant.

Ce travail répond à trois objectifs de recherche principaux : 1) retracer la trajectoire d'évolution du fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes au cours de l'Holocène et déterminer le rôle des forçages anthropiques, des héritages géomorphologiques et de la variabilité hydro-climatique dans l'évolution de la dynamique fluviale du cours d'eau ; 2) expliquer

l'origine et le maintien de l'anastomose charentaise sur la section amont et enfin 3) expliquer l'origine de la rupture du style fluvial à Cognac et la transition anastomose/méandrage. Pour y répondre, la démarche méthodologique s'appuie sur la complémentarité entre approche géohistorique, géomorphométrique et géomorphologique. Cette démarche est mise en œuvre à différentes échelles chronologiques (i.e., 1700-Actuel et les derniers millénaires) et échelles spatiales ainsi qu'à divers objets d'étude.

PARTIE 2

RÔLE DES FORÇAGES HYDRO-CLIMATIQUES ET AN- THROPIQUES SUR LA DYNAMIQUE FLUVIALE DU FLEUVE CHARENTE

Chapitre 4. Démarche méthodologique mise en œuvre pour l'identification des facteurs de contrôle hydro-climatiques et anthropiques à partir de données géohistoriques

1. Introduction

Ce chapitre expose la méthodologie utilisée afin de caractériser et d'analyser le rôle des facteurs de contrôle hydro-climatiques et anthropiques sur la dynamique fluviale du fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes, depuis le XVIII^e siècle. Ce volet méthodologique a impliqué un travail d'inventaire auprès des centres d'archives départementaux et municipaux et des fonds numérisés de divers organismes. Les données géohistoriques acquises sur les crues et les inondations permettent de produire 1) une chronologie et 2) une classification des crues. Les données géohistoriques sur les usages et leurs aménagements ont permis 1) la construction d'une base de données Atlas Géohistorique du Fleuve Charente qui sera prochainement en libre accès et 2) la mise en œuvre d'une vaste campagne de reconduction photographique à partir des cartes postales anciennes à l'origine de la création d'un Observatoire Photographique des Paysages du Fleuve Charente en libre accès. Ils ont pour objectif de faciliter le traitement et la valorisation de l'information historique.

2. Constitution du corpus de données

2.1. Archives départementales et municipales

L'inventaire des données s'est focalisé auprès des Archives départementales de la Charente-Maritime (AD17) et de la Charente (AD16). Il repose sur la consultation des séries S (travaux publics), W (archives contemporaines), Fi (fonds iconographique), L (archives révolutionnaires 1790-1800), K (Lois, ordonnances, arrêtés depuis 1790) et des fonds numérisés de la série 1C Fleuve Charente (AD16) (tab. 3).

Fonds d'archives	Série	Nombre de cotes consultées	Nombre de documents consultés
Archives Départementales de Charente-Maritime (AD17)	Série S	90	1 426
	Série W	154	*
Archives Départementales de Charente (AD16)	Série 1C-Fleuve Charente	7	94
	Série 3 Sprov	14	2 232
	Série K	4	39
	Série L	12	133
	Série O	1	3
	Série DW**	4	4
Archives Municipales de Saintes (AMS)	Série B	7	233
	Série W	22	897
	Série S	1	57
	Série BIB**	12	12
Archives Municipales de Cognac (AMC)	Série non indiquée	4	30
	Série BIB**	3	3
Total	15	338	5 166

*2 500 à 3 000 documents estimés. Les documents les plus pertinents ont été consultés mais ils n'ont pas été intégrés à la base de données de l'Atlas Géohistorique du Fleuve Charente

**Série contenant les ouvrages anciens et récents

Tab. 3 – Cotes consultées des Archives départementales et municipales.

L'exploitation des séries s'est appuyée sur une consultation des inventaires et une sélection des cotes par mots-clefs. Pour la série W des Archives départementales de la Charente-Maritime, le dépouillement a reposé sur les bordereaux de versement, afin de sélectionner les documents les plus intéressants – la plupart sont issus des archives versées par l'EPTB Charente. La consultation des archives contemporaines s'est ensuite élargie au fonds d'archives du Service d'Hydrologie Maritime de la Direction Départementale de la Charente-Maritime. N'ayant pas encore été inventorié, il a nécessité un dépouillement systématique. Les Archives municipales de Saintes et de Cognac ont permis d'affiner, à l'échelle locale, les connaissances géohistoriques apportées par les archives départementales (tab. 3). Au final, le corpus de données géohistoriques est constitué de 5 144 documents textuels et iconographiques sans les ouvrages bibliographiques issus pour l'essentiel de l'Administration des Ponts-et-Chaussées. Les figures n°21 et n°22 présentent le type de documents utilisés dans ce travail et intégrés à la base de données BD_Charente.

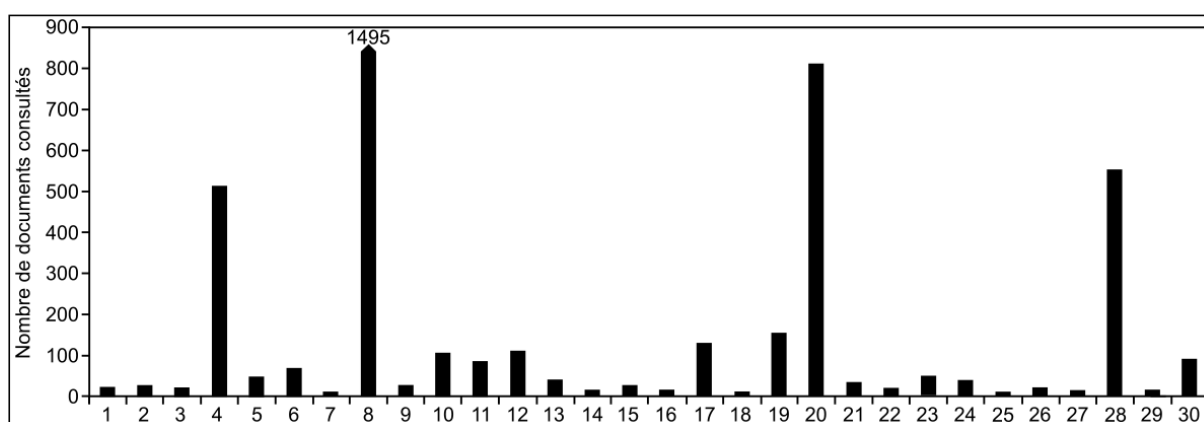


Fig. 21 – Type de documents textuels consultés et intégrés à la BD_Charente.

1. Acte de vente, cession et échange ; 2. Adjudication ; 3. Affiche ; 4. Arrêté ; 5. Avant-métré ; 6. Avis de travaux ; 7. Cahier des charges ; 8. Correspondance ; 9. Décret ; 10. Délibération (conseil municipal) ; 11. Devis des travaux ; 12. Détail estimatif des travaux ; 13. Enquête publique ; 14. Mémoire ; 15. Métré ; 16. Estimation ; 17. Note ; 18. Ordonnance ; 19. Procès-verbal ; 20. Rapport ; 21. Registre d'enquête ; 22. Règlement ; 23. Tableau ; 24. Bordereau des prix ; 25. Article de presse ; 26. Avis de crue ; 27. Compte-rendu ; 28. Relevé limnimétrique ; 29. Composition des prix ; 30. Autres.

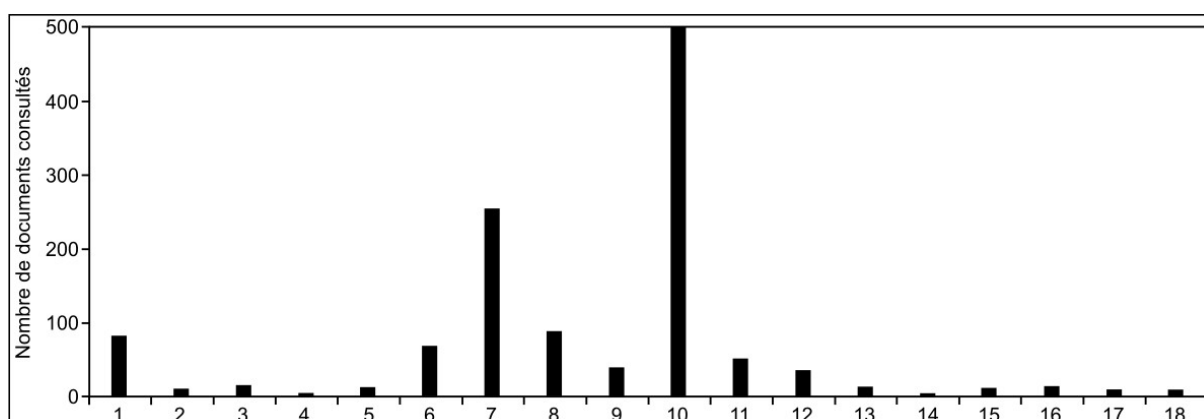


Fig. 22 – Type de documents iconographiques consultés et intégrés à la BD_Charente.

1. Coupe d'ouvrage ; 2. Coupe longitudinale ; 3. Coupe transversale ; 4. Dessin ; 5. Nivellement ; 6. Élévation d'ouvrage ; 7. Plan de site ; 8. Plan d'ouvrage ; 9. Carte ; 10. Carte postale ; 11. Profil en travers ; 12. Profil en long ; 13. Profil ; 14. Profil d'ouvrage ; 15. Graphique ; 16. Photographie ; 17. Profil type ; 18. Hydrogramme.

Les archives couvrent quasiment les trois derniers siècles (fig. 23). Elles documentent 1) les usages du cours d'eau (e.g., navigation fluviale, etc.) (fig. 24A-B) et leurs aménagements (localisation, fonction et nature) ; 2) la structure fluviale et son organisation spatiale (fig. 24C) ; 3) les caractéristiques du régime du fleuve ; 4) les évènements hydrologiques (e.g., inondations, hauteurs d'eau, dégâts, plaintes, etc.) et 5) les mesures de protection projetées ou réalisées contre les inondations.

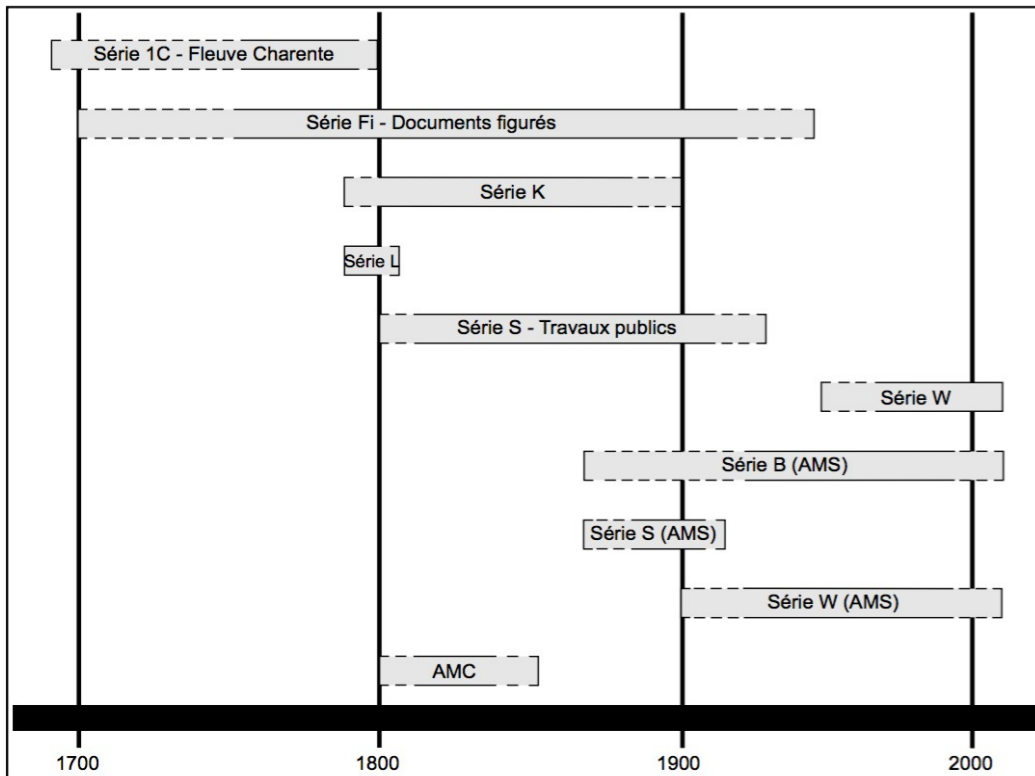


Fig. 23 – Séries des Archives départementales et municipales et leur distribution temporelle.

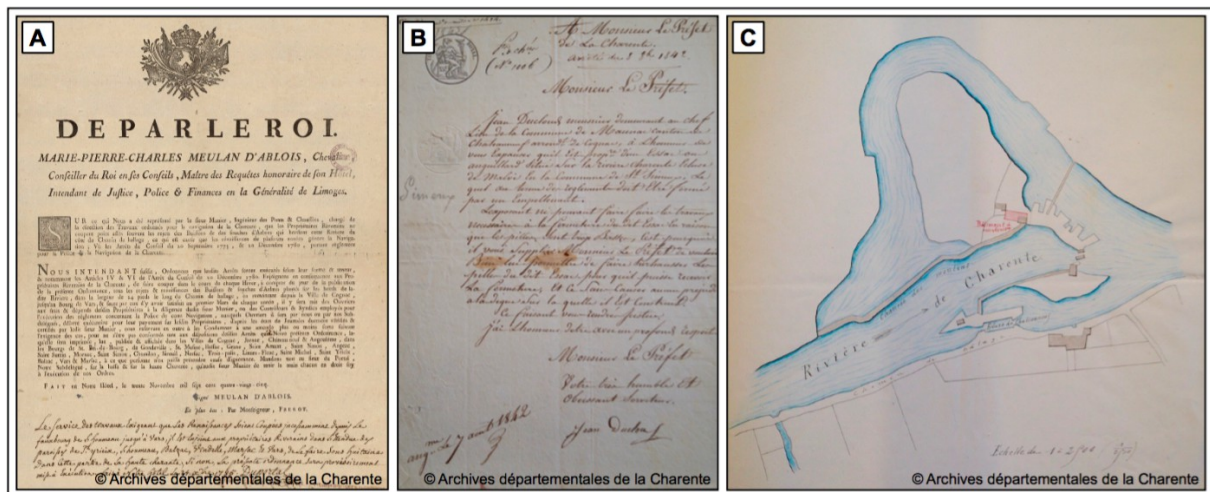


Fig. 24 – Exemples de documents d'archives consultés.

A : Ordonnance enjoignant les propriétaires riverains de nettoyer les berges du fleuve Charente (AD16, 1C88, 30 novembre 1785) ; Correspondance d'un usager du fleuve Charente demandant l'autorisation d'effectuer la réparation de son essac (AD16, 3 Sprov 408, 7 août 1842) ; C : Plan de l'île de Châteauneuf-sur-Charente suite à la demande d'un riverain d'installer un bâtiment sur l'île (AD16, 3 Sprov 413, 15 juillet, 1858).

2.2. Sources imprimées complémentaires

2.2.1. Statistiques agricoles et forestières

Le corpus documentaire a été complété par les données des statistiques agricoles et forestières (tab. 4). Ces dernières ont pour objectif de renseigner l'occupation du sol et son évolution à l'échelle du bassin versant depuis le début du XIX^e siècle.

Occupation du sol - Surfaces boisées	
Statistiques	Année
Statistique forestière Mathieu	1878
Enquête Daubrée	1904-1908
Cadastre	1862 - 1908 - 1948 - 1961
Inventaire forestier	1966/1967/1968 - 1983/1984 - 1993
Enquête Utilisation du territoire	1990
Statistique agricole annuelle	1930 - 1935 - 1940 - 1945 - 1950 - 1955 - 1974 - 1987 - 2002 - 2015 - 2019

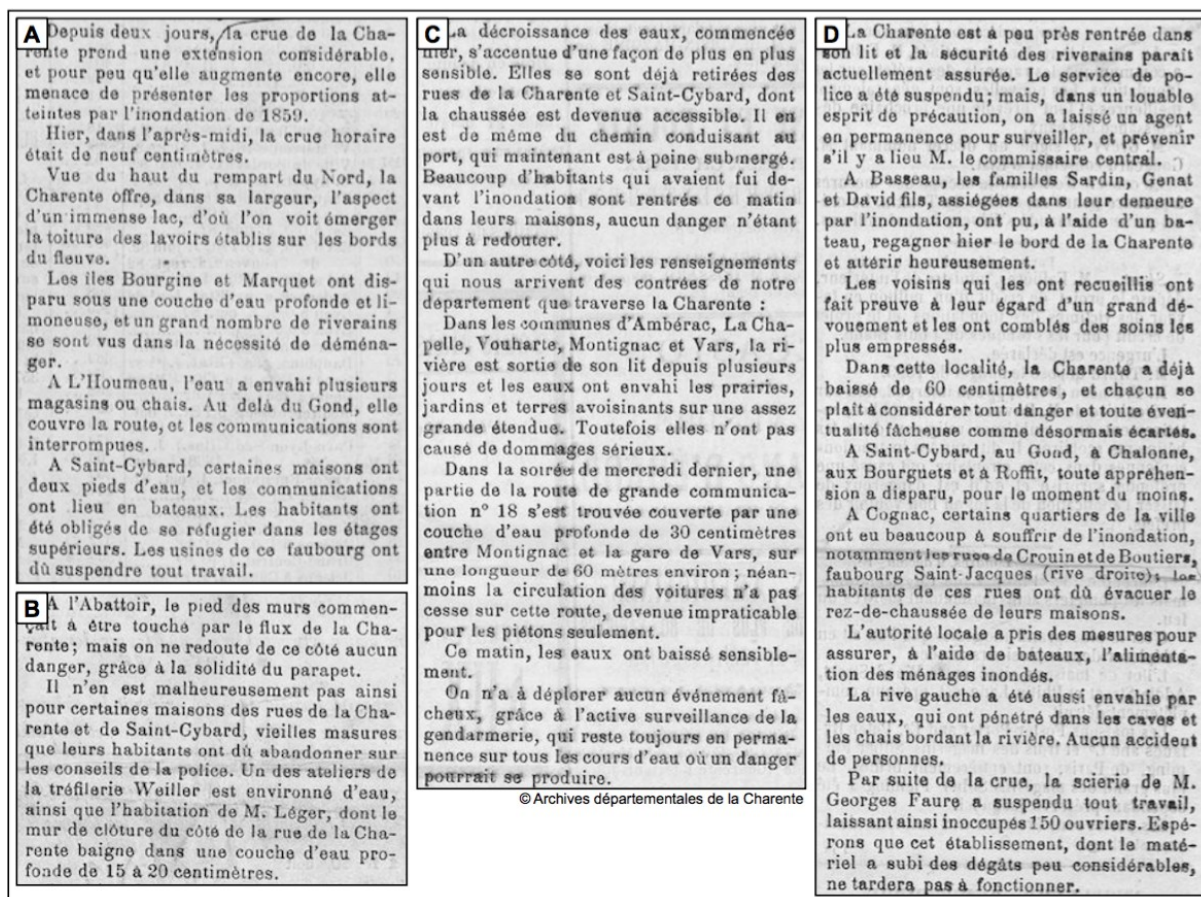
Occupation du sol - Surfaces agricoles, prairiales et viticoles	
Statistiques	Année
Annuaire statistique de la France	1835 - 1878 - 1885 - 1895 - 1899
Statistique agricole annuelle	1929 - 1935 - 1940 - 1945 - 1950 - 1955 - 1962
Recensement général agricole	1970 - 1979 - 1988 - 2000 - 2015 - 2019

Tab. 4 – Inventaire des statistiques agricoles et forestières.

L'évolution des surfaces agricoles, prairiales et viticoles a été retracée depuis 1815 à l'aide des Annuaire statistique de la France, de la Statistique agricole annuelle et du Recensement général agricole (tab. 4). L'évolution des surfaces boisées a été reconstituée depuis 1862 aux moyens du cadastre, de la statistique forestière Mathieu, de l'enquête Daubrée et des Inventaires Forestiers Nationaux (tab. 4). Ces documents sont issus des fonds numérisés de la BnF et du Service de la statistique et de la prospective du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (SSP).

2.2.2. Presse locale et régionale

La presse locale et régionale a fait l'objet d'un dépouillement systématique afin de mieux appréhender la qualification des crues de grande ampleur. L'attention s'est portée sur les collections numérisées par les Archives départementales de la Charente en raison de leur qualité et de leur accessibilité. Elle s'est concentrée sur les trois journaux suivants : *Le Charentais : journal politique, administratif, littéraire et d'annonces* (1834 à 1895), *L'Ère nouvelle des Charentes : journal politique, commercial et d'annonces* (1871 à 1940) et *La Charente* (1883 à 1940). Pour la période postérieure à 1940, le quotidien Sud-Ouest constitue la source privilégiée (à partir de 1944), d'autant qu'il a contribué à l'édition de deux livres, "*Saintes Décembre 1982 La crue*" et "*La dérivée. Un fleuve en colère. Saintes, les inondations, 1994*", rassemblant la quasi-totalité des articles publiés par le journal lors de ces deux crues.



© Archives départementales de la Charente

Fig. 25 – Suivi de la crue du fleuve Charente de décembre 1882 à travers le journal *La Charentais* : journal politique, administratif, littéraire et d'annonces (AD16, 1PER1/53).

A : Extrait de la rubrique Angoulême et le Département du 7 décembre 1882 ; B : Extrait de la rubrique Angoulême et le Département du 8 décembre 1882 ; C : Extrait de la rubrique Angoulême et le Département du 9 décembre 1882 ; D : Extrait de la rubrique Angoulême et le Département du 10 décembre 1882.

L'étude de la presse s'est concentrée sur 21 évènements dont la crue de décembre 1882 (fig. 25A-D). La presse locale et régionale, complète avantageusement les sources archivistiques sur les crues en raison des informations sur les dommages induits (routes, habitations, ouvrages d'art, commerces, etc.), mais également sur les pertes agricoles, les hauteurs d'eau, les estimations des coûts, les mesures pour lutter contre les inondations et les références à des crues antérieures.

2.2.3. Sources bibliographiques

Le corpus documentaire a été enrichi par l'étude des sources bibliographiques anciennes, par exemple les ouvrages d'érudits du XIX^e siècle dont l'œuvre de M. Champion (1859), et de sources bibliographiques plus récentes, en particulier les travaux historiques de Grelie (1933), Renard (1993) et Jouannet (1992). Les premières renseignent la chronologie des crues du fleuve Charente en particulier les évènements de grande ampleur et les deuxièmes documentent les usages historiques et leurs aménagements à l'échelle pluriséculaire en particulier la navigation fluviale.

2.2.4. Données photographiques

Une collection de cartes postales anciennes (fin XIX^e-début XX^e siècle) a été constituée à partir des fonds d'archives privés et publics (série Fi, AD17 et AD16). Au final, 500 cartes postales ont été collectées en vue d'effectuer un suivi des évolutions paysagères et des usages du fleuve Charente sur le dernier siècle (fig. 26A, B).

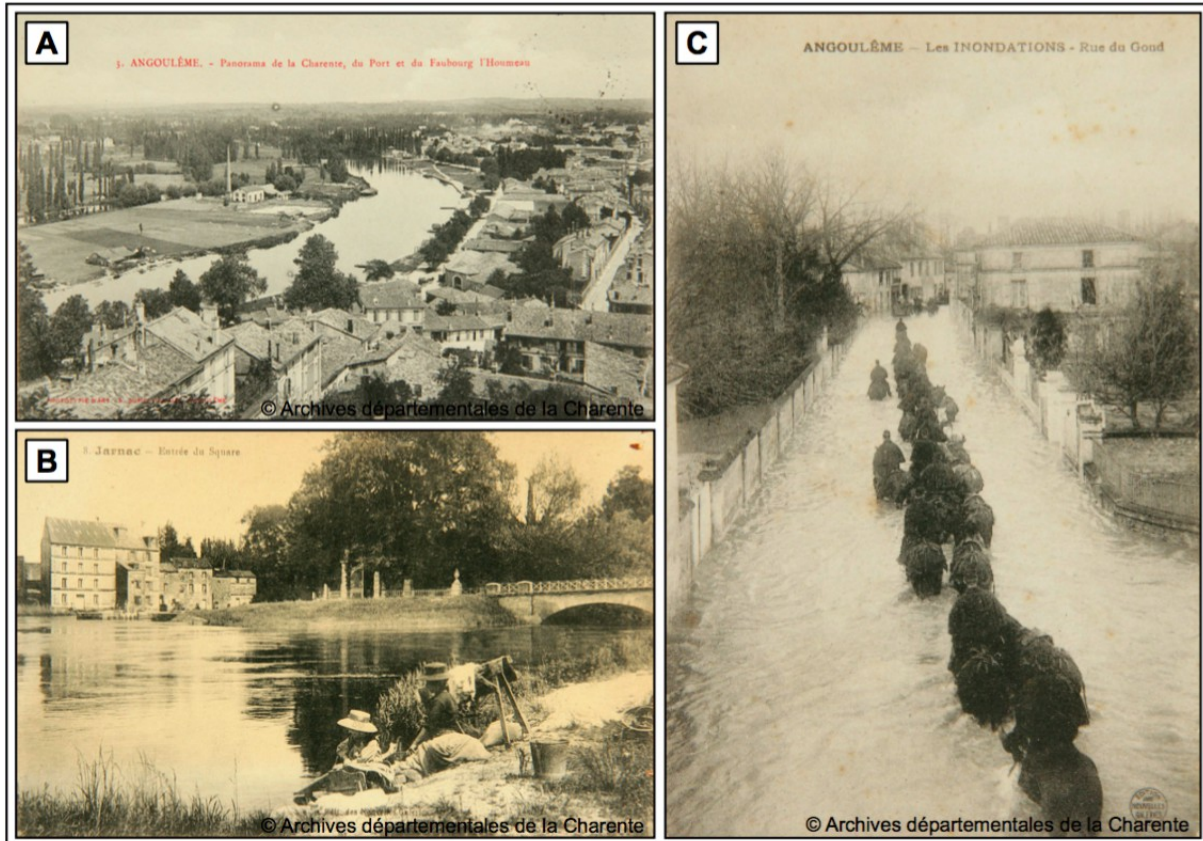


Fig. 26 – Quelques exemples de cartes postales.

A : Angoulême - panorama de la Charente, du Port et du Faubourg de l'Hommeau (AD16, 11 Fi 15/432) ; B : Jarnac - entrée du square, au niveau de l'île du Parc face au moulin (AD16, 11 Fi/167/5) ; C : Angoulême - les inondations, rue du Gond (11 Fi 15/281).

Une série de cartes postales et de photographies anciennes ou plus récentes sur les grandes crues du fleuve Charente a également pu être rassemblée dans ce corpus. Elles témoignent des hauteurs d'eau atteintes et des dégâts occasionnés par la crue au niveau des principales villes (i.e., Saintes, Cognac, Jarnac et Angoulême) en 1904, 1982 et 1994 (fig. 26C).

2.3. Données instrumentales

Les évolutions climatiques à l'échelle du secteur d'étude ont été appréhendées à partir des données pluviométriques et thermométriques annuelles depuis 1916, 1945 et 1976 au niveau des stations météorologiques respectives de Saintes, Cognac et Angoulême. Ces données ont été remises par Météo-France. Elles ont été traitées à l'aide du programme Khrono-Stat (Boyer, 1998) afin de détecter des ruptures d'homogénéité par la détection de change-

ments de moyenne par les tests *Lee-Heghinian* (Lee et Heghinian, 1977) et *Pettitt* (Pettitt, 1979) et par la méthode de segmentation de *Hubert* (Hubert et Carbonnel, 1987). Ces ruptures sont alors les marqueurs de changements climatiques à l'échelle locale.

3. Limites des données géohistoriques

3.1. Limites des données d'archives

Les sources archivistiques présentent des limites en termes de quantité, de qualité, d'exhaustivité et de fiabilité. Ce dernier point nécessite une certaine prudence dans l'interprétation et implique d'adopter un regard critique, car elles ne sont pas neutres et reflètent les intérêts de leurs auteurs (Brázdil *et al.*, 2005 ; Valette et Carozza, 2010 ; Wetter, 2017). Une correspondance d'un riverain pour une demande d'indemnisation suite à des dommages occasionnés par une des crues du fleuve Charente ou une plainte d'un meunier contre un propriétaire d'essac ayant ouvert son essac en temps prohibé fera généralement l'objet d'exagérations. Chaque document doit ainsi être contextualisé et croisé avec d'autres sources lorsque cela est possible mais certaines informations ne peuvent pas être vérifiées ni recoupées (Antoine, 2010).

La qualité des documents d'archives (i.e., textes, cartes, plans) est très hétérogène mais elle augmente globalement avec le temps. Les archives textuelles les plus anciennes sont parfois très abîmées (usure) et difficiles à déchiffrer. Les informations qu'elles contiennent peuvent être très imprécises en particulier sur la localisation, la date ou les motivations d'un aménagement. Il existe également des biais de préservation. Certaines archives sur le cours d'eau ont été détruites. C'est le cas par exemple des Archives municipales de Saintes suite à l'incendie de l'Hôtel-de-Ville dans la nuit du 11 au 12 novembre 1871. D'autres ont été perdues, vendues, non classées (e.g., une série de cotes sur l'aménagement des quais de Saintes) ou ne sont pas accessibles (e.g., fermeture de la médiathèque de Saintes pour rénovation).

3.2. Limites sources imprimées complémentaires

3.2.1. Statistiques agricoles et forestières

Les statistiques agricoles et forestières impliquent des limites en termes de qualité et de fiabilité en particulier pour les plus anciennes. Les objectifs et les méthodes sont très variables d'un document à l'autre ce qui nécessite une certaine prudence dans leur analyse. La définition même des surfaces à estimer (i.e., les surfaces boisées et les terres labourables) peut également être confuse spécifiquement sur les documents les plus anciens (e.g., 1815).

3.2.2. Presse locale et régionale

Consultée dans le cadre de l'analyse diachronique des crues du fleuve Charente, l'étude de la presse locale et régionale met en évidence plusieurs limites : information partielle ou mensongère, subjectivité du journaliste, catastrophisme et amplification des événements.

Seules les grandes crues du fleuve font l'objet de multiples articles dans la presse, en raison des dommages qu'elles ont provoqués et de l'impact qu'elles ont eu sur le quotidien de la population charentaise. À l'inverse, les crues modestes très fréquentes sont généralement passées sous silence, car elles sont sans conséquence dommageable sur les biens et les personnes. Cette situation, combinée à une forte médiatisation des événements extrêmes récents et à un silence quasi total sur les événements modestes, a également un impact sur la conservation d'une mémoire du risque d'inondation auprès de la société.

L'étude de la presse souligne également l'inégalité spatiale de l'information dans les récits d'inondation, en particulier dans la presse ancienne avec, d'une part, une attention sur les zones urbaines (Angoulême, Cognac et Saintes) où les enjeux sont importants alors qu'elles ne sont pas forcément les lieux les plus touchés et, d'autre part, une occultation quasi générale des conséquences sur les villages et hameaux riverains de la Charente.

Quand bien même la crue peut engendrer des dommages importants, l'évènement peut être relégué au second plan, voire totalement occulté, par une actualité nationale ou internationale brûlante. Par exemple, les crues extrêmes de décembre 1882 et de décembre 1944 à Saintes ont été passées sous silence au profit d'une épidémie de fièvre typhoïde et de la guerre.

3.2.3. Sources bibliographiques

Les sources bibliographiques ont été mobilisées en particulier pour l'étude diachronique des crues du fleuve Charente et leur recensement. Les ouvrages d'érudits du XIX^e siècle, en particulier ceux de Maurice Champion et de J.P. Quénot, apportent des renseignements supplémentaires sur les crues de la Charente aux XVIII^e et XIX^e siècles. Les auteurs ont eu recours à diverses sources (articles de journaux) pour établir leur propre chronologie des crues. Chaque chronologie doit toutefois être analysée avec prudence, car les sources utilisées n'ont pas pu être retrouvées pour vérifier leur fiabilité et elles s'avèrent en outre non-exhaustives. Seuls les événements dommageables sont ici jugés dignes d'intérêt et mentionnés par les historiens dans leur récit.

3.2.4. Données photographiques

Les cartes postales anciennes ont été mobilisées afin d'analyser les évolutions paysagères du fleuve Charente au cours du dernier siècle. Cependant, elles permettent de retracer seulement l'évolution d'une partie du paysage fluvial charentais. En effet, la plupart des clichés anciens représentent les zones urbaines et les villages riverains du cours d'eau. Les représentations de paysages ruraux sont quant à elles très rares.

La plupart des cartes postales retenues dans cette étude sont celles qui placent le fleuve Charente au premier plan car ces dernières sont très précises sur le rapport entre la société et le cours d'eau. Les thématiques sont de ce fait très variées. Mais certaines d'entre elles sont plus privilégiées que d'autres. C'est le cas en particulier des ouvrages d'art (pont et passerelle), des usages anciens (quais et gabares, distilleries et chaix, lavoirs et lavandières,

moulins et écluse, etc.), des inondations (centres villes et rues adjacentes inondés) et des lieux de détente et de loisirs (courses de bateaux, guinguettes, parcs).

4. Exploitation semi-quantitative des données géohistoriques sur les crues

4.1. La variabilité hydrologique par les évènements extrêmes

L'étude des données géohistoriques a permis d'établir une chronologie des crues du fleuve Charente sur la période récente. Elle vise ainsi à 1) mettre en évidence les évènements extrêmes sur le temps long (Martin *et al.*, 2015), 2) effectuer une comparaison diachronique des évènements extrêmes (Brázdil *et al.*, 2004 ; Elleder, 2015) et 3) analyser leur fréquence, leur saisonnalité, leur intensité, leur localisation (Barriendos et Rodrigo, 2006 ; Black et Law, 2004 ; McEwen, 1990 ; Brázdil *et al.*, 2006), ainsi que leurs conséquences sur les riverains du fleuve et sur leur perception des inondations (Dupont, 2012).

La chronologie des crues du bassin versant de la Charente est toutefois fortement dépendante des moyens techniques mis en place pour assurer les suivis hydrologiques du cours d'eau : relevés des hauteurs d'eau faits par les éclusiers lors des plus fortes crues au XIX^e siècle ; installation des échelles limnimétriques à la fin du XIX^e siècle dans la partie inférieure du fleuve ; suivis hydrologiques partiels entre 1900 et 1960, devenus continus depuis 1970. Cette chronologie est également à mettre en liaison avec la quantité et la qualité des informations disponibles dans les archives (Cœur et Lang, 2000). Or la plupart des renseignements relatifs aux inondations sont liés aux dommages, donc à la vulnérabilité des sociétés par rapport au risque et non à l'aléa en lui-même (Martin *et al.*, 2019). La vulnérabilité des sociétés exerce alors une influence à la fois sur l'information et la chronologie (Martin *et al.*, 2017 ; With, 2014). En effet, l'extension de l'urbanisation accentue la vulnérabilité des territoires, ce qui peut avoir pour conséquence une augmentation du nombre de crues répertoriées dans les archives. Néanmoins elle peut avoir un effet inverse si, face à l'augmentation de leur vulnérabilité, les territoires mettent en œuvre des mesures de protection qui réduisent l'ampleur des inondations et donc leur présence dans les archives. La qualité des documents archivés est également très hétérogène et diminue globalement en relation avec l'ancienneté des sources (usure du document, lecture difficile des textes anciens). Au final, la chronologie des crues de la Charente ne peut être qu'incomplète sur la période considérée et elle s'apparente à une chronologie des inondations dommageables.

4.2. Classification des crues selon leur intensité

Une classification des crues de la Charente a été établie en vue d'apporter de la consistance à la seule chronologie, de quantifier le phénomène de crue à partir des informations qualitatives issues du corpus documentaire et de hiérarchiser les crues selon leur niveau d'intensité.

La classification des crues de la Charente s'est appuyée sur les travaux menés dans la plaine de Grenoble (Cœur, 2003) et dans le fossé rhénan (Martin *et al.*, 2015), aux inondations du Rhône en aval d'Orange (Pichard et Roucaute, 2014), à celles de la Lauch (With,

2014), de l'Ardèche (Naulet, 2002 ; Cœur et Lang, 2008) et du Guiers (Lang *et al.*, 1998) et à la hiérarchisation des événements remarquables d'inondation (Boudou, 2015 ; Boudou *et al.*, 2015).

La classification retenue distingue quatre niveaux d'intensité : événements faibles (1), modérés (2), forts (3) et exceptionnels (4) déterminés en fonction des dommages occasionnés par les crues (tab. 5). Parallèlement, chaque crue a impliqué la collecte de diverses informations synthétisées sous la forme d'une fiche détaillée pour chaque événement : le déroulement de l'inondation (conditions météorologiques et emprise spatiale), les données limnimétriques, les dommages occasionnés par l'inondation, l'impact géomorphologique, les mesures de prévention et de protection pendant et après l'inondation et les sources géohistoriques relatives à l'événement. Ces critères permettent d'enrichir la description globale du phénomène et d'appréhender l'attitude des sociétés riveraines durant et après la crue. Lorsque cela a été possible, chaque crue a été associée à une série de cartes postales anciennes et/ou de photographies afin d'illustrer l'événement.

Cette classification ne peut reposer sur les seuls critères quantitatifs mentionnés, car les observations (rapports et cartes) et les relevés sont isolés, lacunaires et se concentrent essentiellement sur les événements extrêmes du XIX^e siècle jusqu'au début du XXI^e siècle. Les valeurs enregistrées par l'Administration des Ponts-et-Chaussées et les repères de crue antérieurs à 1920 doivent être incorporés avec prudence, en raison de leur fiabilité parfois incertaine. Il faut attendre les années 1920 pour commencer à avoir un meilleur suivi hydrologique du fleuve (période 1922-1937) et les années 1970 pour une mesure continue des hauteurs d'eau du fleuve Charente. Par conséquent, les relevés de hauteur d'eau ont été surtout pris en compte pour les crues du XX^e siècle (périodes 1922-1937 et 1970-2018).

Un cinquième niveau (-1) regroupe les crues avérées et mentionnées par plusieurs sources mais pour lesquelles les informations sont peu disponibles, voire inexistantes en termes d'intensité, de dommages, d'extension géographique et/ou de datation (tab. 5). Ce niveau négatif préserve l'information et évite de fausser le classement (Garnier, 2008 ; With, 2015).

Chaque crue a été analysée séparément. Pour certaines, il a été facile de les répartir entre les différents niveaux d'intensité en raison de la profusion des documents les concernant. À l'inverse, pour d'autres, cela s'est avéré plus délicat, en particulier pour les crues les plus anciennes. Par conséquent, il existe un risque de sous-estimation ou de surestimation de l'événement, ce qui introduit une forme d'incertitude.

Une des limites principales de la classification réside dans la disponibilité des sources. Le manque de sources sur certaines crues peut provenir, au moins en partie, de l'absence de dommages. Cela concerne potentiellement des crues de gravité faible ou modérée ayant eu lieu sur le territoire charentais au cours du XVIII^e siècle et au début du XIX^e siècle. Mais des événements forts ou extrêmes anciens peuvent aussi être l'objet d'informations éparses, en raison des failles des archives (i.e., des biais de préservation : archives détruites, perdues, vendues, non classées).

Niveau	Définition	Caractérisation	Localisation
Niveau -1	Crue avec débordement de gravité indéterminée	Crue avérée par plusieurs sources historiques marquée par un manque partiel ou quasi-total d'information relatif à sa gravité, ses dommages, sa datation ou à son extension géographique.	Débordement non localisé
Niveau 1	Crue avec débordement sans gravité	Débordement sans dommage majeur et sans conséquence générale : Dommages agricoles : Champs agricoles, prairies, jardins partiellement submergés, récoltes et cultures menacées partiellement, légères dégradations Dommages aux ouvrages d'infrastructure (ouvrages d'art, hydrauliques et d'infrastructures routières) : les ouvrages d'infrastructure sont très peu endommagés (légers affouillements des berges localisés au niveau des ouvrages d'art et des ouvrages hydrauliques, coupures ponctuelles du réseau routier, très peu de dégâts) Dommages aux biens privés et publics : submersions de caves, sous-sols et garages (quelques centimètres), peu de dégâts Dommages humains : Aucun	Débordement localisé sur le tronçon fluvial
Niveau 2	Crue avec débordement de gravité modérée	Débordement avec quelques dommages : Dommages agricoles : Champs agricoles, prairies, jardins, bois et fies entièrement submergés, récoltes et cultures en partie détruites, dégradations Dommages aux ouvrages d'infrastructure (ouvrages d'art, hydrauliques et d'infrastructures routières) : les ouvrages d'art et hydrauliques sont légèrement endommagés (présence de brèches dans les digues et les seuils...), routes principales coupées ponctuellement par les eaux mais accessibles et fermeture d'une grande partie du réseau secondaire submergé avec de légers dégâts. Peu de travaux de réparation. Dommages aux biens privés et publics : submersion de caves, sous-sols, et garages (quelques centimètres), submersion partielle des infrastructures agricoles, industrielles (moulins, hangars...), touristiques (terrains de camping...) et de loisirs (aires de jeux, clubs canoé kayak...), plusieurs centimètres d'eau sur quelques à plusieurs dizaines de mètres dans les rues des villages et des villes bordant le fleuve (submersion des quais, chemins de halage, berges, rues basses) Dommages humains : Aucun	Débordement localisé d'une partie de l'ensemble du fleuve Charente
Niveau 3	Crue avec débordement de gravité forte	Débordement aux dommages et aux conséquences importantes : Dommages agricoles : Champs agricoles, prairies, jardins, vignes, bois et fies submergés. Récoltes et cultures totalement détruites. Terres lessivées et occupées par des dépôts limoneux. Bétail menacé. Dommages aux ouvrages d'infrastructure (ouvrages d'art, hydrauliques et d'infrastructures routières) : les ouvrages d'art et hydrauliques sont endommagés (brèches dans les digues, affouillements des berges...). Le réseau d'infrastructures routières est submergé dans sa quasi-totalité. Nombreuses dégradations. Dommages aux biens privés et publics : dommages importants, plusieurs quartiers d'habitations sont inondés sur une durée assez longue (caves, sous-sols, garages et rez-de-chaussées), les pertes mobilières sont élevées (meubles, électroménager, véhicules), de nombreuses rues sont submergées dans les villages et les villes, les lieux-dits et les hameaux sont isolés. Perturbation significative de l'activité agricole, industrielle et commerciale du territoire. Réseaux endommagés (électricité, transports, eau potable, télécommunication). Evacuation des habitants situés dans les zones inondées (crues récentes) / Fuite et déplacement des populations (crues anciennes). Dommages humains : Menace sur les vies humaines. Noyade et ensevelissement sous les maisons détruites (crues anciennes). Adoption d'un comportement à risque lors de la crue (crues récentes).	Débordement localisé de l'ensemble du fleuve Charente
Niveau 4	Crue extrême et exceptionnelle	Débordement aux dommages considérables et conséquences majeures : Dommages agricoles : Champs agricoles, prairies, jardins, vignes, bois et fies submergés. Récoltes et cultures totalement détruites. Terres lessivées et occupées par des dépôts limoneux. Perte du bétail. Dommages aux ouvrages d'infrastructure (ouvrages d'art, hydrauliques et d'infrastructures routières) : modification possible de la morphologie de la Charente (formation de bancs sableux...), dégradations importantes des ouvrages d'art et des ouvrages hydrauliques, ponts emportés (crues anciennes), réseau routier coupé dans sa quasi-totalité, circulation interdite, routes fortement dégradées. Importants travaux de reconstruction. Dommages aux biens privés et publics : isolement des villages, lieux-dits et hameaux par les eaux, pénétration des eaux jusqu'au cœur des villes, les pertes mobilières sont considérables (meubles, véhicules, électroménager), maisons qui s'effondrent après une submersion prolongée (crues anciennes), dégradations considérables des bâtiments urbains, paralysie d'une partie des zones industrielles et commerciales (commerces de proximité, supermarchés, usines de cognac...), entreprises et usines en chômage technique, les réseaux sont perturbés voire inopérants (électricité, transports, eau potable, télécommunication), problèmes sanitaires (eau non potable, pollution, risque d'épidémies, maladies...), évacuation et relogement des habitants présents dans les zones inondées (crues récentes) / fuite et déplacement des populations (crues anciennes). Mise en place de solutions dans l'urgence pour assurer la sécurité et la vie quotidienne des habitants (passerelles, madriers, navettes de bus/bateaux...). Déclenchement du plan ORSEC (crues récentes). Dommages humains : Menace sur les vies humaines. Noyade et ensevelissement sous les maisons détruites (crues anciennes). Adoption d'un comportement à risque lors de la crue (crues récentes).	Débordement généralisé à l'ensemble du fleuve Charente et de ses affluents

Tab. 5 – Critères de la classification des crues du fleuve Charente (complété et adapté de With, 2014).

5. Exploitation des données géohistoriques sur les usages anciens et leurs aménagements

5.1. Atlas Géohistorique du Fleuve Charente : une base de données avec interface graphique

La base de données Sources (i.e., BD_Sources) a été construite pour collecter et exploiter les données géohistoriques relatives aux usages anciens et à leurs aménagements et aux crues et inondations du fleuve Charente sur une échelle de temps pluri-séculaire (fig. 27).

Elle inclut les documents textuels (e.g., correspondances, rapports, arrêtés, procès-verbaux, etc.) et iconographiques (e.g., cartes, plans, élévations et coupes d'ouvrages, etc.) issus des centres d'archives départementaux et municipaux. La BD_Sources contient actuellement 5 144 documents historiques, pour la plupart entre le milieu du XVIII^e siècle et la fin du XX^e siècle. Chaque document historique a ensuite été renseigné par quatorze types d'informations (e.g., identifiant, type de document, auteur(s), destinataire(s), catégorie(s), etc.) (fig. 27). Ce travail de compilation a permis de produire une très large typologie des interventions anthropiques ayant un impact direct sur la plaine alluviale et ses formes (cf. fig. 52-53 p. 106-107).

Les informations des données géohistoriques ont été synthétisées sous la forme de fiche détaillée pour chaque aménagement projeté ou réalisé sur les trois derniers siècles (Annexe A). Seuls les aménagements situés sur la section aval du fleuve Charente ont pour l'instant été intégrés dans la BD_Fiche (fig. 27). Chaque fiche contient huit types d'informations suivantes : les références, la localisation, le descriptif, le détail des travaux, le déroulement des travaux, la réalisation des travaux, le détail financier et autres événements et les sources géohistoriques relatives à l'intervention (fig. 28A). Chaque fiche a été associée à un jeu de données photographiques anciennes et/ou récentes (i.e., cartes postales et photographies) afin de visualiser l'aménagement dans son contexte (fig.). Les données photographiques ont été intégrées dans une base de données spécifique (BD_Photos) et renseignées par différents types d'informations (e.g., titre, auteur(s), localisation, date, édition, etc.) (fig. 27).

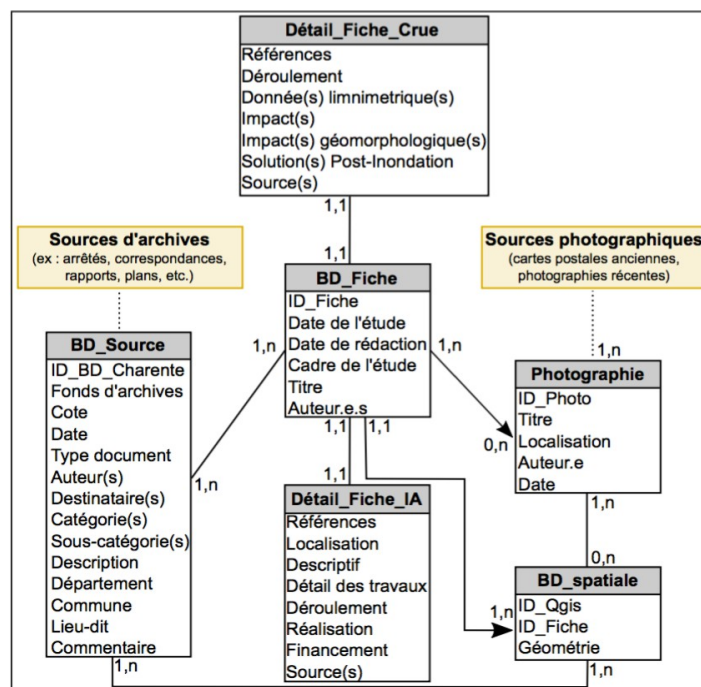


Fig. 27 – Modèle conceptuel de la base de données Atlas Géohistorique du fleuve Charente.

Chaque document historique associé à sa fiche détaillée et à son jeu de photographies a fait l'objet d'une saisie spatiale sous le logiciel *Qgis version 2.18* (BD_Spatiale) (fig. 27). Cette spatialisation s'est traduite sous la forme d'un figuré ponctuel (e.g., écluse, barrage, etc.), d'un figuré linéaire (e.g., quai, etc.), et d'un figuré surfacique (e.g., dragage, etc.).

A Description de la fiche synthétique des interventions		B Description de la fiche synthétique des crues/inondations	
1-Références	6-Réalisation des travaux	1-Références	5-Impact(s) géomorphologique(s)
ID_Fiche	Maître d'ouvrage	ID_Fiche	Type
Date de l'étude	Maître d'oeuvre	Date de l'étude	Localisation
Date de rédaction	Étude et suivi des travaux	Date de rédaction	Description
Cadre d'étude	Entreprise	Cadre d'étude	Date
Catégorie(s)		Catégorie(s)	
Sous-catégorie(s)	7-Financement	Date(s)	6-Solutions post-inondation
	Coût total		Type d'intervention
2-Localisation	Information(s) relative(s) au financement (e.g., salaire des employés, retard de paiement, répartition du financement, etc.)	2-Déroulement de l'évènement	Localisation
Département		Conditions météorologiques	Description
Commune		Description de l'évènement	Date
Lieu-dit		Emprise de l'évènement par commune	
3-Descriptif	8-Source(s) relative(s) à l'intervention	3-Données limnimétriques	7-Source(s) relative(s) à l'inondation
Description	Archive(s) (fonds consultable, cote, ID_BD_Charente, titre, date)	Commune	Archive(s) (fonds consultable, cote, ID_BD_Charente, titre, date)
Historique de l'ouvrage	Bibliographie (auteur(s), titre, édition, date)	Date	Bibliographie (auteur(s), titre, édition, date)
Contexte général	Iconographie (fonds consultable, cote, ID_BD_Charente, titre, date)	Description	Iconographie (fonds consultable, cote, ID_BD_Charente, titre, date)
4-Détail technique des travaux	Presse régionale et locale (fonds consultable, cote, titre de la revue, titre de l'article, date)	Cote NGF	Presse régionale et locale (fonds consultable, cote, titre de la revue, titre de l'article, date)
5-Déroulement des travaux	Autre(s) document(s) (e.g., statistiques, rapports d'étude, etc.)	Échelle	
Date des travaux d'investigation		4-Impact(s) de l'inondation	Autre(s) document(s) (e.g., rapports d'étude)
Date d'approbation		Type de dommage	
Début des travaux		Localisation,	
Fin des travaux		Description	
Délai d'exécution		Date	
Évènement(s) relatif(s) aux travaux (plaintes de riverains, retard, etc.)			

Fig. 28 – Description des fiches synthétiques de la base de données Atlas Géohistorique du fleuve Charente.
A : Description de la fiche synthétique des interventions anthropiques ; B : Description de la fiche synthétique des crues/inondations.

L'ensemble de ce travail a été réalisé en collaboration avec Christine Plumejeaud-Perreau (ingénieure de recherche, LIENSs – UMR 7266 – CNRS). Il sera en libre accès et sera associé à une interface graphique. Le site internet de l'Atlas Géohistorique du fleuve Charente proposera plusieurs visualisations interactives des données géohistoriques acquises qui permettront de rechercher une intervention humaine précise à laquelle seront associés sa fiche détaillée et son jeu de données photographiques et d'appréhender au mieux la typologie des interventions humaines (type et nombre d'interventions). Cette recherche s'effectuera par sélection de la localisation, de la date de réalisation ou du type voire sous-type de l'intervention ou pourra se faire directement à partir de la carte interactive. Les résultats géohistoriques pourront être également visualisés sous la forme de listes, de graphiques ou de cartes. Un volet sur les crues et inondations du fleuve Charente sera également intégré dans l'atlas : création d'une interface cartographique afin de localiser les dommages liés à l'évènement, intégration des fiches détaillées des crues (Annexe B) et des données photographiques (fig. 27 et 28B). Ce site internet sera construit sous le même modèle de l'Observatoire Photographique des Paysages du Fleuve Charente en cours de finalisation (cf. infra).

5.2. Observatoire photographique des paysages du fleuve Charente

5.2.1. Re-photographie des paysages fluviaux

Un corpus de 500 clichés anciens a été constitué à partir du dépouillement des fonds d'archives (i.e., série Fi et série BIB) et des collections privées. Ces données permettent de reconstituer une partie du paysage fluvial du début du XIX^e siècle et d'effectuer un suivi des évolutions paysagères sur le dernier siècle par reconduction photographique afin d'analyser les dynamiques et les facteurs explicatifs.

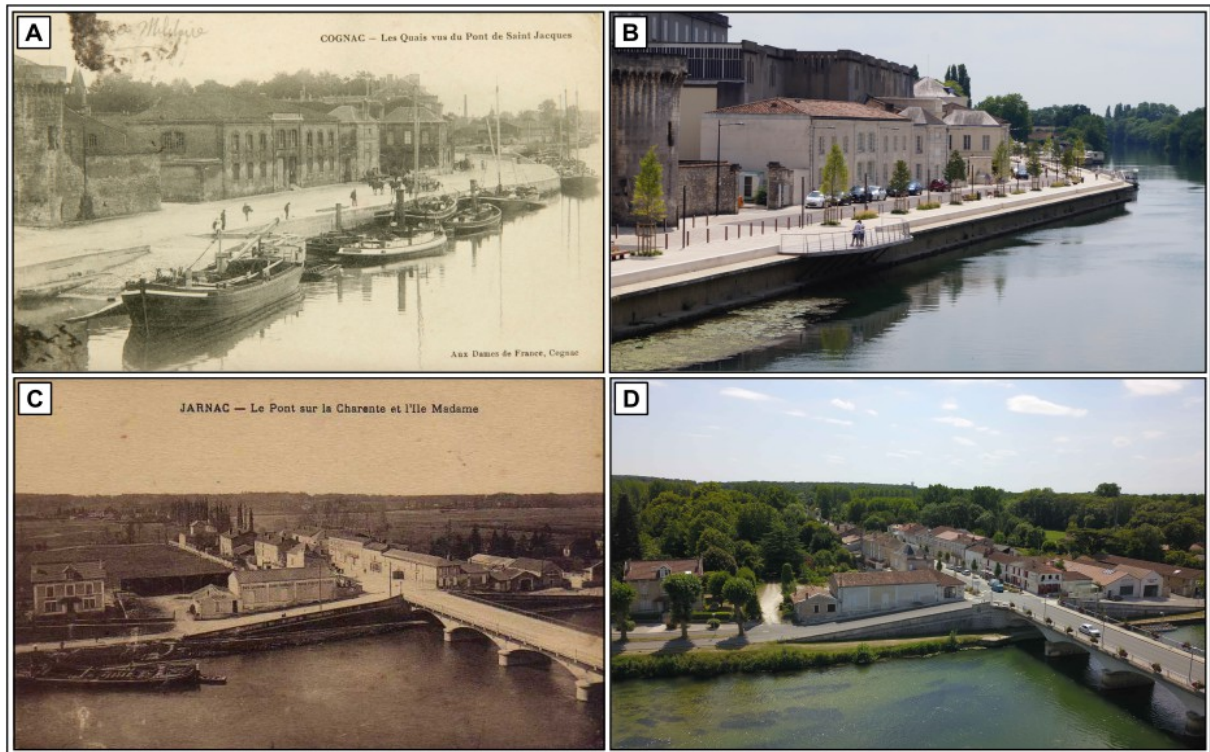


Fig. 29 – Exemples de cartes postales anciennes et leur cliché récent.

A : Cognac – Les Quais vus du Pont Saint Jacques (AD16, 11 Fi 102/158) ; B : Cognac – Les Quais vus du Pont Saint Jacques. Source : A. Duquesne, 09/07/2018 ; C : Jarnac – Le Pont sur la Charente et l'île Madame (collection privée) ; D : Jarnac – Le Pont sur la Charente et l'île Madame. Source : LIENSs. N. Lachaussée et A. Duquesne, 01/08/2018.

Une vaste campagne de rephotographie a ainsi été réalisée entre juin et juillet 2018 et en complément, des vols avec drone à hélice (Mavic Pro Platinum) ont été effectués afin de rephotographier les cartes postales faites en prise de vue aérienne. À l'heure actuelle, 50 sites ateliers répartis sur six communes (i.e., Saintes, Chaniers, Cognac, Jarnac, Bourg-Charente et Châteauneuf-sur-Charente) ont fait l'objet d'une reconduction photographique (fig. 29A-D).

5.2.2. Construction d'une base de données en libre accès

La base de données Observatoire Photographique des Paysages du Fleuve Charente a été construite en collaboration avec Christine Plumejeaud-Perreau (ingénieure de recherche, LIENSs UMR 7266 CNRS) (fig. 30A). Elle vise à collecter et exploiter les données photographiques anciennes et récentes. Elle contient au final plus d'une centaine de cartes postales avec leur cliché récent respectif. Chaque carte postale et son cliché ont été classés dans des thématiques illustrant les enjeux de gestion actuels : patrimoine fluvial et urbain, crue/inondation, pratiques fluviales, paysage agricole. Ils sont ensuite documentés par une fiche technique regroupant six types d'informations : les indications sur la carte postale, les indications sur le cliché récent, la localisation, une description du paysage fluvial, une analyse succincte des dynamiques paysagères et les références de la fiche technique (fig. 30B).

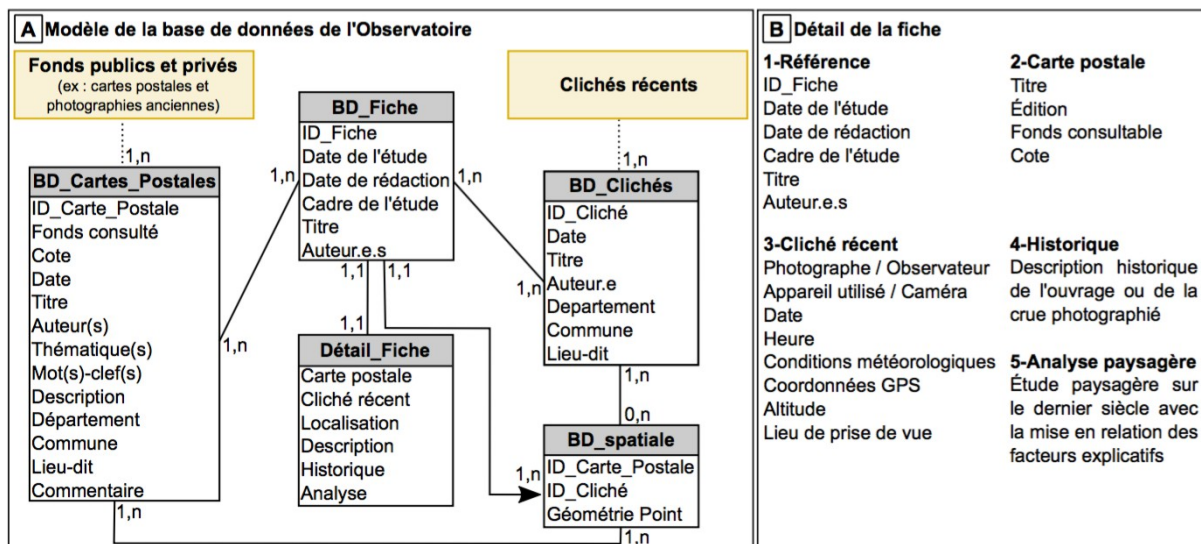


Fig. 30 – La base de données Observatoire Photographique des Paysages du fleuve Charente.

A : Modèle conceptuel de la base de données de l'Observatoire Photographique ; B : Détail de la fiche technique de la carte postale et de son cliché récent.

Le site internet de l'Observatoire Photographique du Fleuve Charente est accessible à partir du lien : <http://charival.plumegeo.fr/album/>. Il propose plusieurs visualisations interactives des données photographiques qui permettent d'avoir accès aux clichés ancien et récent ainsi qu'à leurs informations sur un lieu précis en sélectionnant les communes ou les sites photographiés ou en consultant l'interface cartographique. Cette dernière facilite la consultation des données. Les sites ateliers sont localisés par des icônes (i.e., les étoiles rouges) sur la carte OpenStreetMap (fig. 31A). Chaque icône est associée à une infobulle qui affiche la liste consultable des cartes postales et des clichés récents pour ce site atelier. Un lien permet d'avoir accès à la fiche technique de la carte postale et de son cliché récent (fig. 31B).

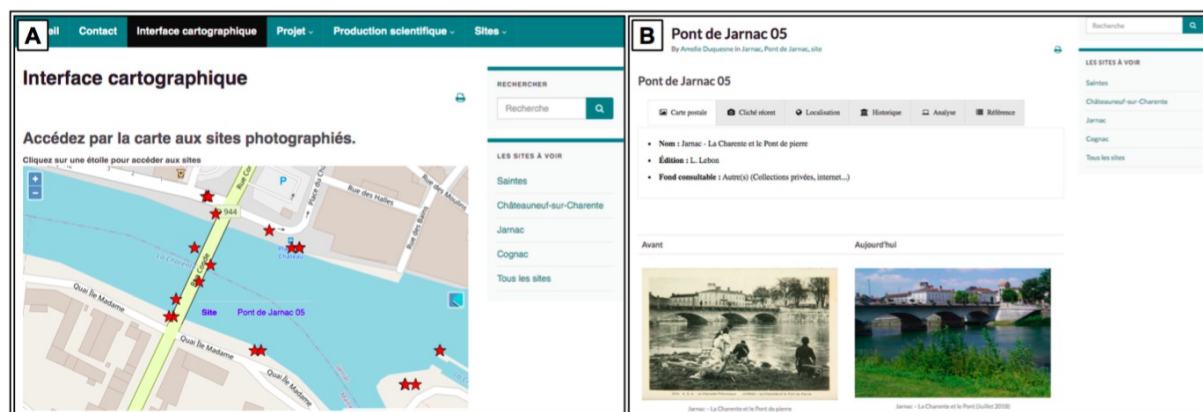


Fig. 31 – Captures du site internet de l'Observatoire Photographique des paysages du fleuve Charente

A : Interface cartographique ; B : Détail de la fiche technique avec la carte postale et son cliché récent.

Chapitre 5. Caractérisation du forçage hydro-climatique à travers le rôle des crues depuis le XVIII^e siècle

1. Introduction

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse diachronique semi-quantitative des données géohistoriques sur le forçage hydro-climatique étudié à travers le rôle des crues du fleuve Charente au cours des trois derniers siècles. Ce travail a fait l'objet d'une publication (Duquesne et Carozza, 2019). Il vise à 1) améliorer la connaissance locale sur le forçage hydro-climatique sur le temps long (1700-Actuel) ; 2) à analyser l'évolution de la fréquence, de l'intensité et de la saisonnalité des crues du fleuve Charente et 3) à confronter la chronologie des crues charentaises avec les dynamiques climatiques globales et régionales, et ensuite avec les chroniques de crues des fleuves de la façade atlantique française afin de faire ressortir d'éventuelles caractéristiques propres au fleuve Charente. Enfin, ce travail participe plus largement à enrichir les connaissances sur les spécificités de la géohistoire des crues d'un cours d'eau à faible énergie. Cette thématique a jusque-là été peu documentée par la littérature scientifique tant en termes de méthodologie de recherche que de connaissance fondamentale.

2. Reconstitution de la dynamique hydrologique (1700-2018)

La chronologie des crues du fleuve Charente établie comptabilise 145 évènements entre 1700 et 2018 (fig. 32). Cette base de données est jusqu'à présent la plus exhaustive, les données historiques de référence du rapport du TRI ayant recensé seulement 24 évènements (les plus majeurs) entre 1579 et 2014 (DREAL Poitou-Charentes, 2014). La répartition décennale des crues du fleuve Charente sur les trois derniers siècles n'est pas homogène. Elle montre une augmentation du nombre d'évènements dans le temps principalement en liaison avec une augmentation des données disponibles et/ou accessibles (fig. 32).

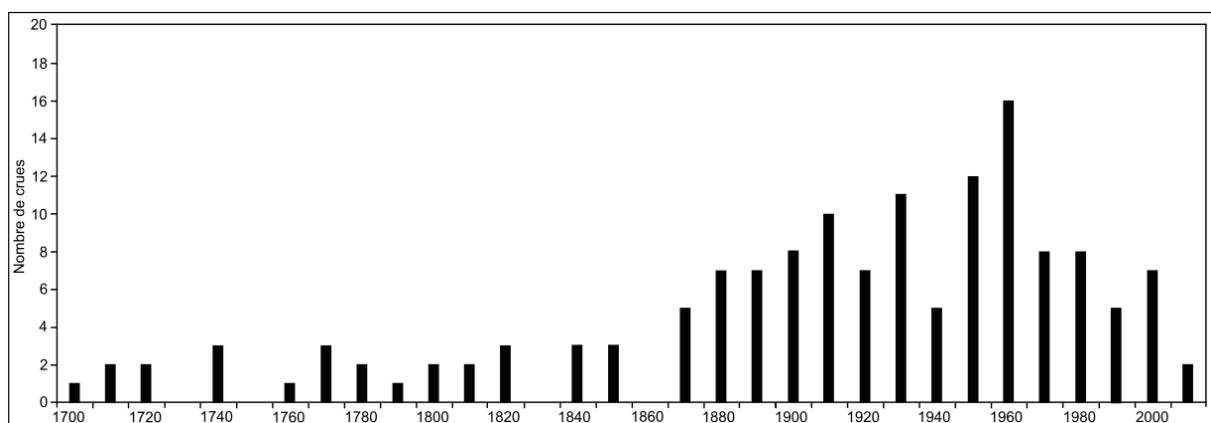


Fig. 32 – Chronique des crues du fleuve Charente depuis le XVIII^e siècle (nombre d'évènements par décennie).

Ce constat peut être corrélé à une plus forte quantité et à une meilleure qualité des informations sur les crues à partir du XX^e siècle ou à l'inverse à la perte de l'information histo-

rique attribuée en particulier à la destruction des archives de Saintes suite à l'incendie de l'Hôtel-de-Ville dans la nuit du 11 au 12 novembre 1871. Il est également à mettre en liaison avec la mise en place du Service d'Annonce des Crues et d'un réseau de stations de mesure à partir de la fin du XIX^e siècle jusqu'aux années 1970 (mesures sporadiques pour les périodes 1850-1921 et 1938-1970, mesures complètes pour la période 1922-1937). Enfin, il peut être aussi associé au développement de la presse à partir de la moitié du XIX^e siècle, à une attention plus soutenue portée aux risques naturels (XX^e siècle), et à la mise en œuvre d'actions pour initier une mémoire et une culture du risque d'inondation autour des événements les plus récents et dommageables (e.g., bases de données, expositions itinérantes, pose de repères de crue, etc.).

3. Évolution de l'intensité de la dynamique hydrologique (1700-2018)

Les données chronologiques ont été associées à une classification semi-quantitative des crues afin de traiter l'évolution qualitative de la dynamique hydrologique du fleuve Charente à travers l'intensité des phénomènes (fig. 33A-B). La répartition des crues d'après leur intensité met en évidence une prédominance des crues des niveaux 1 et 2, conformément aux spécificités de la dynamique fluviale de la Charente, (fig. 33A) et du niveau 1 aux XVIII^e et XIX^e siècles, en liaison avec la rareté et l'imprécision des sources de données (fig. 33B).

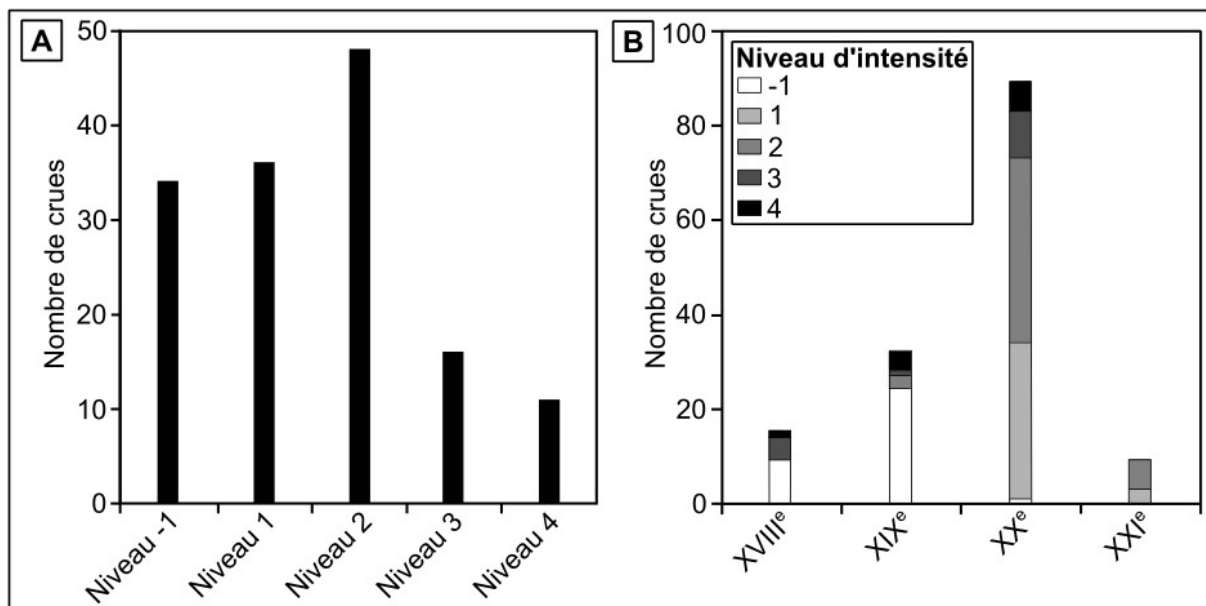


Fig. 33 – Répartition des crues du fleuve Charente selon leur intensité depuis le XVIII^e siècle.
 A : Totalité des crues par niveau d'intensité sur la période d'étude ; B : Totalité des crues par niveau d'intensité et par siècle sur la période d'étude.

Les événements attribués au niveau 1 augmentent entre les XVIII^e et XIX^e siècles selon la pauvreté qualitative et quantitative des sources anciennes. Ils diminuent ensuite jusqu'à disparaître vers la période actuelle en réponse à une détection systématique des crues de faible intensité dès le début du XX^e siècle (fig. 33B) liée au réseau de mesure des hauteurs d'eau.

À l'inverse, les évènements répertoriés pour les niveaux 1, 2, 3 et 4 augmentent considérablement durant le XX^e siècle (fig. 33B). Il faut y voir principalement la conséquence de l'augmentation de la vulnérabilité des territoires liée à l'urbanisation et de l'accroissement des sources disponibles et/ou accessibles à partir du XIX^e siècle : augmentation des demandes pour solliciter des financements pour la reconstruction d'ouvrages et des rapports techniques établis suite aux inondations dommageables, organisation d'un suivi systématique aux échelles limnimétriques pour les crues exceptionnelles à partir de la crue de 1842 pour la ville de Saintes, mise en place de systèmes de garantie et d'indemnisation incitant les administrés à déclarer les pertes subies lors des inondations.

L'importance d'une crue n'est pas toujours homogène à l'échelle du bassin. Certaines occasions de fortes inondations et d'importants dommages localement, alors qu'elles peuvent être ressenties de moindre ampleur sur le reste du bassin. L'analyse des hauteurs d'eau atteintes aux échelles limnimétriques des villes riveraines du cours d'eau lors des crues historiques des niveaux 3 et 4 illustre ce constat et révèle qu'il est difficile d'établir un classement des plus grandes inondations sur l'ensemble du bassin du fleuve Charente (tab. 6).

Année	Angoulême		Jarnac		Cognac		Saintes	
	Date	Cote	Date	Cote	Date	Cote	Date	Cote
1904	19/02/1904	5,17					1904	6,77
1907							1907	5,62
1912							1912	5,97
1914	27/03/1914	4,20					1914	5,76
1923	04/03/1923	5,26					1923	6,22
1928	16/02/1928	4,36					1928	5,88
1931	11/03/1931	4,01					1931	5,78
1934	22/03/1934	4,25					23/03/1934	5,59
1936	06/01/1936	4,82					08/01/1936	6,02
1939	24/01/1939	4,77					26/01/1939	5,86
1944	10/12/1944	5,30					13/12/1944	5,92
1952	27/11/1952	4,42					29/11/1952	6,10
1955	24/01/1955	4,54	20/01/1955	12,26			22/01/1955	5,95
1961	06/01/1961	4,80	07/01/1961	12,54			10/01/1961	6,48
1962	15/01/1962	5,40					18/01/1962	5,68
1962	02/04/1962	5,50	03/04/1962	12,84			05/04/1962	5,78
1977	13/02/1977	4,34	14/02/1977	12,15			17/02/1977	5,70
1982	23/12/1982	5,57	23/12/1982	13,12	23/12/1982	8,45	24/12/1982	6,84
1994	08/01/1994	5,32	09/01/1994	12,65	07/01/1994	8,04	08/01/1994	6,67
2000	10/11/2000	4,46	12/11/2000	12,24	12/11/2000	7,60	14/11/2000	5,76
2007	05/03/2007	4,69	06/03/2007	12,30	07/03/2007	7,16	08/03/2007	5,64

Tab. 6 – Cotes relevées aux échelles limnimétriques d'Angoulême, Jarnac, Cognac et Saintes pour les crues importantes du fleuve Charente au cours du XX^e siècle.

La hiérarchie des plus fortes crues classées selon la hauteur d'eau atteinte, est différente d'un point d'observation à l'autre. Cela s'explique, entre autres, par le caractère des perturbations à l'origine des épisodes. Par exemple, la crue de mars-avril 1962, issue d'un épisode court de précipitations intenses, a donné une hauteur d'eau parmi les plus fortes relevées à Angoulême (5,40 m) et une valeur qui n'est pas parmi les plus élevées à Saintes (5,68 m). À l'inverse, les crues de février 1904, de décembre 1982 et de janvier 1994, engendrées par un épisode long de pluies soutenues, suivi parfois par des épisodes pluvieux de courte durée

(décembre 1982), ont atteint des hauteurs d'eau très fortes à Saintes (6,67 à 6,84 m), ce qui a provoqué de longues inondations et d'importants dommages matériels (fig. 34A-B), alors que leur gravité a été plus modérée à Angoulême.

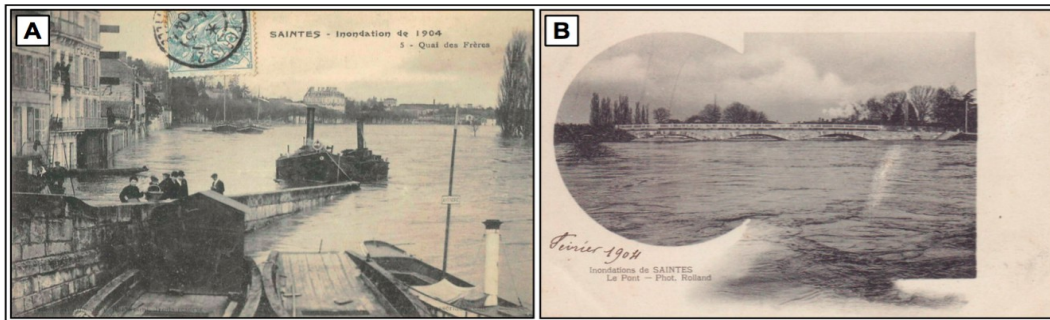


Fig. 34 – La crue de la Charente en février 1904.

A : Saintes – Inondation de 1904 Quai des Frères (collection privée) ; B : Inondation de Saintes – Le pont (collection privée).

4. Périodisation des évènements de crue

Les données chronologiques acquises ont permis de produire une périodisation des évènements sur la période d'étude établie d'après la fréquence des évènements et leur intensité (fig. 35A-B). Cinq phases hydrologiques majeures ont finalement été identifiées.

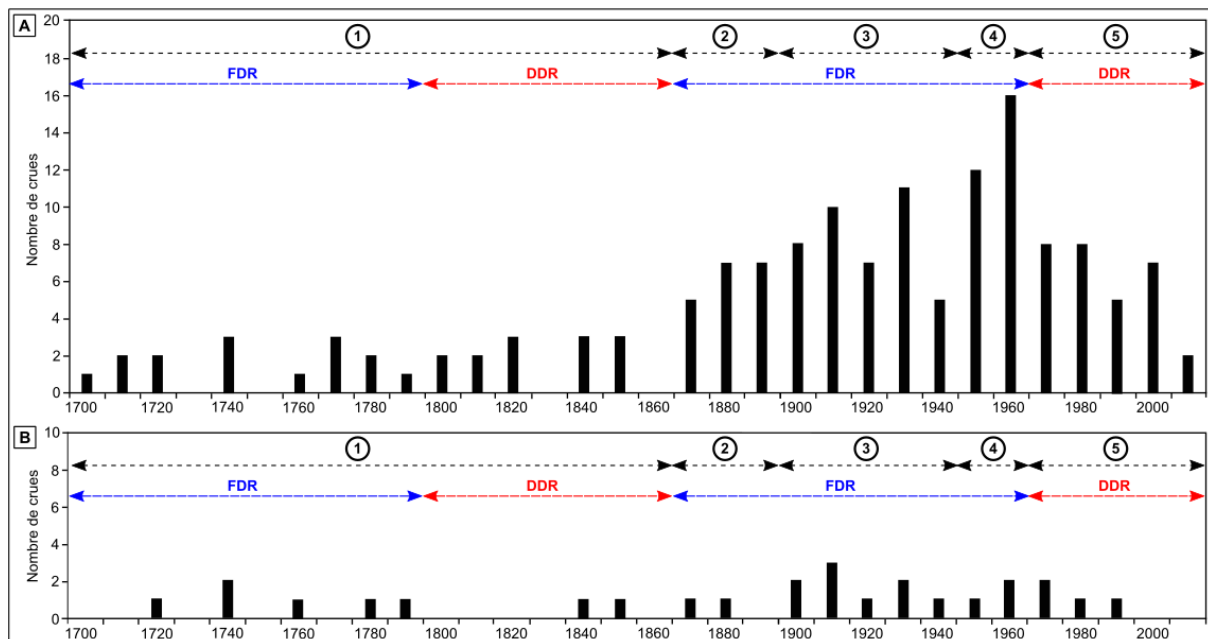


Fig. 35 – Périodisation de la chronique des crues du fleuve Charente depuis le XVIII^e siècle d'après la fréquence et l'intensité des évènements et d'après les phases FDR et DDR.

A : Toutes les crues sur la période d'analyse (145 évènements). B : Seules les crues de grande ampleur sur la période d'analyse (niveaux 3 et 4, 27 évènements). Les identifiants chiffrés font référence aux périodes hydrologiques citées ci-dessous.

La phase hydrologique n°1 (1700-1869) est associée à une hydraulité relativement modérée bien que la distribution des inondations ne soit pas uniforme sur cette période. Si la

fin du XVIII^e siècle (1760-1799) et le milieu du XIX^e siècle (1840-1859) ont connu peu de crues, ces périodes ont été sujettes à de grandes inondations : en 1768, 1783 et 1791 pour la première, en janvier 1842 et en novembre 1859 pour la seconde. À l'inverse, certaines périodes manifestent une moindre activité (i.e., les périodes 1700-1729 et 1800-1839) et même une "relative" accalmie (i.e., les décennies 1730, 1750, 1810, 1830 et 1860).

La fin du XIX^e siècle (1870-1899) constitue la phase hydrologique n°2. Elle connaît une période longue d'hydraulicité soutenue. Elle est caractérisée par une succession de crues "courantes" interrompue par trois événements de forte ampleur (i.e., crues de novembre-décembre-janvier 1872-1873, janvier-février-mars 1879 et décembre 1882).

La phase hydrologique n°3 correspond au début du XX^e siècle (1900-1949) et est associée à une période de forte hydraulicité. Elle se caractérise par une recrudescence des épisodes de crue "courants" et des épisodes "importants" et/ou "exceptionnels". Les années 1904, 1907, 1910, 1912 et 1914 sont ainsi marquées par des crues de forte ampleur à l'origine de dommages considérables. Malgré le manque de témoignages, la décennie 1940 a été associée à cette période suivant la chronique des hauteurs d'eau des crues importantes.

La période 1950-1969 (phase hydrologique n°4) connaît à nouveau une activité hydrologique importante. Elle est marquée par l'occurrence des épisodes de crue "courants", 24 crues ont été enregistrées, et la raréfaction des épisodes de crue "importants" et/ou "exceptionnels" (i.e., crues de novembre-décembre-janvier 1952 et de janvier 1961).

La fin du XX^e siècle (phase hydrologique n°5) correspond, dans une certaine mesure, à une période de moindre activité hydrologique en termes de fréquence, mais elle connaît des phénomènes intenses. Deux pics de recrudescence de l'activité hydrologique se distinguent, d'une part, les années 1980-1983 et, d'autre part, les années 1994-2000, au cours desquelles surviennent la crue centennale de décembre 1982 et la crue cinquantiennale de janvier 1994.

5. Distinction entre les régimes dominés par les crues ou par les étiages

Les chronologies de crues du fleuve Charente (événements tous confondus et événements forts et exceptionnels) (fig. 35A-B) ont été rapprochées avec la chronique des hauteurs d'eau mesurées à Saintes depuis 1779 (fig. 36). Leur analyse permet ici de mettre en évidence l'existence de régimes dominés par les crues (*flood-dominated regime*, FDR) et de régimes dominés par les étiages (*drought-dominated regime*, DDR) (Erskine et Warner, 1998).

La phase hydrologique n°1 pourrait être caractérisée par l'alternance entre un régime FDR au XVIII^e siècle et un régime DDR au début du XIX^e siècle. Mais la rareté des sources d'archives et leur imprécision ne permet pas de proposer une analyse plus détaillée.

Les phases hydrologiques n°2, 3 et 4 (i.e., les périodes 1870-1899, 1900-1949, 1950-1969) semblent correspondre à un régime FDR. Ce dernier se traduit par une phase courte d'activité hydrologique très prononcée (1900-1915) avec cinq crues de très grande ampleur assez

rapprochées. Cette phase est encadrée par deux périodes longues d'hydraulicité soutenue, l'une en 1870-1899 et l'autre en 1916-1969. Ces périodes sont dominées par la récurrence de crues courantes avec quelques évènements catastrophiques.

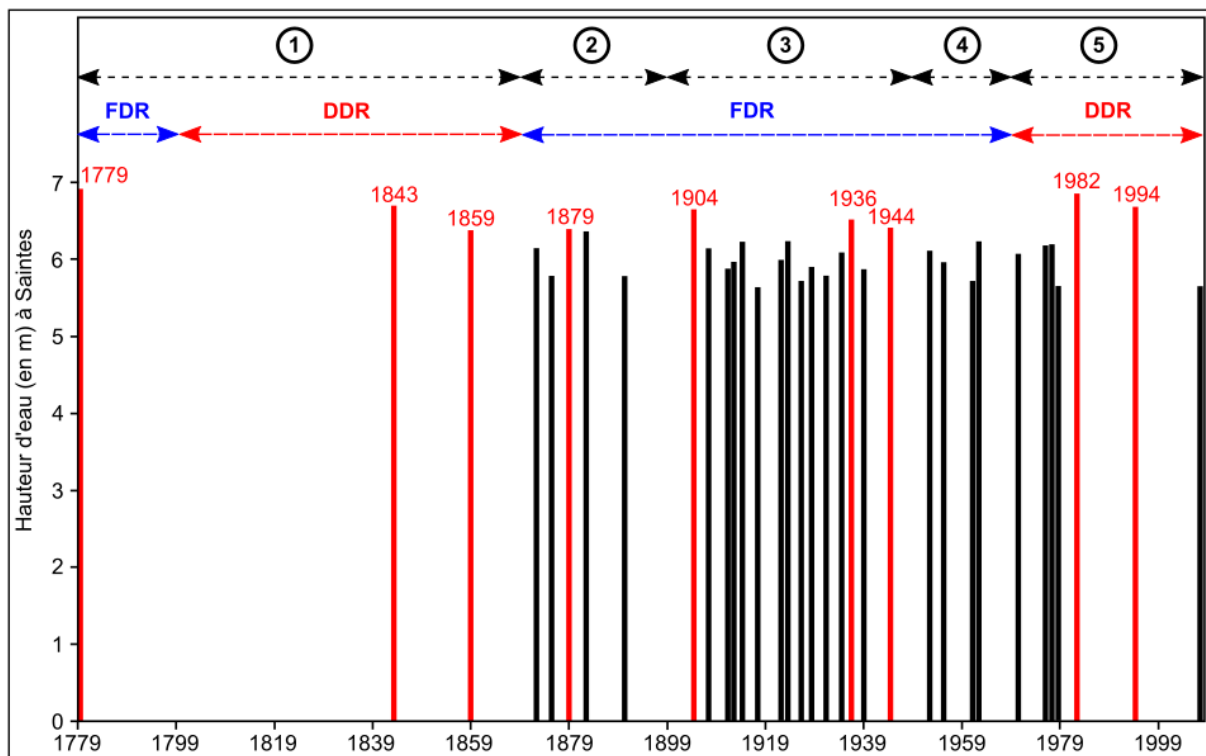


Fig. 36 – Chronique des hauteurs d'eau enregistrées à Saintes et périodisation des crues d'après la fréquence et l'intensité des événements et d'après les phases FDR et DDR.

Seuls les évènements de crue supérieurs à 5,60 m (cote à partir de laquelle les quais et les rues adjacentes sont inondés en grande partie) figurent dans ce document. Les crues les plus fortes sont indiquées en rouge et les identifiants chiffrés font référence aux périodes hydrologiques citées précédemment.

La phase hydrologique n°5 (1970-2017) pourrait être associée à un régime DDR. Il s'agit ici d'une période d'activité hydrologique visiblement atténuée en termes de fréquence mais à l'inverse elle connaît des évènements de grande intensité (e.g., 1982 et 1994). Elle observe ainsi de courtes périodes d'accalmie hydrologique (1971-1973, 1989-1993, 2008-2017) ou au contraire d'hydraulicité modérée (2001-2007) voire même très élevée (1981-1983 et 1994-2000). Les données sur les étiages semblent confirmer ce type de régime DDR au cours de cette période soumise régulièrement à des étiages sévères (EPTB Charente, 2012). Ces données montrent une sévérité des étiages en particulier sur les périodes 1989-1999 et 2009-2019 attribuées à des années plus chaudes et sèches et au développement de l'irrigation. Les crues récentes de 2018, 2019, 2020 et 2021 pourraient quant à elles signifier la sortie de la période de DDR et l'amorce d'un régime de crue soutenue (FDR).

6. Évolution mensuelle et saisonnière de la dynamique hydrologique

Les données chronologiques obtenues permettent de distinguer les crues selon leur mois et leur saison de survenance afin de proposer une analyse de l'évolution de la saisonnalité

du régime de crue du fleuve Charente entre 1700 et 2018. Cependant, il a été impossible de renseigner le mois et/ou la saison pour respectivement 39 et 34 crues du cours d'eau. Les résultats présentés doivent être en conséquence analysés avec précaution.

6.1. Répartition mensuelle des crues

Le recensement des crues selon leur mois de survenance met en évidence un régime de crue dominé par les crues hivernales survenant en décembre (21 crues), janvier (28) et février (25) conformément au régime pluvio-évaporal du fleuve Charente (fig. 37).

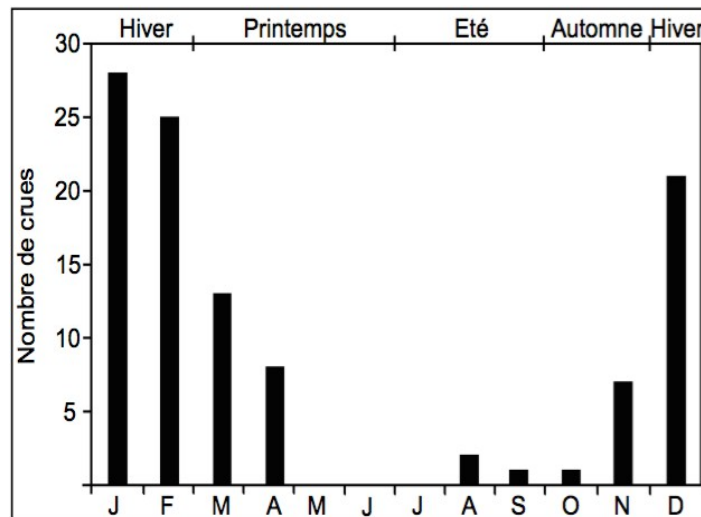


Fig. 37 – Répartition des crues du fleuve Charente selon leur mois de survenance depuis le XVIII^e siècle.

6.2. Distribution saisonnière des crues : une prédominance des crues hivernales

L'analyse de la répartition saisonnière des crues du fleuve Charente montre qu'aucune période de l'année n'est exempte de crues. Quatre types de crue ont été identifiés (fig. 37).

Les crues hivernales (au sens astronomique) sont des "crues océaniques" engendrées par des systèmes perturbés d'ouest à l'origine d'épisodes pluvieux longs et intenses. Elles provoquent de longues submersions, en particulier sur le cours inférieur du fleuve Charente. Ces crues sont de loin les plus fréquentes, avec 84 événements recensés sur la période 1700-2018. Les hivers comptent les épisodes les plus mémorables, avec les crues de décembre 1982 et de janvier 1994, mais aussi celles de mars 1923, de l'hiver 1935-1936 et de janvier 2003.

Les crues printanières sont moins nombreuses (15 événements de 1700 à 2018). Elles font généralement suite à des hivers humides et pluvieux, elles viennent grossir les hautes eaux habituelles du début du printemps. Ce fut le cas des crues de fin mars-début avril 1912, 1914 et 1934.

Les crues estivales sont le résultat soit de perturbations de faible intensité mais de longue durée, soit d'orages estivaux violents affectant une grande surface du bassin-versant. Seules

quatre crues sont répertoriées pour cette saison, en août 1713, septembre 1725, août 1768 et dans l'été (mois non précisé) 1806.

Les crues automnales sont dues au passage de perturbations pluvieuses associées à une circulation méridienne, qui apportent des précipitations abondantes, responsables de submersions de longue durée (3 à 4 semaines). Parmi les 8 crues reconnues pour l'automne, les plus remarquables sont celles d'octobre-novembre 1859, de septembre-octobre 1872 et de novembre-décembre 1910.

L'analyse de la distribution saisonnière des crues du fleuve Charente sur le long terme fait ressortir trois évolutions significatives en liaison avec les changements de circulation atmosphérique : 1) l'augmentation croissante du nombre de crues hivernales vers la période actuelle ; 2) la hausse sensible du nombre de crues automnales entre les XIX^e et XX^e siècles ; et 3) la disparition des crues estivales à partir du début du XIX^e siècle (fig. 38).

Ces évolutions semblent être attribuées à un facteur climatique, étant donné que la genèse des crues est commandée par la pluviométrie (durée et intensité). La première évolution peut ainsi s'expliquer par une prédominance des circulations atmosphériques d'ouest associées à des perturbations pluvieuses de durée et d'intensité variables. La seconde suppose, quant à elle, une "méditerranéisation" probable du régime des crues. La troisième, enfin, peut évoquer l'absence de conditions climatiques favorables au déclenchement d'orages estivaux violents et pluvieux. Une ré-analyse des données météorologiques pourrait permettre de conforter ces premières hypothèses.

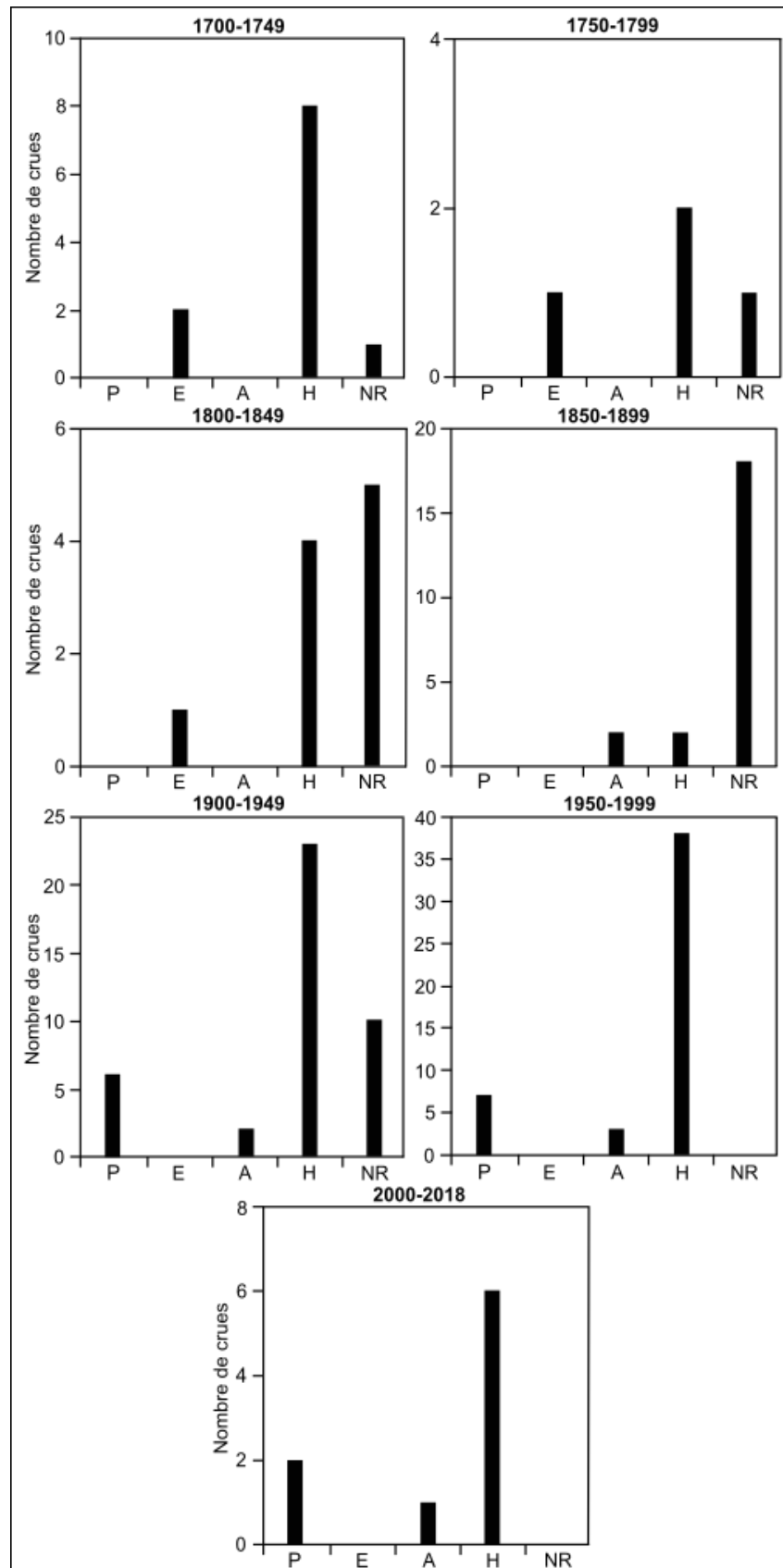


Fig. 38 – Évolution historique de la répartition saisonnière des crues du fleuve Charente par demi-siècle depuis le XVIII^e siècle.

P : printemps. E : été. A : automne. H : hiver. Les saisons sont considérées au sens astronomique.

7. Fréquence de retour et chroniques des hauteurs d'eau

Les limnigrammes et les bordereaux journaliers de mesure des hauteurs d'eau conservés aux Archives municipales de Saintes ont été dépouillés. Ils ont permis d'établir une chronologie des hauteurs d'eau à l'échelle de mesure du pont Palissy à Saintes sur la période 1904-2018. Seules les crues supérieures à la cote d'alerte (ici 4 m) ont été prises en compte. Une analyse en termes de fréquence apparente a ensuite été réalisée d'après la méthode proposée par Lambert *et al.* (2001) pour la période 1904-2018 étendue ensuite aux crues historiques à partir de 1779 (fig. 39). Les hauteurs d'eau antérieures à 1904 ont été consignées par M. Robin, sous-ingénieur des Ponts-et-Chaussées à Saintes, transmises à Charles Dangi-beaud et retranscrites par ce dernier dans un Bulletin de la Société des Archives Historiques - Revue de la Saintonge et de l'Aunis (tome XXIV, 1904). Cette chronologie des hauteurs d'eau est la plus précise et la plus longue disponible pour le tronçon fluvial Angoulême-Saintes. Cette exhaustivité est attribuée à la forte vulnérabilité de la ville et au recensement systématique des hauteurs d'eau atteintes pour les crues importantes à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle.

La relation entre la hauteur et la fréquence des crues (fig. 39) présente plusieurs ruptures de pente qui correspondent au franchissement de seuils géomorphologiques. La première rupture, à 5,60 m, indique le début du débordement en lit majeur et la seconde, aux alentours de 6,50 m, pourrait marquer le débordement à la limite entre le lit majeur périodique et le lit majeur exceptionnel. Pour la période 1904-2018, les points s'alignent relativement bien, excepté pour 1982, 1904, 1923, 1994, 1936, 1961 et 1944, ce qui correspond aux hauteurs d'eau suivantes : 6,84 m, 6,77 m, 6,74 m, 6,67 m, 6,50 m, 6,46 m et 6,40 m. Or, lorsque les crues historiques depuis 1779 sont ajoutées au graphique, les hauteurs d'eau atteintes par les crues de 1982, 1904, 1923, 1994, 1936, 1961 et 1944 semblent moins exceptionnelles, du fait du positionnement des crues de 1779 (6,90 m), 1842 (6,70 m), 1882 (6,35 m) et 1859 (6,32 m).

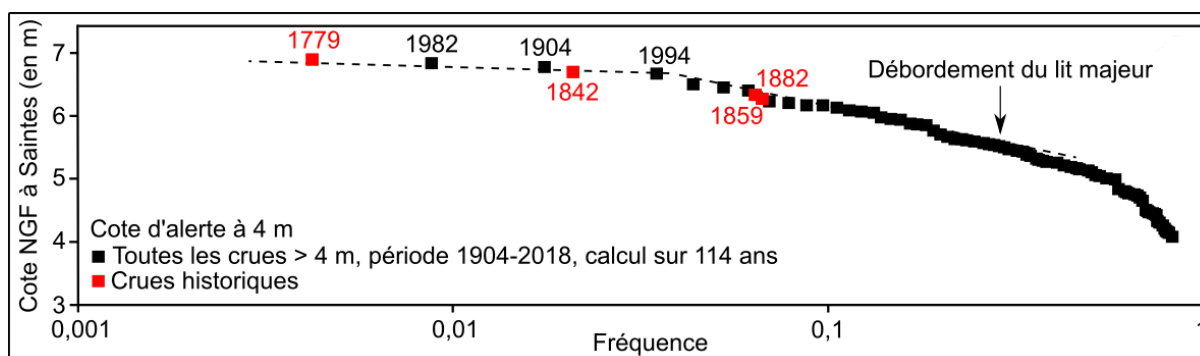


Fig. 39 – Relation entre la hauteur et la fréquence des crues du fleuve Charente sur la période 1904-2018.

La relation hauteur / fréquence peut être analysée au regard de la section en travers du cours d'eau. L'augmentation des hauteurs d'eau lors des crues semble être une réponse de l'hydrosystème à l'aménagement du lit du fleuve Charente après la fin du XVIII^e siècle. Les périodes de grands aménagements en particulier pour améliorer la navigabilité du cours d'eau des XVIII^e (i.e., 1785-1807) et XIX^e (i.e., 1838-1845, 1850-1855, 1880-1896) siècles, puis

l'urbanisation à partir du XX^e siècle, coïncident avec les crues les plus importantes en termes de hauteur d'eau, de dommages et d'impacts sur les sociétés (i.e., 1779, 1783, 1791, 1842, 1859, 1879, 1882, 1904, 1923, 1961, 1982, 1994). À la lumière de ces résultats, il apparaît que la commune de Saintes est soumise à une fréquence élevée des inondations, qui manifestent parfois des hauteurs d'eau très élevées et provoquent des dommages importants, depuis la fin du XVIII^e siècle.

Trois crues historiques se distinguent : 1779 correspondant aux plus hautes eaux connues dont la valeur de hauteur d'eau est toutefois approximative (repère sur la pierre d'un mur de la rue Pont des Monards), 1842 atteignant une valeur de hauteur d'eau supérieure à celle de 1994, et 1904 dépassée de peu (5 cm) par 1982. Pour autant, ces dernières ne sont pas considérées dans les PPRI, le PAPI et la SLGRI, et moins exploitées par les gestionnaires du risque d'inondation, que la crue du siècle de 1982, plus récente dans les mémoires. Ce constat met en lumière la nécessité d'entretenir une mémoire et une culture durable du risque d'inondation en Charente-Maritime et en Charente.

8. Mise en perspective avec les dynamiques climatiques locales, régionales et globales

Les résultats géohistoriques acquis ont été confrontés aux travaux paléoclimatologiques à l'échelle globale (Lamb, 1982 ; Masson-Delmotte *et al.*, 2013 ; Khodri *et al.*, 2015) et régionale (Bourquin-Mignot et Girardclos, 2001 ; Grousset *et al.*, 2015) ainsi qu'à des données climatiques locales récentes (Météo France). Des indicateurs révélateurs de la variable climatique ont été mobilisés au niveau de trois échelles spatiales distinctes : 1) à l'échelle globale à travers l'évolution des températures annuelles reconstituées de l'hémisphère nord sur les derniers siècles (Masson-Delmotte *et al.*, 2013) ; 2) à l'échelle régionale à l'aide de l'évolution des dates de vendanges, tardives ou précoces, dans la région Nouvelle-Aquitaine depuis 1560 (Grousset *et al.*, 2015) et de l'évolution de la largeur des cernes de croissance de hêtres de la forêt d'Iraty au Pays Basque depuis le XVI^e siècle (Bourquin-Mignot et Girardclos, 2001) et enfin 3) à l'échelle locale aux moyens des séries de données pluviométriques et thermométriques des stations de Saintes, Cognac et Angoulême depuis 1916, 1946 et 1976 traitées sous KhronoStat (IRD, 1998). La comparaison des chroniques de crues et des hauteurs d'eau avec ces marqueurs climatiques fait ressortir des périodes majeures étroitement soumises aux variations climatiques : la période du Petit Âge Glaciaire (PAG) (1550-1849), la période de sortie du Petit Âge Glaciaire (1850-1949) et la période de réchauffement global (1950-Actuel). Ces trois grandes périodes sont ensuite nuancées à travers les données régionales et locales.

8.1. Corrélation entre les chroniques de crue du fleuve Charente et les indicateurs climatiques à l'échelle globale et régionale

La phase hydrologique n°1 coïncide avec l'apogée du PAG, une période de refroidissement notable (1450-1850), estimé à -1°C en moyenne, à l'échelle de l'hémisphère Nord (fig. 40). Cette dernière est associée à une forte variabilité des précipitations et à une fréquence élevée des événements hydrométéorologiques tant courants qu'exceptionnels (e.g., inonda-

tions, sécheresses, coulées de boue, etc.) (Pfister, 1980). Lamb (1982) et Le Roy Ladurie (1983) décrivent une période de forte variabilité climatique d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre, alternant des hivers froids et des hivers humides et pluvieux, des étés chauds et secs et des étés froids, humides et pluvieux. Ces données sont confrontées à l'analyse de la croissance des hêtres du Pays Basque et aux dates de vendanges, étroitement liées au climat ce qui permet d'affiner cette période au niveau de la Nouvelle-Aquitaine.

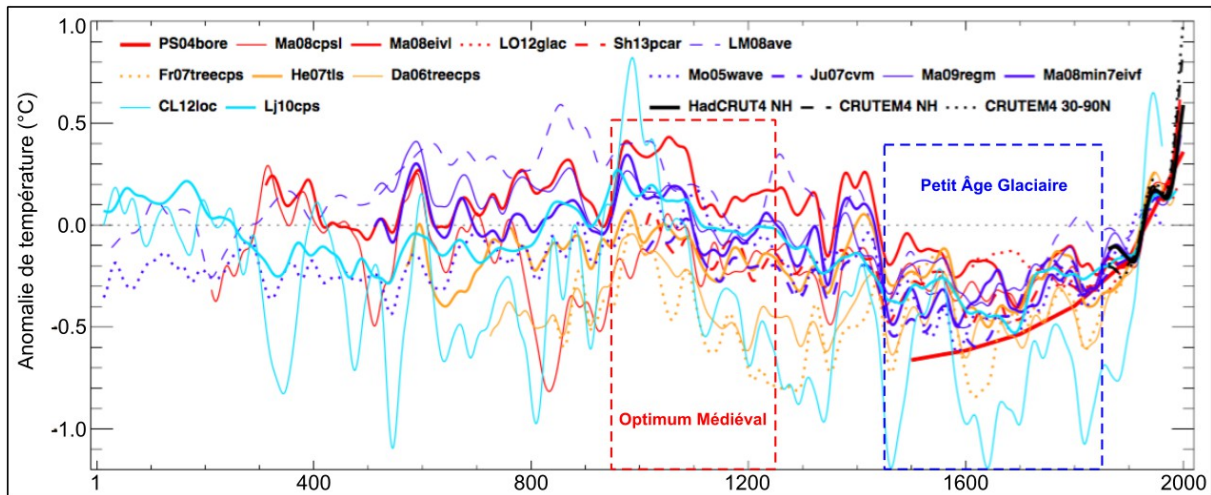


Fig. 40 – Anomalie de température à l'échelle de l'hémisphère Nord.

Source : Masson-Delmotte *et al.* (2013).

Si l'influence du PAG est effectivement confirmée à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine (fig. 41-42), elle n'est manifestement pas retranscrite en tant que telle dans les chroniques de crues du fleuve Charente. Ce dernier connaît en réalité une activité hydrologique très contrastée sur la période 1700-1850 associée au PAG. Les chroniques de crues montrent une alternance marquée entre une période d'activité hydrologique soutenue, à l'image de la fin du XVIII^e siècle, et de périodes de moindre activité, à l'exemple de la première moitié des XVIII^e et XIX^e siècles.

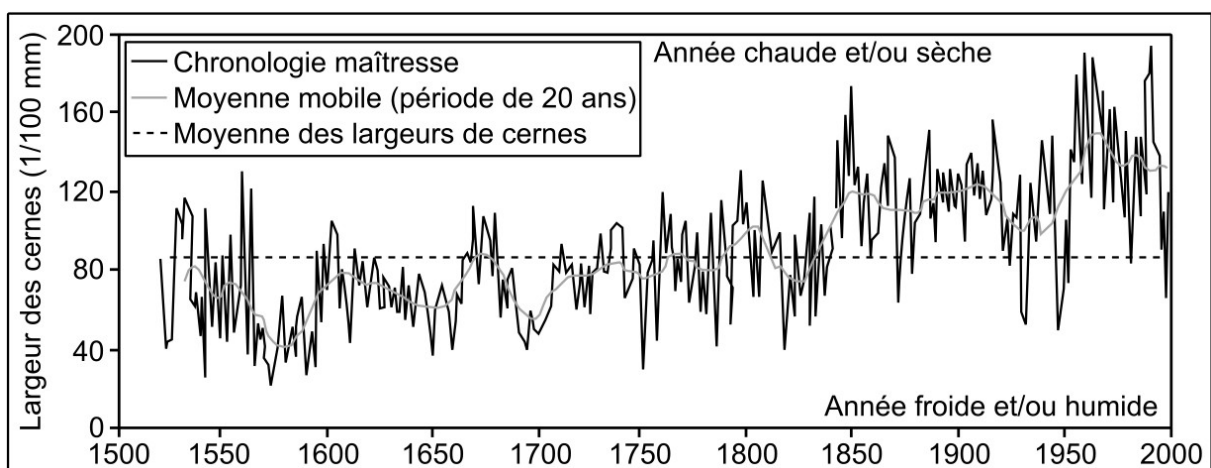


Fig. 41 – Évolution de la largeur des anneaux de croissance des hêtres de la forêt d'Iraty, Pays Basque.

Source : Bourquin-Mignot et Girardclos (2001).

La fin du XVIII^e siècle (1780-1800) est corroborée globalement avec une période de croissance des hêtres (série de cernes plus éloignés) (fig. 41) et une période où les vendanges sont précoces (fig. 42). La variabilité climatique interannuelle est toutefois très prononcée avec alternance de séries courtes de cernes très rapprochés et très éloignés et de vendanges précoces et tardives. Ces évolutions climatiques singulières expliqueraient la succession d'évènements de crue de grande ampleur. Le milieu du XVIII^e et la première moitié du XIX^e siècles sont étroitement corrélés avec les périodes de faible croissance des hêtres (série de cernes très resserrés) et les périodes où les vendanges sont effectuées tardivement particulièrement entre 1740 et 1780 et entre 1810 et 1840 (fig. 41-42). Ces périodes sont interprétées comme des phases de refroidissement, supposée plus humide pour la première en raison de la succession d'évènements de grande ampleur et plus sèche pour la seconde expliquée par la faible activité du cours d'eau sur le plan hydrologique avec l'absence d'évènements exceptionnels.

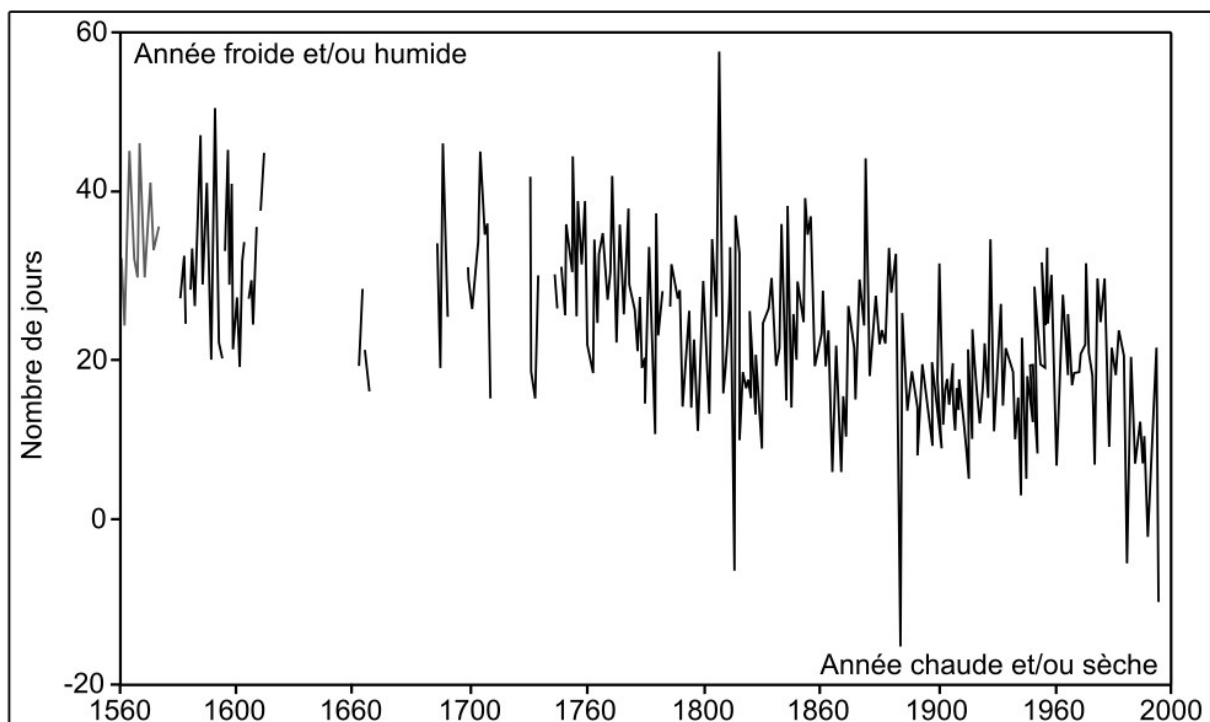


Fig. 42 – Évolution du nombre de jours compris entre la date du ban des vendanges en Bordelais et le 1^{er} septembre, de 1560 à nos jours.

Les données sont issues des archives religieuses et privées (journaux intimes ou chroniques). Source : Grousset *et al.* (2015).

Les phases hydrologiques n°2 (1850-1899) et n°3 (1900-1949) correspondent à la période de sortie du PAG. Les enregistrements paléoclimatiques continentaux mettent en évidence l'amorce d'une période de réchauffement à l'échelle de l'hémisphère nord à la fin du XIX^e siècle (fig. 40). Cette tendance globale est confirmée à l'échelle régionale par l'analyse des données dendrochronologiques et des dates de vendanges, tardives ou précoces (fig. 41-42). Les périodes de forte hydraulicité soit en termes de fréquence et/ou d'intensité du fleuve Charente sont corroborées avec les séries de grands cernes et les dates de vendanges très précoces interprétées ici comme une période de réchauffement significatif.

La période contemporaine (1950-Actuel) est associée aux phases hydrologiques n°4 (1950-1969) et n°5 (1970-Actuel). Les archives paléoclimatiques terrestres mettent en évidence, à l'échelle de l'hémisphère nord, une progression nette du réchauffement des températures annuelles sur la deuxième moitié du XX^e siècle et les premières décennies du XXI^e siècle (fig. 40). La période 1983-2012 apparaît visiblement être la période la plus chaude depuis ces huit derniers siècles (Khodri *et al.*, 2015). Moisselin et al. (2002) identifient également cette tendance climatique sur tout l'Ouest de la France. Ils établissent une hausse de +1,3°C à +1,5°C pour les températures minimales, de +0,7°C pour les températures maximales et de +0,9°C pour les températures moyennes sur la période 1901-2000 au droit des départements charentais. La croissance globale des hêtres et les dates de vendange relativement précoces corroborent cette période de réchauffement à l'échelle régionale (fig. 41-42). Cette dernière peut en revanche être affinée avec l'analyse des séries thermométriques et pluviométriques locales sur la période très récente à l'échelle des stations de Saintes, Cognac et Angoulême.

8.2. Caractérisation des températures et des précipitations à l'échelle locale sur la période très récente

8.2.1. Détection de ruptures dans les séries thermométriques et pluviométriques

Les résultats des tests statistiques des séries thermométriques et pluviométriques sont résumés dans le tableau n°7 et indiqués sur les figures n°43 à 46. Les séries climatiques de la station de Saintes ont dû être segmentées en deux afin d'être traitées sous KronoStat en raison de données manquantes entre 1933 et 1944.

Série climatique	Année	Commune	Rupture(s) selon les tests de			Rupture(s) selon le test de HUBERT					
			PETTITT	LEE et HEGHINIAN	HUBERT	Série 1		Série 2		Série 3	
						Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Température annuelle moyenne	1916-1938	Saintes	-	1936	-	11,8	0,5	-	-	-	-
Température minimale annuelle moyenne	1916-1938	Saintes	-	1936	-	6,4	0,5	-	-	-	-
Température maximale annuelle moyenne	1916-1938	Saintes	-	1929	-	17,2	0,8	-	-	-	-
Pluviométrie annuelle totale	1916-1938	Saintes	-	1921	1921	567,8	209,1	846,3	187	-	-
Température annuelle moyenne	1944-2018	Saintes	1987	-	1949 et 1987	13,2	0,9	12,1	0,7	13,3	0,6
Température minimale annuelle moyenne	1944-2018	Saintes	1980	1980	1980	7,5	0,7	8,5	0,6	-	-
Température maximale annuelle moyenne	1944-2018	Saintes	1987	1988	1949 et 1987	18,6	0,8	16,6	0,8	18	0,7
Pluviométrie annuelle totale	1944-2018	Saintes	-	1949	1949	608	160	889	142	-	-
Température annuelle moyenne	1945-2018	Cognac	1987	1988	1988	12,4	0,5	13,6	0,5	-	-
Température minimale annuelle moyenne	1945-2018	Cognac	1987	1987	1946 et 1987	6,5	0,2	7,8	0,5	8,9	0,5
Température maximale annuelle moyenne	1945-2018	Cognac	1988	1988	1988	17,1	0,6	18,3	0,6	-	-
Pluviométrie annuelle totale	1945-2018	Cognac	-	1945	1952 et 1954	770,8	162,3	263,5	244,2	772,3	114,3
Température annuelle moyenne	1976-2018	Angoulême	1993	1987	1987	12,1	0,7	13,1	0,5	-	-
Température minimale annuelle moyenne	1976-2018	Angoulême	1993	1993	1993	7,2	0,6	7,9	0,6	-	-
Température maximale annuelle moyenne	1976-2018	Angoulême	1988	1988	1988	17,1	0,7	18,4	0,7	-	-
Pluviométrie annuelle totale	1976-2018	Angoulême	-	-	-	839,1	108,3	-	-	-	-

Tab. 7 – Dates des ruptures des séries thermométriques et pluviométriques pour les stations de Saintes (1916-1938 et 1944-2018), Cognac (1944-2018) et Angoulême (1976-2018).

Les séries thermométriques annuelles moyennes analysées présentent en général une rupture aux trois stations (tab. 7). Au niveau de la station d'Angoulême, le test de Pettitt situe une rupture en 1993 et les tests de Lee et Heghinian et de Hubert relèvent une rupture en 1987. Pour la station de Cognac, la rupture est fixée soit en 1987 d'après le test de Pettitt soit en 1988 d'après les tests de Lee et Heghinian et de Hubert. Quant à la station de Saintes, le test de Lee et Heghinian indique une rupture en 1936 pour la période 1916-1938. Les tests de Pettitt et de Hubert ne révèlent aucune rupture pour cette période. Pour la période 1944-2018, le test de Pettitt place une rupture en 1987. Le test de Lee et Heghinian propose par contre deux ruptures, la première en 1949 et la deuxième en 1987.

Les séries thermométriques annuelles minimales étudiées sont caractérisées par une à deux ruptures selon les tests et les stations (tab. 7). Pour la station de Saintes, le test de Lee et Heghinian place une rupture en 1936 pour la période 1916-1938. Les tests de Pettitt et Hubert ne détectent quant à eux aucune rupture sur cette période. Les trois tests proposent ensuite une rupture en 1980 pour la période 1944-2018. Pour la station d'Angoulême, les trois tests ne fixent qu'une seule rupture, située en 1993. Quant à la station de Cognac, les tests de Pettitt tout comme celui de Lee et Heghinian positionnent une unique rupture en 1987. Le test de Hubert propose quant à lui une première rupture en 1946 et une deuxième en 1987. La rupture établie en 1946 est jugée ici peu cohérente. L'obtention de cette date dépend de la faiblesse des valeurs enregistrées pour les années 1945 et 1946. Ces dernières ont influencé fortement les résultats obtenus au sein d'une série de données très courte (1945-2018).

Les séries thermométriques annuelles maximales analysées montrent une à deux ruptures en fonction des tests et des stations (tab. 7). Les trois tests situent une seule rupture en 1988 pour les stations d'Angoulême et de Cognac. En revanche, pour la station de Saintes, le test de Lee et Heghinian indique une rupture en 1929 pour la période 1916-1938, les deux autres tests excluent toute rupture. Pour la période 1944-2018, le test de Pettitt fixe une rupture en 1987 très proche de celle fixée pour les deux autres stations. Le test de Hubert propose par contre deux ruptures, la première en 1949 et la deuxième en 1987.

Les séries pluviométriques annuelles affichent une à deux ruptures selon les tests aux stations de Saintes et Cognac (tab. 7). Aucune rupture n'a été détectée dans la chronique pluviométrique de la station d'Angoulême car cette dernière couvre probablement une période trop courte (1976-2018). Pour la station de Saintes, les tests de Lee et Heghinian et de Hubert établissent une rupture en 1921 sur la période 1916-1938 et une en 1949 sur la période 1944-2018. Quant à la station de Cognac, le test de Lee et Heghinian détecte une seule rupture en 1945 et le test de Hubert positionne deux ruptures, l'une en 1952 et l'autre en 1954. L'obtention de ces dates est liée avant tout aux années 1945, 1953 et 1954, dont les valeurs de précipitations relativement faibles ont interféré sur les résultats au sein d'une chronique de données relativement courte (1945-2018).

8.2.2. Mise en perspective des chroniques climatiques et de crues

Les résultats climatiques obtenus sur la période très récente sont discutés à la lumière des chroniques de crues et de hauteur d'eau produites dans ce travail. Ils permettent de nuancer la période de réchauffement récent du XX^e siècle et du début du XXI^e siècle. Les séries thermométriques et pluviométriques et les seuils de ruptures des tests statistiques à l'échelle des stations de Saintes, Cognac et Angoulême sont relativement proches. De ce fait, seules les séries climatiques de Saintes sont présentées en détails car ce sont les chroniques les plus longues actuellement disponibles (fig. 43-46). Les séries climatiques de Cognac et d'Angoulême sont disponibles dans les Annexes C et D.

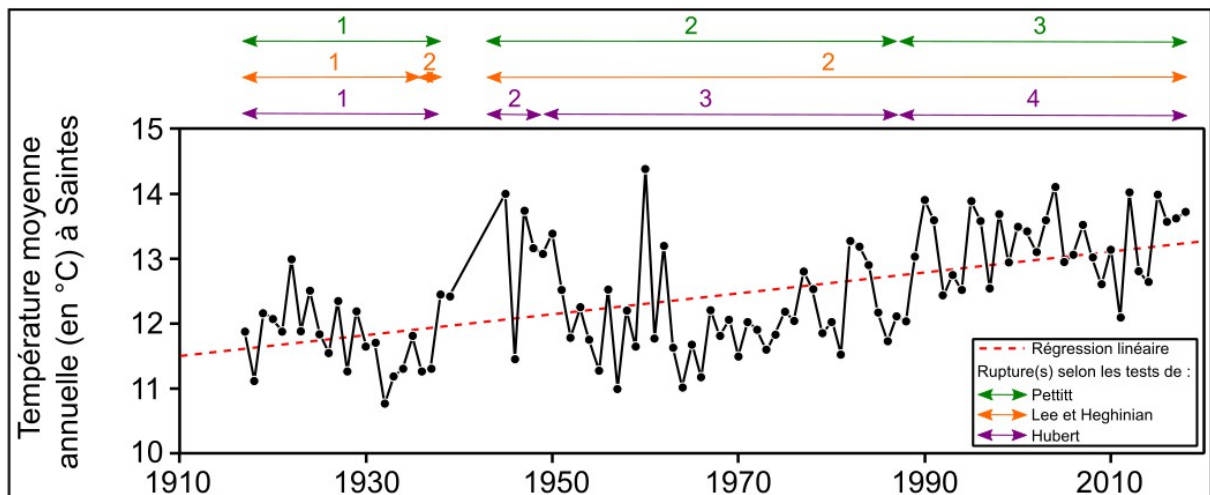


Fig. 43 – Évolution de la température moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.

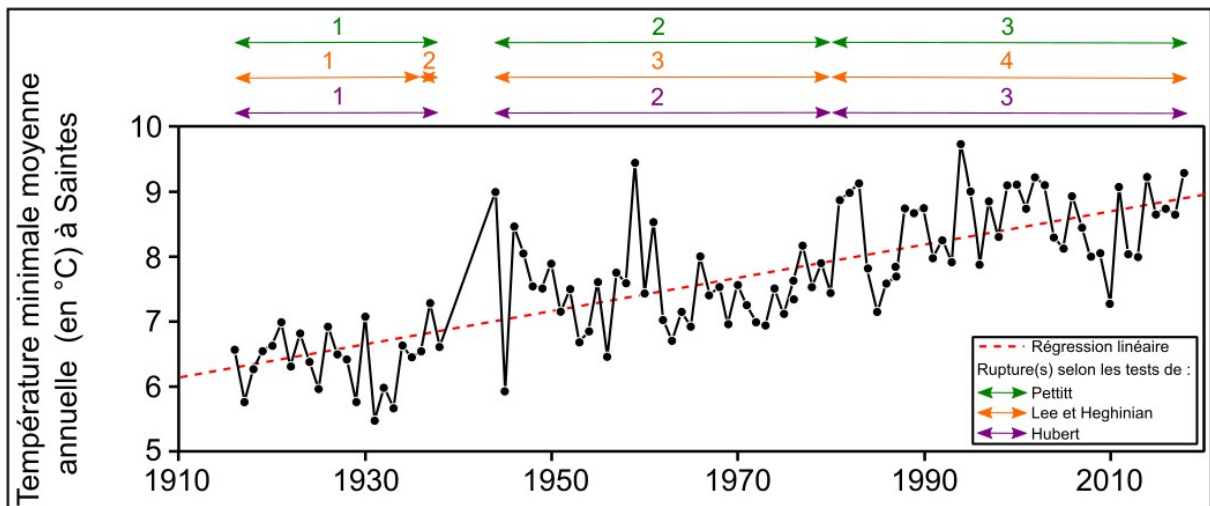


Fig. 44 – Évolution de la température minimale moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.

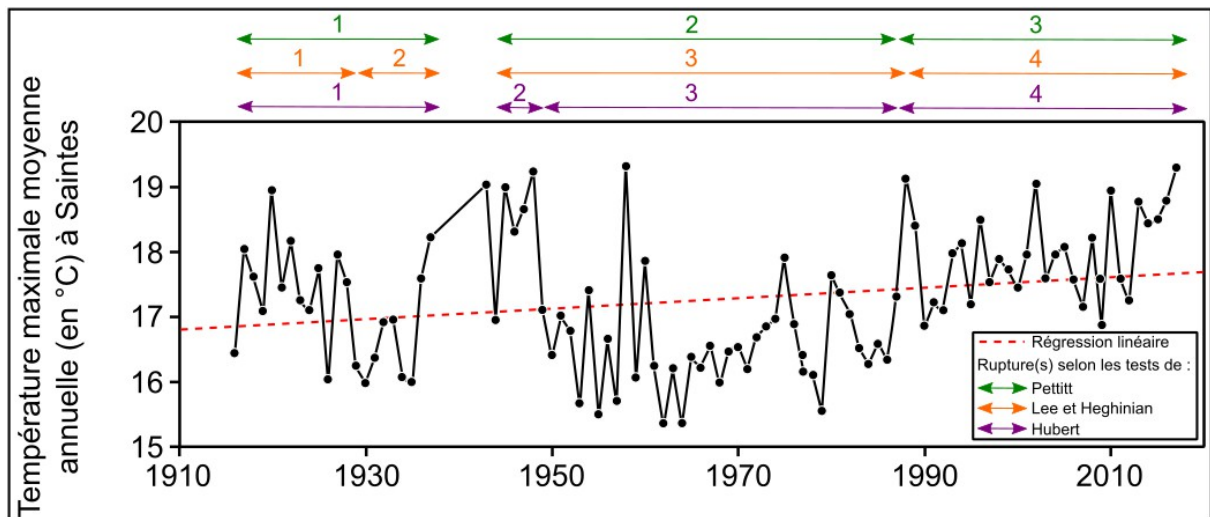


Fig. 45 – Évolution de la température maximale moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.

L'analyse des séries thermométriques annuelles (moyennes, minimales et maximales) de la station de Saintes témoignent effectivement d'un réchauffement progressif au cours du XX^e siècle (fig. 43-44-45). Les températures moyennes font ainsi l'objet d'une augmentation significative (fig. 43), tout comme les températures minimales et maximales annuelles moyennes (fig. 44-45). Les séries de données thermométriques montrent une accentuation du réchauffement sur la période la plus récente globalement entre 1988 et 2018. Ces observations confirment ainsi les tendances climatiques mises en évidence par Masson-Delmotte et al. (2013) et Khodri et al. (2015) à l'échelle de l'hémisphère Nord qui situent cette période chaude entre 1983 et 2012 (fig. 40).

L'analyse de la série pluviométrique annuelle de la station de Saintes tend à démontrer une hausse globale des précipitations sur le XX^e siècle et le début du XXI^e siècle. (fig. 46) En revanche, les tests statistiques (Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert) mettent en évidence l'alternance de périodes plus humides et de périodes plus sèches. La période 1916-1921 se singularise ainsi par une pluviométrie plutôt modeste ; celle de 1922-1938 par une pluviométrie abondante ; la période 1944-1949 par de nouveau une pluviométrie modérée ; et enfin la dernière entre 1950 et 2018 est à nouveau marquée par une pluviométrie abondante. Les périodes 1916-1921 et 1922-1938 sont associées à la phase hydrologique n°3. Les précipitations plus modérées expliquent en partie la modestie des débordements du cours d'eau entre 1916 et 1921 où aucun évènement de forte intensité n'a été enregistré. L'abondance des précipitations sur la période 1922-1938 témoigne de la plus forte fréquence des débordements de forte intensité. La période 1950-2018 correspond aux phases hydrologiques n°4 (1950-1969) et n°5 (1970-2018) associées à une très forte hydraulité. Les années de plus forte pluviométrie coïncident de ce fait aux années de grandes crues (e.g., 1952, 1960-1961, 1977, 1982, 1994, etc.). Les séries de données climatiques des stations de Cognac et d'Angoulême corroborent globalement les évolutions thermométriques et pluviométriques établies à l'échelle de la station de Saintes.

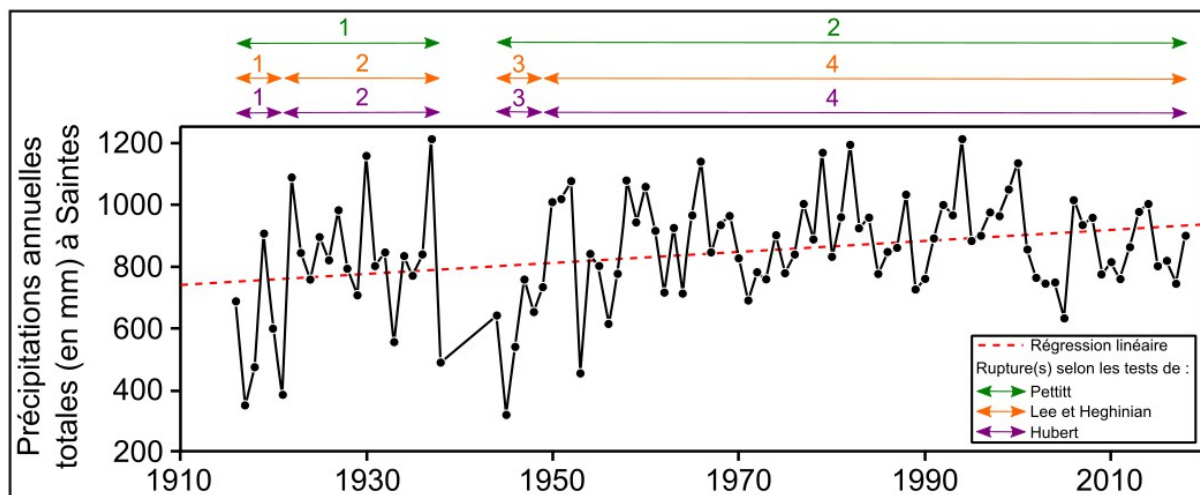


Fig. 46 – Évolution de la pluviométrie annuelle à Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.

9. Confrontation avec les travaux à l'échelle des cours d'eau de la façade atlantique française

Ce travail comparatif est destiné à faire ressortir une éventuelle spécificité du fleuve Charente en termes de fréquence et d'intensité des phénomènes. Elle s'appuie sur le recensement des données chronologiques des crues à partir de recherches universitaires sur la Loire (Archambault, 1995 ; Dacharry, 1996 ; Mimoun *et al.*, 2007 ; Grivel, 2008 ; Rode, 2009 ; Ramond, 2015 ; Dournel, 2016), la Vilaine (Dupont, 2012 ; EPTB Vilaine, 2016), la Garonne (Pardé, 1935 ; Lambert et Vigneau, 1981 ; Gazelle, 1984 ; Valette *et al.*, 2011), le Tarn (Pardé, 1928 ; Fischer, 1930 ; Pardé, 1934 ; Bordaries, 2000) et la Dordogne (EPIDOR EPTB Dordogne, 2014 ; Catalan, 2015). Leur consultation a permis d'établir une chronologie des crues majeures de 1700 à nos jours (fig. 47). En revanche, le manque d'exhaustivité des informations pour certains fleuves ne permet pas de réaliser une chronologie des crues courantes.

La comparaison des données chronologiques des crues des cours d'eau français de la façade atlantique tend à démontrer le synchronisme des évolutions avec le fleuve Charente en particulier au cours des XVIII^e et XIX^e siècles (fig. 47). Le PAG et sa période de sortie constituent manifestement une période de forte activité fluviale des cours d'eau français atlantiques. En revanche, elle n'apparaît pas en tant que telle dans les chroniques de crues des cours d'eau atlantiques. En effet, cette période singulière se traduit par l'alternance de périodes d'exacerbation et de moindre activité en termes de fréquence dont les bornes temporelles peuvent toutefois varier légèrement d'un fleuve à l'autre. Les cours d'eau atlantiques semblent avoir connu une activité hydrologique soutenue à la fin du XVIII^e siècle (autour des années 1760, 1770, 1780 ou 1790 selon les fleuves), une période de moindre activité au début du XIX^e siècle (autour des décennies 1800 à 1840 selon les fleuves) et une nouvelle période d'exacerbation de l'activité hydrologique à la fin du XIX^e siècle (1870-1899).

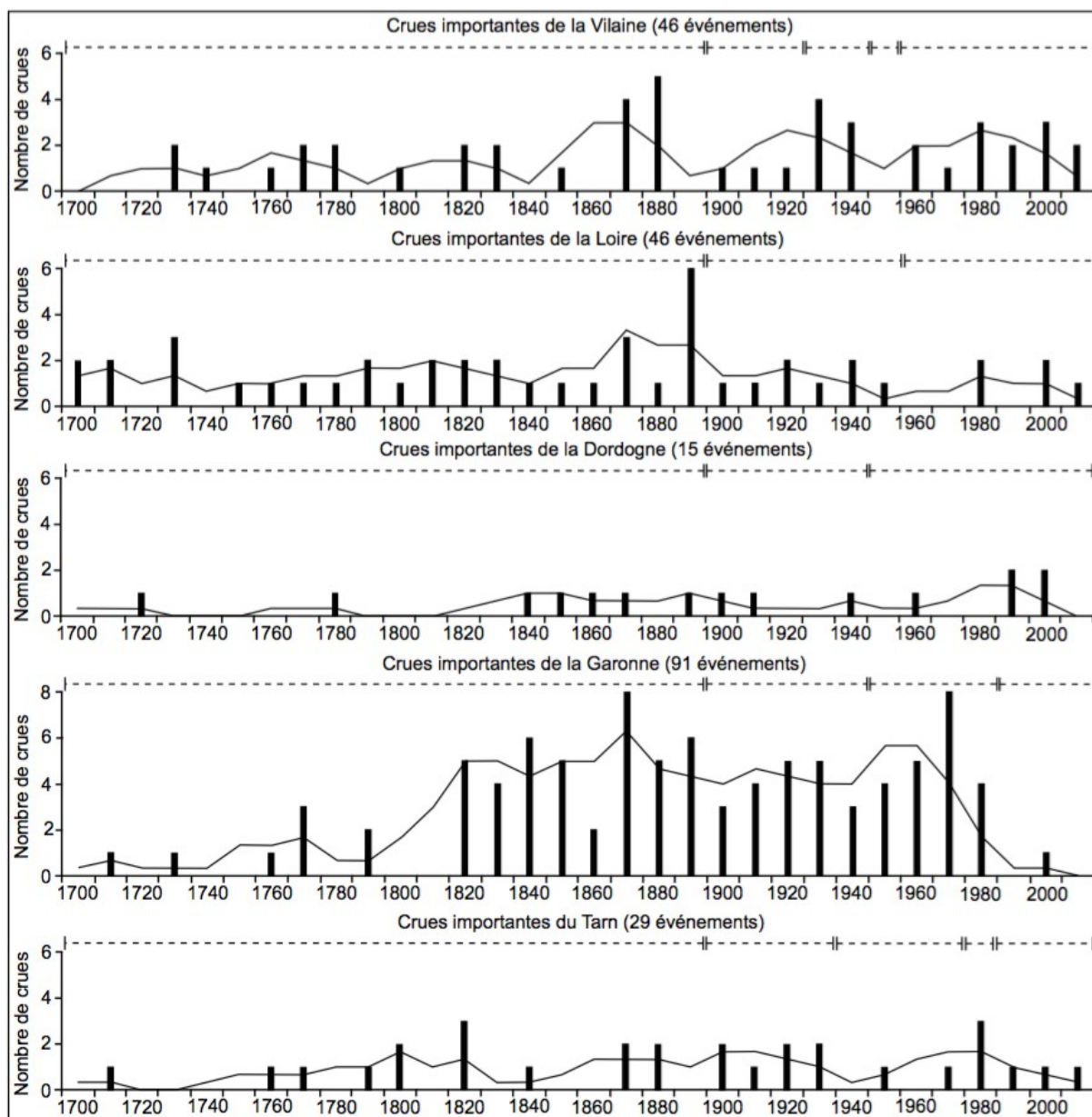


Fig. 47 – Recensement des crues importantes de la Vilaine, de la Loire, de la Dordogne, de la Garonne et du Tarn entre 1700 et 2018.

Les évènements sont indiqués par décennie ainsi que la moyenne mobile trentennale.

Les chroniques de crues mettent en évidence une situation très contrastée entre les fleuves de la façade atlantique au cours du XX^e siècle ce qui rend vaine la proposition d'un schéma commun d'évolution de leur activité hydrologique (fig. 47). Le début du XX^e siècle (1900-1949) pour le fleuve Charente et les fleuves du bassin aquitain (Dordogne, Tarn et Garonne) et la fin du XX^e siècle (1980-1999) pour les fleuves Charente, Vilaine et Tarn se révèlent être deux périodes de forte activité hydrologique en terme de fréquence et d'intensité. L'évolution de la fréquence et de l'intensité des crues pour chacun des fleuves de la façade atlantique se distingue de la manière suivante :

-La Loire observe une raréfaction des crues "importantes" (Mimoun *et al.*, 2007) depuis les grands évènements du XIX^e siècle (i.e., crues "exceptionnelles" de 1846, 1856 et 1866 sui-

vies par les crues "importantes" de 1875, 1878, 1888, 1891 et 1898) et du début du XX^e siècle (i.e., les crues de 1907 et 1913) (Dacharry, 1996 ; Ramond, 2015). Seule la crue de décembre 2003 se distingue des autres évènements hydrologiques du XX^e siècle (i.e., crues de 1933, 1943, 1973, 1976, 1980, 1994 et 1996) par sa forte intensité, qui reste toutefois de moindre ampleur à celle des crues du XIX^e siècle (Grivel, 2008).

-Depuis les crues "importantes" de la fin du XIX^e siècle (i.e., crues de 1866, 1876, 1897) et du début du XX^e siècle (i.e., crues de 1904 et 1912), la Dordogne présente une diminution de la fréquence et de l'intensité des crues à partir du milieu des années 1950 (Catalon, 2015). Selon une étude des débits à Argentat sur la période 1900-2013 (EAUCÉA, 2015), la dernière crue décennale de la Dordogne date de 1952 et aucune crue n'a dépassé $880 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ depuis celle de 1955.

-Après la période 1900-1939, la Garonne connaît une nouvelle période de forte activité hydrologique au cours des années 1950 à 1989, avec des pics d'activité pour les décennies 1950 (1952, 1955) et 1970 (1977, 1978).

-La fréquence des crues du Tarn tend à diminuer sur la période 1940-1979. Elle précède une nouvelle période de débordements importants (décennie 1980) puis le nombre de crues décroît rapidement à partir de 1990.

-Contrairement aux autres fleuves, la fréquence des crues "importantes" de la Vilaine tend à diminuer au début du XX^e siècle (1900-1929). Mais, elle enregistre ensuite deux périodes de recrudescence de ce type de crues, l'une entre 1930 et 1949 et l'autre depuis 1960 (Dupont, 2012).

La variabilité climatique peut être envisagée comme explication principale de la variabilité de l'activité hydrologique commune (succession d'accalmies et de reprises d'activité) des cours d'eau français de la façade atlantique au cours du PAG. Les conditions climatiques variables au cours de cette période seraient attribuées à l'origine d'une importante variabilité des saisons et des précipitations (Lamb, 1982), et d'une augmentation de la fréquence des crues dans les régions de piedmont et de plaine (Grove, 1988). Le rôle de l'influence climatique semble pour l'instant être difficile à mettre en évidence pour le XX^e siècle. Pour certains cours d'eau, il pourrait cependant expliquer la moindre fréquence des crues "importantes", mais sans pour autant exclure une forte intensité des évènements.

En revanche, l'évolution en termes de fréquence et d'intensité des crues du XX^e siècle apparaît être davantage influencée par l'anthropisation. La Loire et la Dordogne montrent une diminution des crues "importantes" à partir des années 1950 attribuée à la mise en valeur des bassins versants et à l'impact des aménagements fluviaux sur leur régime hydrologique. La construction de séries de barrages hydroélectriques entre 1895 et 1927, puis de 1940 à 1960, ainsi que l'édification sur la Loire des barrages régulateurs de Naussac (1984) et de Villerest (1984), ont contribué à modifier le régime hydrologique de ces fleuves. De même, sur le cours de la Dordogne, la construction de barrages hydroélectriques entre 1932 et 1957 (dont ceux de Chastang et de Bort-les-Orgues) et l'extraction de granulats dans le lit mineur

sont à l'origine d'une diminution de la fourniture et du transit des flux hydriques et détritiques (Faure et Maisonable, 2012 ; Catalon 2015 ; Metzger et Linton, 2016).

10. Conclusion

Ces travaux géohistoriques documentent l'évolution de la dynamique hydrologique à travers l'analyse des crues du fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes, sur la période récente (1700-Actuel). L'enquête géohistorique a permis de reconstituer une chronique exhaustive des crues (145 crues identifiées) et de leur hauteur d'eau et d'en proposer une périodisation à partir de l'analyse de la fréquence et de l'intensité des crues. L'analyse de l'évolution saisonnière fait ressortir une augmentation des crues hivernales vers la période récente, une hausse sensible des crues d'automne entre le XIX^e et le XX^e siècle et la présence de crues estivales jusqu'au début du XIX^e siècle en liaison avec la modification des circulations atmosphériques.

La périodisation des crues du fleuve Charente a été discutée à la lumière des travaux paléoclimatiques à l'échelle globale, des données dendrochronologiques et historiques régionales et de séries climatiques locales. La dynamique hydrologique du fleuve Charente semble étroitement soumise aux changements climatiques. Les chroniques de crues mettent en évidence l'influence du PAG sur le fleuve Charente avec notamment la présence de crues estivales d'importance consécutives à des orages violents. Cette période de forte variabilité climatique est retranscrite ici par la succession d'une période froide et humide à hydraulicité soutenue (1740-1780), d'une période chaude et humide avec une forte variabilité interannuelle à hydraulicité importante avec évènements majeurs fréquents (1780-1800) et enfin une période froide et sèche à hydraulicité faible sans évènement de crue majeur (1810-1840).

La transition entre le PAG et le Réchauffement global (RG) transparaît sur la chronique de crues et des hauteurs d'eau. Cette dernière montre une opposition très accentuée entre un régime atténué dominé par les sécheresses (1810-1849) et un régime dominé par les crues (1850-1899 et 1900-1949) caractérisé par une succession d'évènements majeurs au début du XX^e siècle. L'accélération du réchauffement au milieu du XX^e siècle coïncide avec une recrudescence des crues courantes et une raréfaction des évènements de forte ampleur. La fin du XX^e et le début du XXI^e siècle enregistrent les années les plus chaudes sur les huit derniers siècles et connaissent une augmentation des précipitations sur des périodes très courtes au cours de la période hivernale. Au regard des données acquises et des modèles climatiques produits, les crues hivernales tendent à devenir plus fréquentes sur le cours d'eau. En revanche, les évènements de forte ampleur pourraient enregistrer des hauteurs d'eau moins exceptionnelles que celles du XIX^e siècle et être à l'inverse à l'origine de durées de submersion très longues à l'image de la dernière grande crue de février 2021.

Chapitre 6. Usages et aménagements sur le fleuve Charente depuis le XVIII^e siècle

1. Introduction

Ce chapitre expose les résultats de l'analyse diachronique qualitative des données géohistoriques sur l'évolution des dynamiques anthropiques le long de la plaine alluviale du fleuve Charente depuis le XVIII^e siècle. Il cherche ainsi à 1) identifier les principaux modes d'occupation du sol à l'échelle de la partie médiane du bassin versant et les usages majeurs du cours d'eau ayant un impact sur la dynamique fluviale ; 2) retracer la chronologie des usages historiques et de leurs aménagements (localisation, fonction, nature) ; et 3) analyser leur évolution au moins depuis le XVIII^e siècle à partir des données géohistoriques. Enfin, ce travail-ci contribue plus amplement à documenter les modes d'occupation du sol, les usages historiques et leurs aménagements à l'échelle pluriséculaire d'un cours d'eau à faible énergie.

2. Occupation du sol et son évolution

L'occupation du sol et son évolution ont été analysées sur les deux derniers siècles à l'échelle de la section médiane du bassin versant du fleuve Charente (i.e., départements de Charente-Maritime et de Charente). Quatre modes d'occupation du sol ont été identifiés : les terres agricoles (i.e., les terres labourables), les surfaces boisées (i.e., les forêts de production et de protection), les surfaces prairiales (i.e., prairies naturelles, herbages, pâturages et pacages) et les terres viticoles (fig. 48).

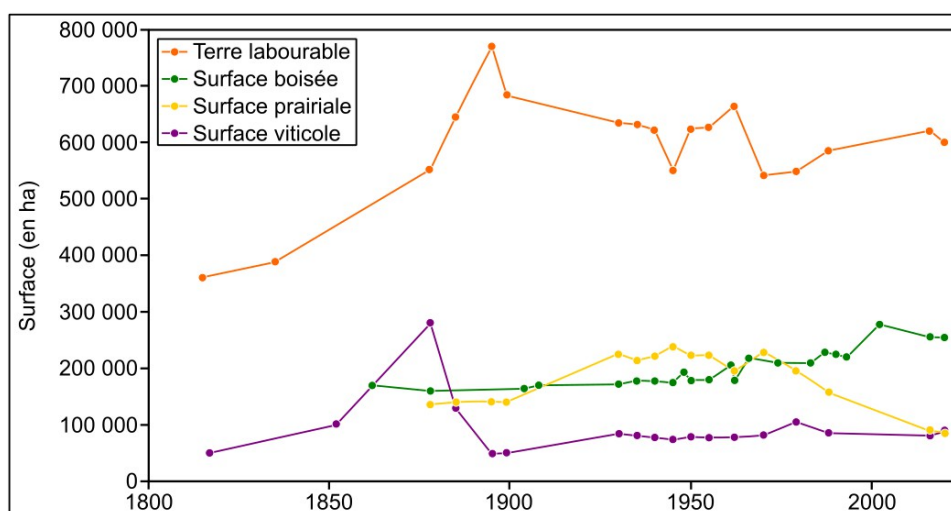


Fig. 48 – Évolution de l'occupation du sol entre 1815 et 2020 pour les départements de Charente et de Charente-Maritime.

Les statistiques sont extraites des Annuaire statistiques de la France, de la Statistique agricole annuelle et du Recensement général agricole pour les surfaces agricoles, prairiales et viticoles et du cadastre, de la statistique forestière Mathieu, de l'enquête Daubrée et des Inventaires Forestiers Nationaux pour les surfaces boisées. Sources : BnF et SSP. Les surfaces viticoles de 1817 et 1852 sont issues des travaux de Maurin (2017).

Les surfaces agricoles voient leur superficie doubler au cours du XIX^e siècle, de +113 % entre 1815 et 1895 (fig. 48). Elles font l'objet d'une régression assez brusque au début du

XX^e siècle (-29 %) pour enregistrer ensuite un pic d'augmentation de +21 % entre 1945 et 1962. Elles observent par la suite une réduction assez prononcée de -19 % entre 1962 et 1970, avant de reprendre une progression modérée jusqu'à aujourd'hui (+9 %). Les terres agricoles représentent 47 % du territoire et ont gagné +66 % du territoire charentais entre 1815 et 2019.

À l'image des terres agricoles, les surfaces forestières ont fait l'objet d'une nette progression entre 1862 et 2019, de l'ordre de +50 % (fig. 48). En revanche, elles sont moins développées sur les autres parties du bassin versant (i.e., la partie amont) et occupent à peine 20 % de la section médiane en 2019. Le couvert forestier augmente modérément entre la fin du XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle (+14 %) et connaît ensuite une progression très accentuée entre le milieu du XIX^e siècle et le début du XXI^e siècle (+43 %). Les surfaces prairiales restent quant à elles relativement stables à la fin du XIX^e siècle. Mais, elles observent une nette progression au début du XX^e siècle, de +61 % entre 1899 et 1930 avant de connaître une phase de stabilisation sur les décennies 1930 et 1940. Les surfaces enherbées sont ensuite caractérisées par une réduction prononcée à la fin du XX^e siècle, de -62 % entre 1970 et 2019. En 2019, elles ne représentent que 7 % du territoire charentais contre 11 % en 1878.

La culture de la vigne connaît une forte croissance au cours du XIX^e siècle (fig. 48). Sa superficie évolue de 50 000 ha à 280 724 ha entre 1817 et 1878. Les surfaces viticoles recouvrent alors 22 % du territoire charentais en 1878. A la fin du XIX^e siècle, elles font l'objet d'une réduction drastique de leur superficie, de l'ordre de -83 % entre 1878 et 1895, et n'occupent alors plus que 4 % du territoire. Les terres viticoles enregistrent ensuite une nette progression au début du XX^e siècle de +63 % entre 1899 et 1930, avant de connaître une phase de relative stabilisation jusqu'au début du XXI^e siècle. Désormais, elles représentent à peine 7 % de la superficie des départements charentais.

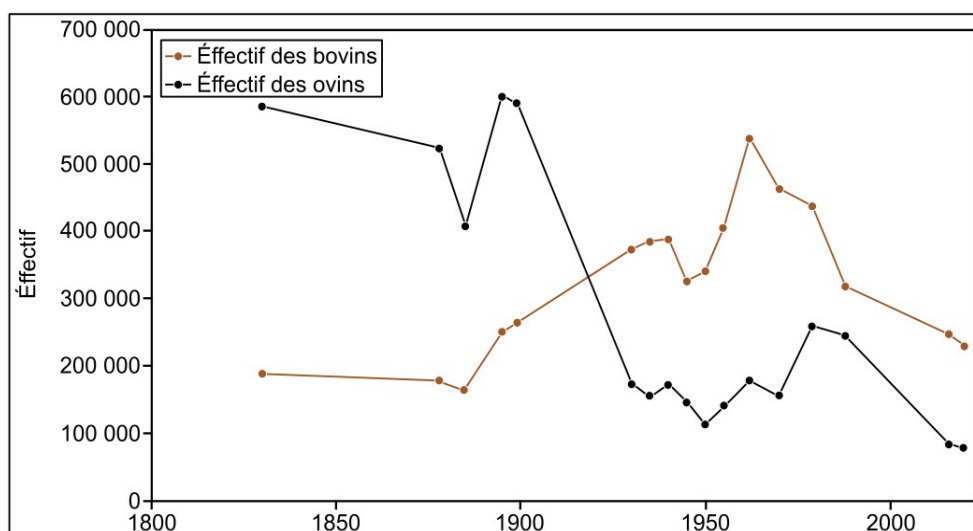


Fig. 49 – Évolution de l'effectif des bovins et des ovins entre 1830 et 2020 pour les départements de Charente et de Charente-Maritime.

Les données statistiques sont fournies par les Annuaires statistiques de la France, la Statistique agricole annuelle et le Recensement général agricole. Sources : BnF et SSP.

Les changements d'occupation du sol à l'échelle de la partie médiane du bassin versant sont multifactoriels. La disparition des vignes à la fin du XIX^e siècle est attribuée à l'invasion du phylloxéra à partir de 1875. 83 % des vignes du territoire ont été détruites entre 1875 et 1895 ce qui a contraint la population locale à se tourner vers les pratiques agro-pastorales. Les vignes sont alors remplacées par les prairies et l'élevage de bovins ce qui explique la progression simultanée des terres agricoles à la fin du XIX^e siècle, des surfaces prairiales (pâturage, herbage) et du cheptel de bovins sur la première moitié du XX^e siècle (fig. 48-49). La régression des terres labourables et des surfaces prairiales, l'une sur la première moitié du XX^e siècle et l'autre sur la fin du XX^e siècle, peut être interprétée comme la traduction d'une déprise agro-pastorale confirmée par la réduction globale du cheptel des bovins et des ovins (fig. 49). La progression des formations arborées sur le XX^e siècle serait alors attribuée à la recolonisation arbustive spontanée ou volontaire en réponse à l'abandon des surfaces agricoles et/ou prairiales.

3. L'aménagement historique du fleuve Charente

Cette partie du travail propose de présenter plus précisément la base de données Sources (BD_Sources) de l'Atlas Géohistorique du Fleuve Charente dans laquelle ont été rassemblés et classés les documents d'archives acquis au cours de l'enquête géohistorique. Sur la base de la BD_Sources et de son exploitation, une synthèse des usages et des aménagements anciens ainsi que leur chronologie éventuelle a été réalisée. Cette dernière est complétée par les travaux historiques (Grelie, 1933 ; Jouannet, 1992 ; Renard, 1993 ; Maurin, 2017) et archéologiques.

3.1. Présentation du corpus documentaire de la BD_Charente

La base de données (BD_Charente) rassemble 5 144 documents historiques. Ces derniers permettent d'identifier, de caractériser et d'analyser les usages anciens et leurs aménagements à l'échelle du fleuve Charente au moins à partir de la fin du XVIII^e siècle (fig. 50). Si les données géohistoriques couvrent effectivement une grande partie de la période récente, elles se répartissent pour l'essentiel entre la décennie 1830 et l'Actuel.

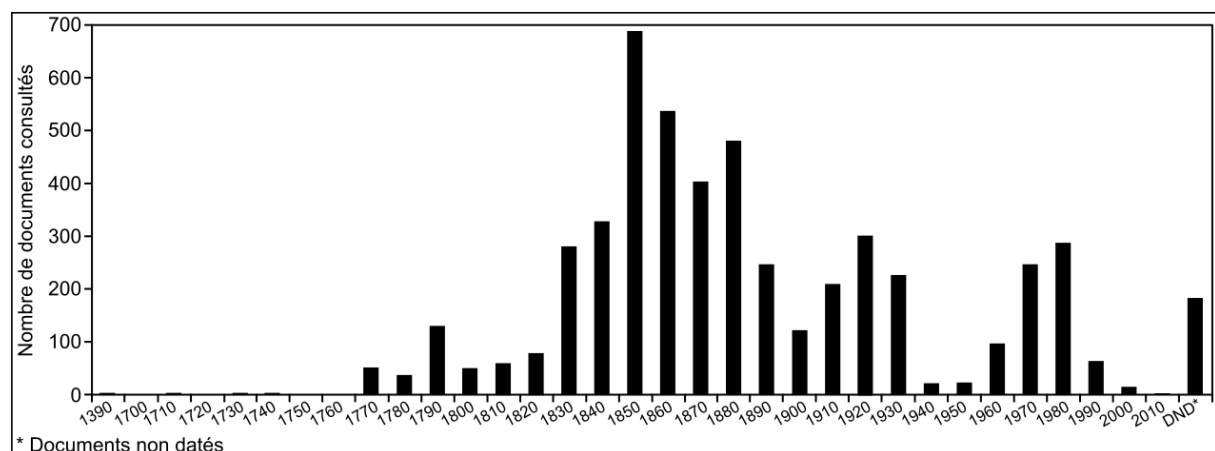


Fig. 50 – Chronologie des documents textuels et iconographiques consultés et intégrés à la base de données Charente (nombre de documents par décennie).

Les données géohistoriques recueillies concernent pour l'essentiel les villes principales le long du cours d'eau (i.e., Saintes, Cognac, Jarnac et Angoulême) et les sites d'intérêt pour la navigation commerciale (i.e., Chaniers, Saint-Simon) et la petite hydraulique (i.e., Vibrac, Châteauneuf-sur-Charente) (fig. 51). Les sections du cours d'eau à dominante agricole et rurale ont quant à elles fait l'objet de très peu d'archives ce qui peut être expliqué soit par le désintérêt de l'Administration des Ponts et Chaussées pour ces secteurs à faibles enjeux pour la navigation soit par les biais de conservation et/ou de transmission des archives.

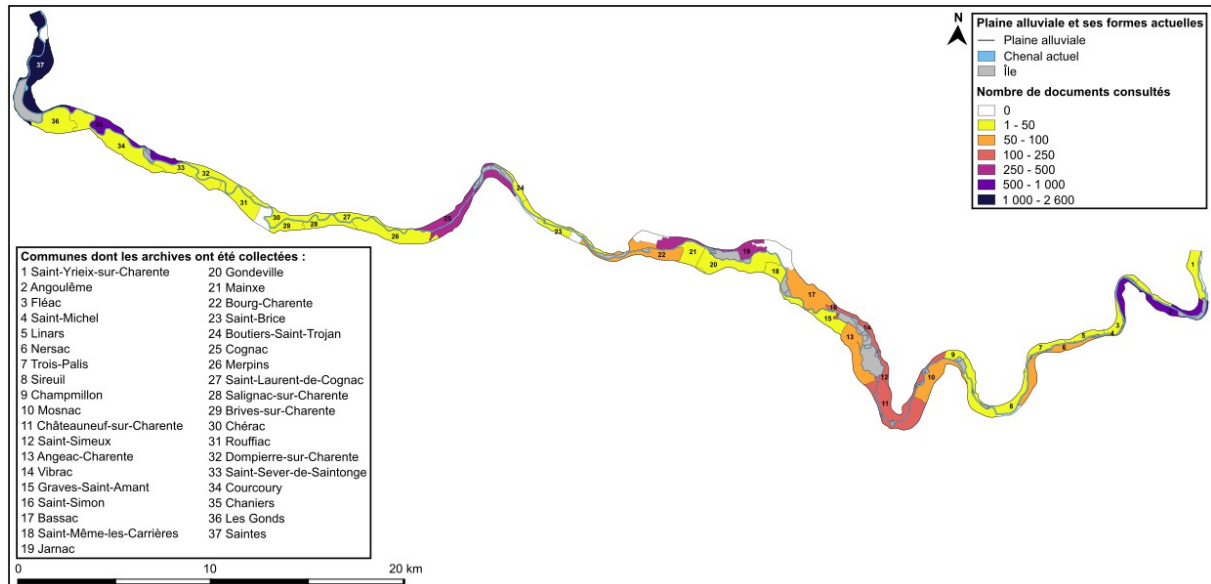


Fig. 51 – Répartition des documents consultés et intégrés à la base de données Charente par commune.

Les documents concernent les usages anciens et leurs aménagements au niveau de la plaine alluviale et de ses formes fluviales (chenaux et îles).

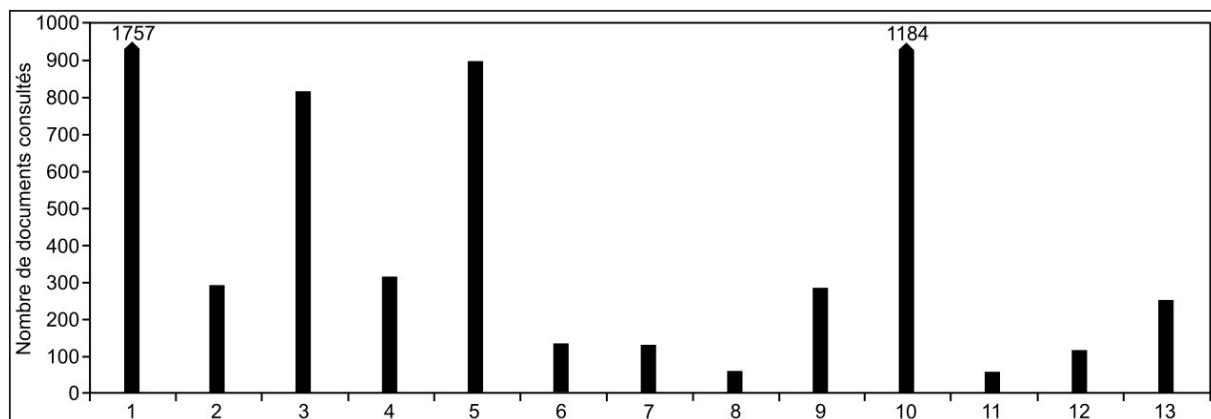


Fig. 52 – Répartition des documents consultés et intégrés à la base de données Charente classés par thématique majeure.

1. Navigation ; 2. Pratiques d'entretien (chenal, chemin de halage, îles, berges) ; 3. Moulins/Usines (moulins à blé, papeteries, tanneries, abattoirs, etc.) ; 4. Protection de berges ; 5. Franchissement du cours d'eau (pont, passerelle, bac) ; 6. Pêche (essacs, réservoirs à poisson) ; 7. Alimentation en eau ; 8. Pratiques fluviales (lavoirs, bains publics) ; 9. Plaintes (plaintes entre meuniers/gabarriers, meuniers/pêcheurs ou réclamation de dommages occasionnés par les crues ou les travaux) ; 10. Crues/Inondations (causes de l'inondation, relevés limnimétriques, dégâts occasionnés par les crues, projets post-inondation) ; 11. Agriculture ; 12. Aménagement/Colmatage de chenal ; 13. Autres (aménagements urbains/paysagers, pollution des eaux, propriété foncière, météorologie, etc.).

Les documents d'archives ont été classés par thématique majeure déclinées en catégories afin de faciliter leur visualisation (fig. 52-53). Au regard des informations collectées, la navigation et les pratiques d'entretien associées, la petite hydraulique, les pêcheries fluviales, les aménagements de protection et les ouvrages de franchissement ont affecté la dynamique fluviale sur la période récente (1700-Actuel).

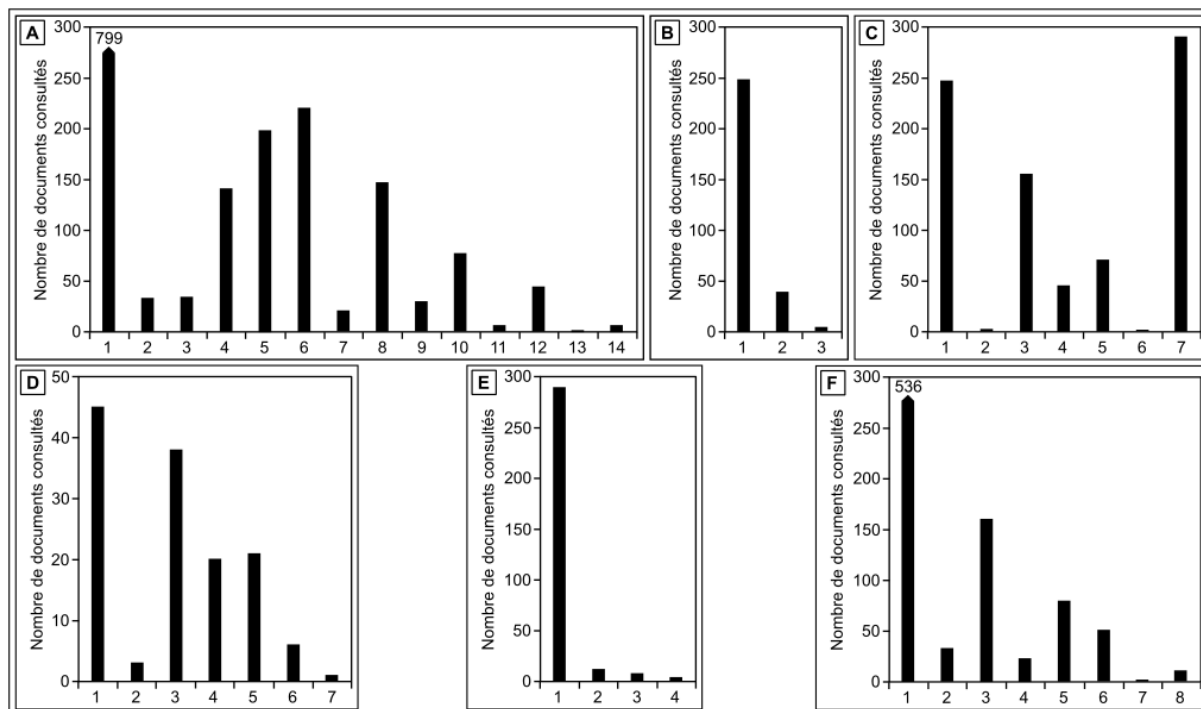


Fig. 53 – Répartition par thématique et catégorie des documents d'archives consultés et intégrés à la base de données Charente.

Les documents peuvent être attribués à une ou plusieurs thématiques et catégories.

A : Catégories dans la thématique « Navigation et ouvrages associés ».

1. Aménagement d'ouvrages (navigation commerciale : quais, écluses, maisons éclésières, digues, etc.) ; 2. Aménagement d'ouvrages (navigation de plaisance : haltes nautiques, pontons, etc.) ; 3. Entretien ; 4. Réaménagement ; 5. Reconstruction ; 6. Réparation ; 7. Démolition ; 8. Obstacles à la navigation (e.g., ponts, atterrissements, blocs de pierre, etc.) ; 9. Dégradation d'ouvrages (e.g., portes de l'écluse, etc.) ; 10. Réglementation ; 11. Informations diverses ; 12. Chômage/Indemnités salariales imputées aux travaux pour la navigation ; 13. Rectification de chenaux ; 14. Expertise d'ouvrages.

B : Catégories dans la thématique « Pratiques d'entretien associées à la navigation ».

1. Entretien du chenal (e.g., dragage, curage, faucardage, etc.) ; 2. Entretien des berges et/ou chemins de halage (e.g., élagage, abattage, fauchage, etc.) ; 3. Entretien des îles (e.g., coupe, fauchage).

C : Catégories dans la thématique « Moulins et usines et leurs aménagements associés » (i.e., digues, déversoirs, seuils, roues hydrauliques, etc.).

1. Aménagement ; 2. Entretien ; 3. Réaménagement ; 4. Reconstruction ; 5. Réparation ; 6. Démolition ; 7. Réglementation.

D : Catégories dans la thématique « Ouvrages associés à la pêche » (essacs, anguillards, réservoirs).

1. Aménagement ; 2. Entretien ; 3. Réaménagement ; 4. Reconstruction ; 5. Réparation ; 6. Démolition ; 7. Réglementation.

E : Catégories dans la thématique « Protection de berges » (i.e., perrés, palplanches, pieux, etc.).

1. Aménagement ; 2. Réaménagement ; 3. Reconstruction ; 4. Réparation.

F : Catégories dans la thématique « Ouvrages de franchissement » (i.e., ponts, passerelles, bacs).

1. Aménagement ; 2. Entretien ; 3. Réaménagement ; 4. Reconstruction ; 5. Réparation ; 6. Démolition ; 7. Dégradation ; 8. Réglementation.

3.2. La navigation fluviale et les pratiques d'entretien associées

La navigation fluviale et les pratiques d'entretien associées constituent un des facteurs déterminants de la dynamique fluviale du fleuve Charente sur la période récente et l'un des usages les plus producteurs d'archives en raison des enjeux économiques qu'il représente comme en témoigne la forte proportion d'archives qui lui est consacrée (fig. 52). La navigation a joué un rôle significatif dans la trajectoire d'évolution du fleuve Charente par la simplification et/ou la complexification de sa mosaïque fluviale en vue d'accroître la navigabilité du cours d'eau. L'enquête géohistorique a mis en évidence la grande diversité des interventions anthropiques attribuées à cet usage ancien à l'échelle de la plaine alluviale et de ses formes fluviales (fig. 53) et a permis d'en proposer une périodisation sur les trois derniers siècles.

3.2.1. Les grands projets d'aménagement du XVIII^e siècle

Les données historiques du XVIII^e siècle témoignent d'un intérêt particulier porté à l'amélioration de la navigation du fleuve Charente en vue d'assurer la prospérité économique de la région et la défense du pays. L'ingénieur des Ponts-et-Chaussées Munier chargé de la direction des travaux d'amélioration de la navigabilité du fleuve Charente (1777) pointe une navigation « (...) encore bien imparfaite, surtout entre Angoulême et Jarnac. Il arrive souvent que la navigation est interrompue pendant quatre à cinq mois de l'année, ou que l'on est obligé d'alléger les gabares pour franchir certains pas qui ne sont pas assez profonds pour supporter la charge ordinaire. La navigation est plus active, lorsque les eaux sont bonnes, mais elle n'est guère moins difficile pour cela. Le tirage grossit considérablement le prix du fret, il fait encore beaucoup de tort à la culture, en obligeant souvent les bœufs à quitter la charrue pour faire traverser aux gabares la chute de chaque moulin ». Divers projets d'aménagement du fleuve Charente sont étudiés au cours de la première moitié du XVIII^e siècle dont le projet de rendre navigable le cours d'eau jusqu'à Verteuil (AD30, 1C89, 1720). Mais, aucun n'est retenu en raison de leur coût financier très élevé.

Un arrêt du Conseil d'État du 22 août 1767 charge Trésaguet, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées de la généralité de Limoges, de réaliser un projet d'aménagement pour la navigation. Présenté en 1772 (i.e., plans, devis et détails estimatifs), il propose de rendre navigable la section amont entre Civray et Angoulême et d'améliorer la navigabilité de la section médiane entre Angoulême et Cognac par la construction de 76 pertuis à vantaux (AD16, 1C92 et 1C93, 1773). Les travaux sont autorisés le 27 septembre 1775 par un nouvel arrêt du Conseil d'État (AN, Registre E, 2513). Mais, l'ingénieur Munier (1777) dénonce une mauvaise prise en compte des spécificités techniques de ces ouvrages : « les écluses à une porte établies sans suite çà et là et leurs dimensions n'ayant que six pouces de plus que la largeur des gabarres multiplèrent les difficultés. Il fallut, un plus grand nombre de bœufs pour surmonter la force et l'impétuosité de l'eau. Les bateaux éprouvèrent des secousses violentes ; plusieurs furent endommagés, et, leur frottement aux écluses dérangeant les assises et brisant les portes, des amendes prononcées fournirent aux frais du rétablissement ». Les pertuis à vantaux sont remplacés par des écluses à sas avec portes busquées par l'arrêt du Conseil du Roi du 15 janvier 1785 (fig. 54A-B, 55A-B).

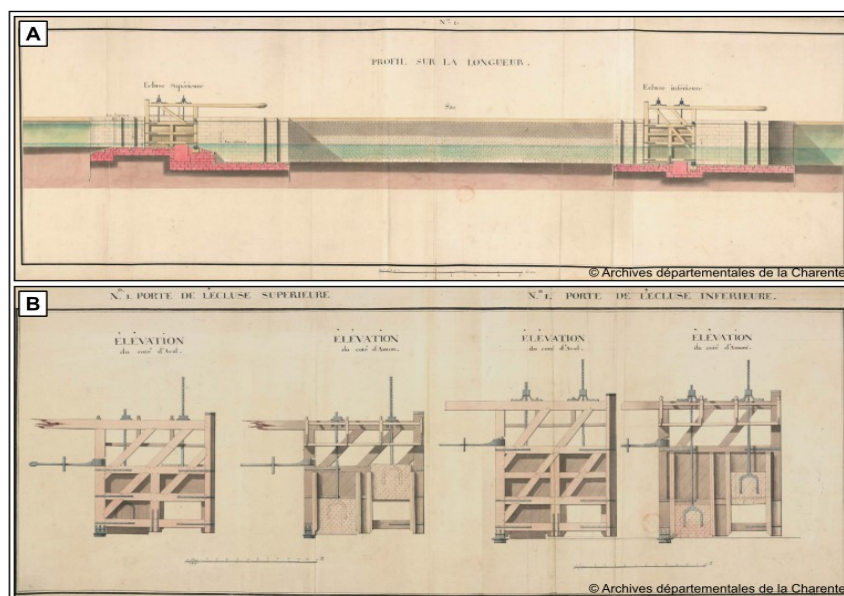


Fig. 54 – Plans d'ouvrages des écluses à sas (AD16, 1C92, 1773).

A : Profil d'ouvrage sur la longueur : écluse supérieure, sas, écluse inférieure ; B : Plan des portes de l'écluse à sas : élévation des portes supérieure et inférieure côté amont et aval.

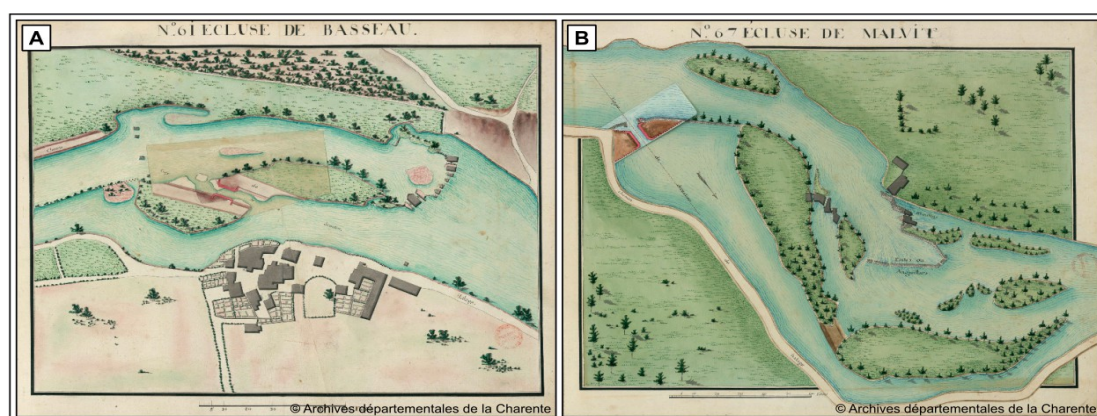
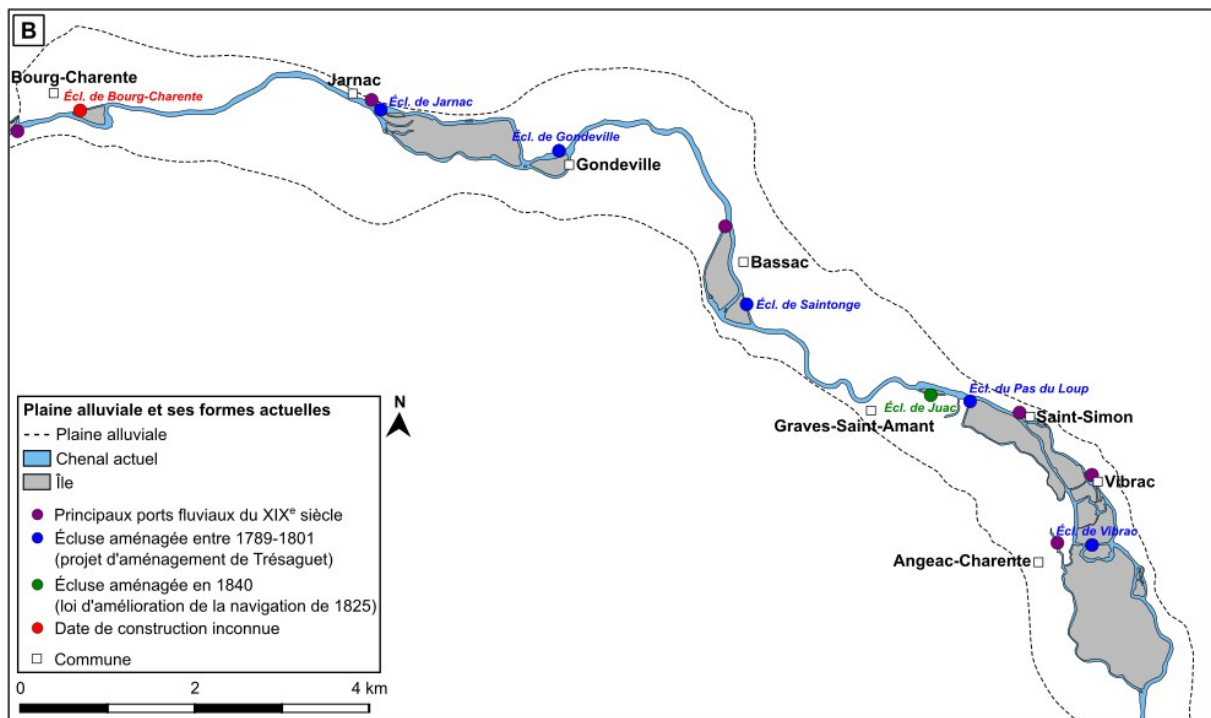
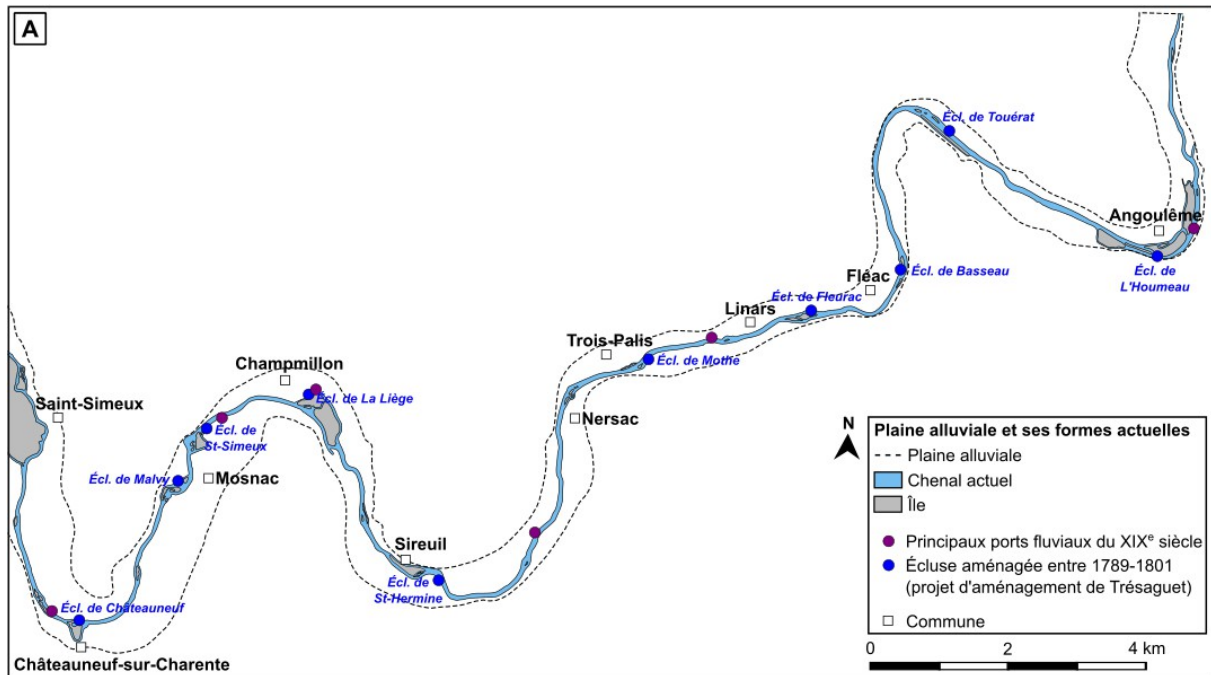


Fig. 55 – Plans de localisation d'écluse à sas sur le fleuve Charente (AD16, 1C92, 1773).

A : Plan n°61 de l'écluse de Basseau (Fléac) ; B : Plan n°67 de l'écluse de Malvy (Mosnac).

Les travaux d'amélioration de la navigabilité du cours d'eau sont suspendus au cours de la Révolution faute de crédits et le fleuve Charente est alors navigable jusqu'à Montignac en 1789, cette section étant dotée de sept écluses sur les 58 ouvrages envisagés. À cette époque, aucune écluse à sas n'a encore été aménagée sur la section médiane du cours d'eau, entre Angoulême et Cognac à cause du retard pris par les travaux, des troubles politiques et du coût élevé des ouvrages. Les travaux sont définitivement arrêtés en 1807 au début de l'Empire sous la pression des riverains. Plusieurs plaintes de riverains incriminent les ouvrages réalisés et le comportement des ingénieurs des Ponts-et-Chaussées. Ainsi, les cahiers de doléances de la sénéchaussée d'Angoulême et du siège royal de Cognac lors des États généraux de 1789, relatent les débordements fréquents occasionnés par les écluses, en particulier à l'Houmeau-Pontouvre et la destruction de divers ouvrages d'art nécessaires pour leur réalisation tel que le pont de la Liège à Champmillon (Boissonnade, 1907). À cela, l'ingénieur Munier (1777) précise l'opposition des habitants d'Angoulême à l'aménagement de la section amont du cours d'eau : « *plusieurs Riverains de la Charente, et surtout ceux qui*

sont les plus à portée d'Angoulême, donnent difficilement leur suffrage à l'exécution de ce projet. Les Marchands de sel disent que le commerce diminuera dans le Fauxbourg de l'Houmeau comme il a diminué à Cognac et à Jarnac, lorsque ces Villes ont cessé d'être le nec plus ultra de la navigation ; que les entrepôts qui pourront s'établir à Vars, Montignac, la Terne, Mansle, Verteuil et Civrai, rétréciront l'étendue de leur correspondance ». Au final, en 1801, quinze écluses sont attestées sur la section médiane du cours d'eau (fig. 56A-D). Elles ont altéré le régime hydrologique et les transports sédimentaires : étagement de la ligne d'eau, rupture de la continuité sédimentaire et écologique, etc.



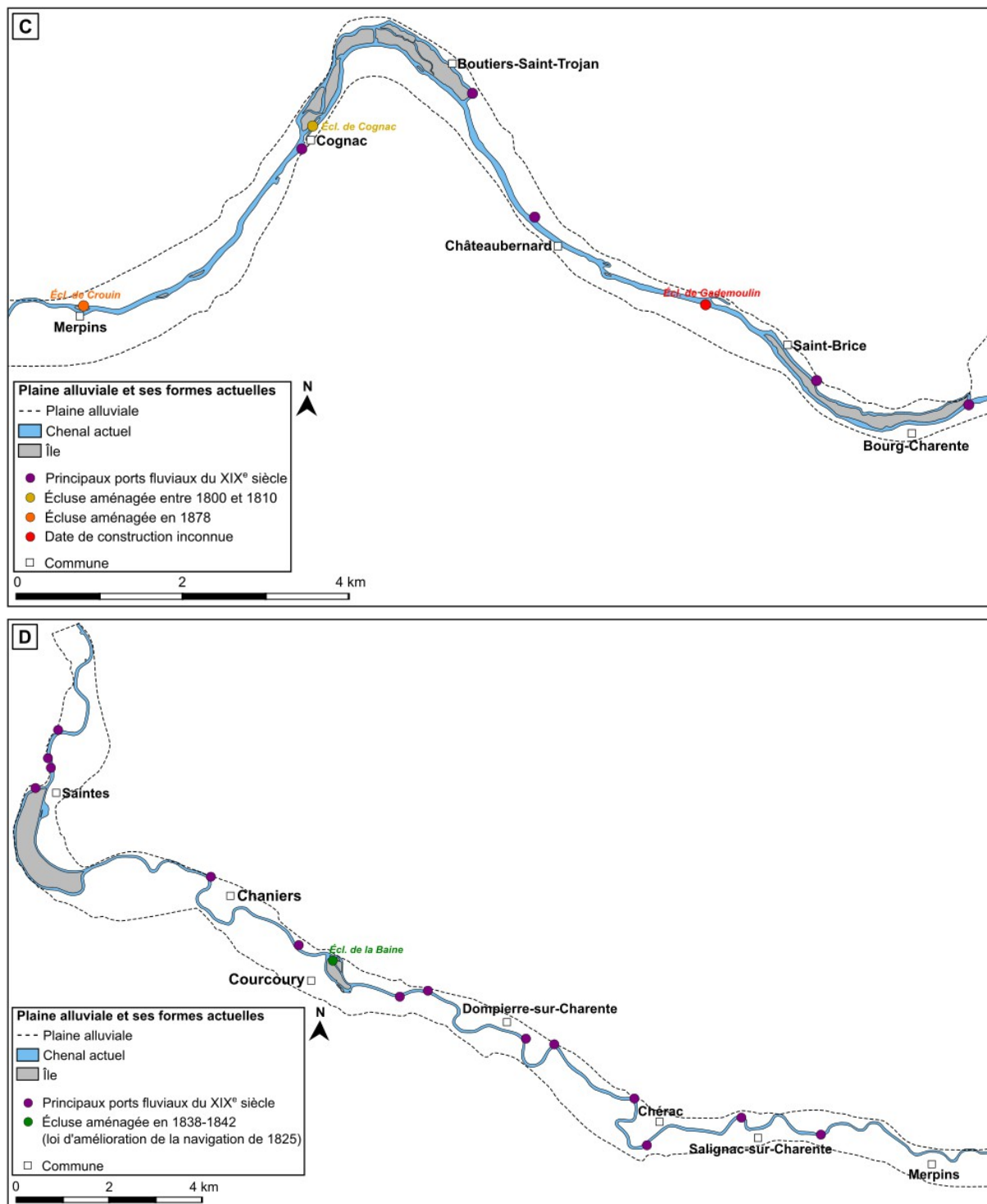


Fig 56 – Localisation des écluses et des principaux ports fluviaux aménagés entre la fin du XVIII^e siècle et la fin du XIX^e siècle.

A : Zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente ; B : Zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente ; C : Zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins ; D : Zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes.

Au cours du XVIII^e siècle, les mentions de travaux d'entretien des chenaux, des berges et des chemins de halage du fleuve Charente restent très lacunaires à la fois dans l'espace et dans le temps. Les premières mentions d'archives attestant de ce type de pratiques remontent à la fin du XVIII^e siècle simultanément à l'aménagement des écluses à sas et à la

création ou à l'extension de chemin de halage. Un arrêt de règlement de la navigation du fleuve Charente définit les devoirs et les obligations des gabariers, des meuniers, des éclusiers et des haleurs afin de garantir la libre circulation des gabares (AD16, 1C88, 1780). Il ordonne notamment un entretien régulier de la végétation de berges pour assurer la pratique du halage : « *Les Propriétaires Riverains de ladite Rivière, seront tenus de livrer pour le Halage des Batteaux le long du marche-pied de la Charente, le terrain qui sera jugé nécessaire, suivant le Procès-verbal qu'en fera dresser le sieur Intendant & Commissaire départi, & dont la largeur ne pourra néanmoins être moindre de vingt-quatre pieds ; leur fait défenses en conséquence Sa Majesté, de planter Arbres, ni Hayes, faire des fossés ou clôtures, plus près dudit marche-pied, que desdits vingt-quatre pieds, ou de la largeur qui sera déterminée par le Procès-verbal ; & dans le cas ou il se trouveroit actuellement aucuns Bâtimens, Arbres, Hayes, Écluses ou Fossés dans ladite largeur prescrite, ordonne Sa Majesté qu'ils seront abattus, démolis, enlevés, & les Fossés comblés par les Propriétaires dans trois mois, à compter du jour de la publication du présent Arrêt (...)* » (AD16, 1C88, 1780).

3.2.2. Une reprise des aménagements pour la navigation (1825-1848)

La répartition des données géohistoriques tend à démontrer que la navigation charentaise entre dans une période de léthargie et de déclin au début du XIX^e siècle (1807-1825) mise en évidence par la rareté des sources acquises (fig. 50). Le rapport de Leclerc et Forestier (1854) constate le désintérêt des ingénieurs des Ponts-et-Chaussées pour l'aménagement et l'entretien du cours d'eau à cette période. Ainsi, « *de 1807 à 1825, on ne s'occupe pour ainsi dire plus de la Charente, aussi tous les ouvrages exécutés [i.e., les écluses] tombèrent-ils bientôt dans un état de déperissement qui rendir nécessaire une restauration générale ce qui donnait lieu à des plaintes aussi nombreuses que fondées* » (AD17, S12448, 1854).

La loi d'amélioration de la navigation du fleuve Charente est votée le 24 mars 1825 en réponse aux plaintes des riverains et des gabariers. Le directeur général des Ponts-et-Chaussées ordonne aux ingénieurs de la Charente et de la Charente-Inférieure d'établir un projet d'aménagement d'ensemble du cours d'eau pour accroître sa navigabilité. Les premiers le présentent en 1826 et les deuxièmes plus tardivement en 1834. Les projets d'aménagement sont approuvés en 1835 avec un crédit alloué de 1 000 000 francs par la loi du 18 juillet 1837. Les travaux d'amélioration de la navigation s'étalent entre 1838 et 1855 ce qui explique la recrudescence des sources d'archives au milieu du XIX^e siècle (fig. 50). Les ingénieurs de la Charente-Inférieure donnent la priorité à deux projets d'aménagement de grande ampleur à l'échelle de sites ciblés considérés comme les deux plus grandes entraves de la navigation sur la section aval de la zone d'étude. Les travaux se sont concentrés pour l'essentiel sur l'aménagement du site de la Baine (Chaniers) et l'aménagement de la traversée de Saintes par le remplacement de l'ancien pont sur la période 1838-1845.

Le site de la Baine est considéré comme l'obstacle majeur à la navigation sur la section aval du cours d'eau (fig. 57A). Afin d'accroître la navigabilité sur ce site, plusieurs actions simultanées ont été menées telles que l'aménagement d'un canal de dérivation long de 338 m et la création de chemins de halage pour garantir le passage des gabarres, la construction

d'une écluse afin de maintenir le niveau d'eau pour permettre la navigation en toute saison et enfin l'implantation d'un nouveau barrage et d'un déversoir au sud de l'île principale dans le bras de l'Étier afin de rediriger et de concentrer les flux d'eau dans le chenal de navigation nouvellement créé (AD17, S9630 et S2861, 1838-1843) (fig. 57B). Ces interventions ont modifié profondément la mosaïque fluviale au droit du site affectant essentiellement les îles (e.g., formation de nouvelles unités par division, réduction de la surface, etc.) et altéré les transports hydro-sédimentaires sur une grande partie de la section aval au moins jusqu'au barrage de Crouin (fig. 57A-B). Ces interventions seront détaillées dans le chapitre 11 car le site a été sélectionné pour la réalisation de travaux de terrain.

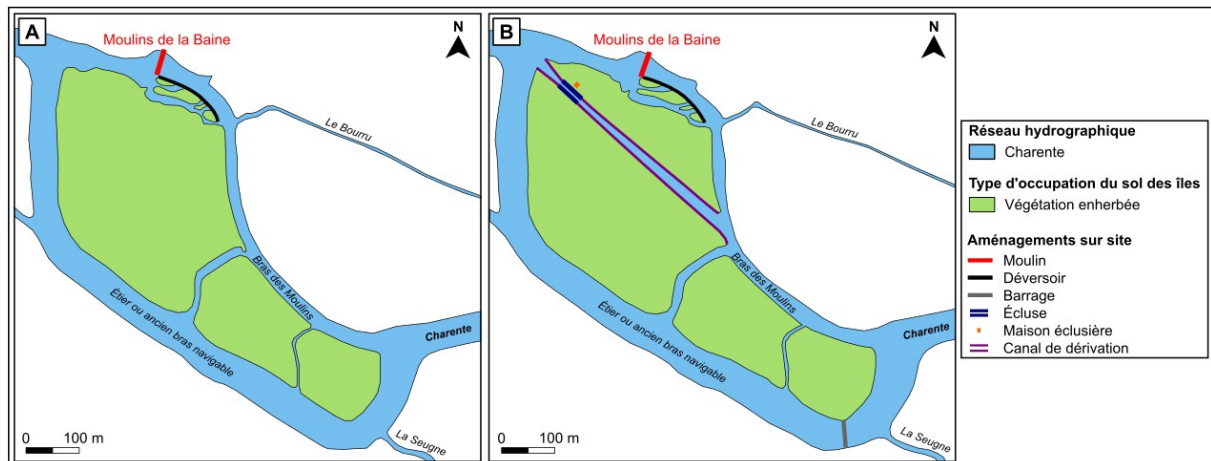


Fig. 57 – Aménagement du site de la Baine (Chaniers) avant et après la période de grands aménagements de 1838-1843.

A : Site de la Baine (Chaniers) en 1838 (avant les travaux) (AD17, S5941, 25 octobre 1838) ; B : Site de la Baine en 1852 (après les travaux) (AD17, S6520, 22 juin 1852).

À Saintes, le pont gallo-romain et médiéval est démolé vers 1838 et remplacé par un pont suspendu à une seule arche en 1843 (AD17, S7190, 1838-1851) (fig. 58A). Le radier de l'ancien pont est supprimé car il est visiblement trop élevé ce qui entraîne un obstacle au passage des gabarres et un effet de retenue en temps de crues. Cette élévation du radier pourrait être envisagée comme la conséquence d'une incision du lit du cours d'eau probablement engagée dès la période romaine. L'histoire du pont de Saintes est développée plus amplement dans le 3.6.1. consacré aux ouvrages de franchissement (cf. infra). À ces travaux s'ajoutent l'aménagement du quai Bassompierre par la construction d'un mur de soutènement sur 320 m de long en amont du nouveau pont et la construction de deux cales avec rampe d'abordage, l'une en aval du pont suspendu et l'autre en amont du pont à proximité de la place Bassompierre (AD17, S7190, 1840-1843) (fig. 58B, C, D).

Les textes d'archives témoignent également de diverses interventions de moindre ampleur menées à l'échelle du linéaire de la section aval ou de façon plus ponctuelle. Les ingénieurs de la Charente-Inférieure ont amélioré les chemins de halage par la construction de 28 passerelles lorsque le halage est réalisé par les riverains (AD17, S9628, 1838-1839). Les quais de Saintes ont également été aménagés : le quai dit des Frères sur 300 m de long (1832-1837) et le quai dit de Reversaux sur 320 m (1841-1843). Les chaussées d'arrivage ont été réparées au niveau des passages d'eau de Chaniers, Chauveau, Port d'Envaux et de Dom-

pierre-sur-Charente (AD17, S6549, 1838) et plusieurs cales d’abordage ont été construites en particulier au niveau du quai des Frères (AD17, S6526) et du pont de Saintes (AD17, S7190, 1838-1851). Une série de dragages a été réalisée afin de supprimer les hauts fonds pour garantir le libre écoulement dans la traversée de Saintes (AD17, S6524, 1844-1845). Enfin, le cours d’eau est balisé le long de sa section aval entre Saintes et Saint-Savinien sur une longueur de 22 000 mètres (AD17, S4869, 1840-1841).

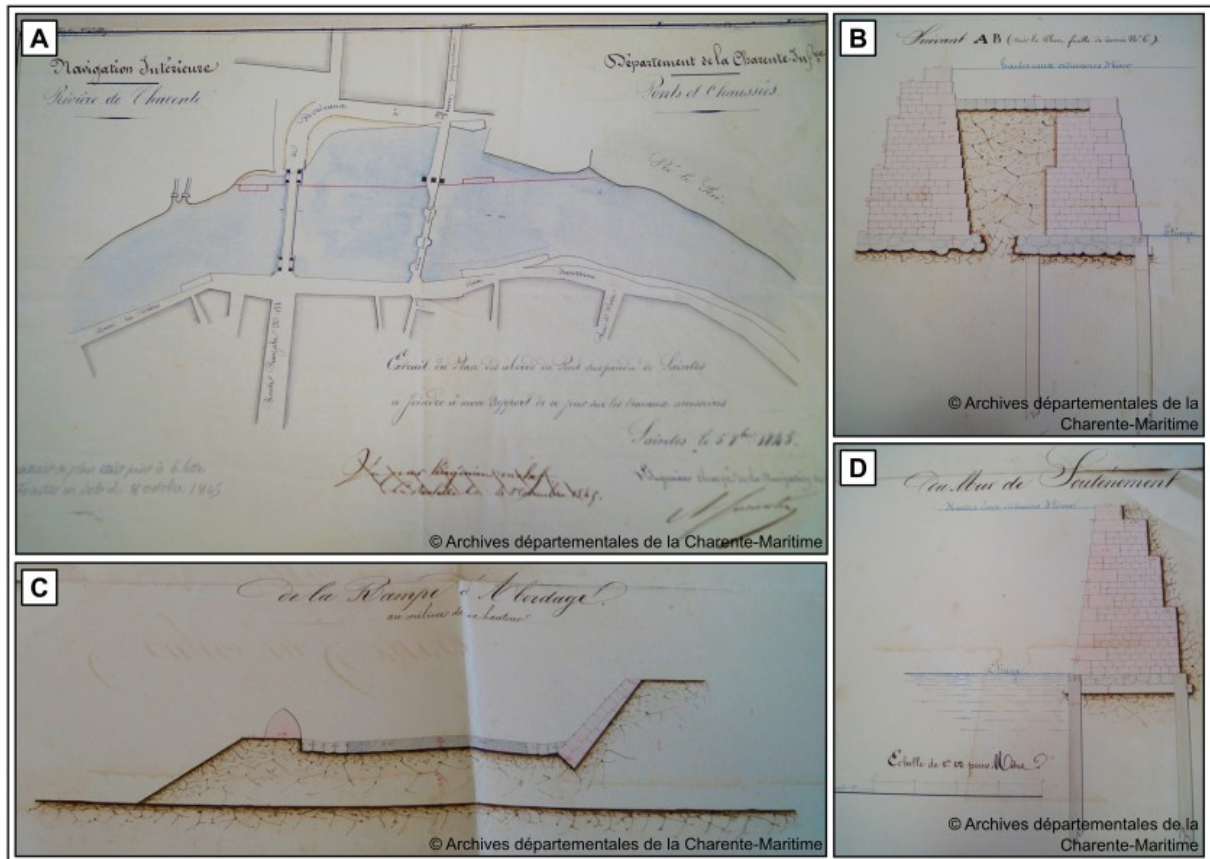


Fig. 58 – Travaux d’amélioration de la navigation dans la traversée de Saintes (1838-1845).

A : Plan des abords du pont suspendu de Saintes et de l’ancien pont démolé (AD17, S7190, 5 novembre 1845) ;
 B : Coupe de la cale (AD17, S7190, 15 avril 1840) ; C : Coupe en travers de la rampe d’abordage (AD17, S7190, 15 avril 1840) ; D : Coupe en travers du mur de soutènement du quai Bassompierre (AD17, S7190, 15 avril 1840).

À l’échelle du département de la Charente, les travaux se sont focalisés sur la reconstruction de dix des quinze écluses comprises entre Angoulême et Cognac, l’amélioration de la praticabilité des chemins de halage avec la construction de chaussées d’empierrement, de passerelles en bois et d’aqueducs maçonnés, et la réalisation de dragages dans le lit principal (AD17, S12448, 1854). Mais, la faiblesse des archives disponibles ne permet pas à l’heure actuelle d’être plus précis sur ces actions réalisées que cela soit en termes de localisation, de description technique ou encore de financement.

Le coût des travaux d’amélioration de la navigabilité du fleuve Charente est très élevé malgré le budget conséquent qui leur est alloué par le Ministère des Travaux Publics. Ce dernier ordonne l’arrêt des financements et la suspension des travaux en 1848 en réponse aux

troubles politiques et économiques de l'époque (AD17, S12448, 1854).

3.2.3. Les derniers aménagements en faveur de la navigation (1855-1890)

À partir du milieu du XIX^e siècle, le Ministère des Travaux Publics souhaite mener une nouvelle politique de grands travaux et impulser un regain du trafic fluvial par l'amélioration des voies navigables. Un nouveau projet d'aménagement est établi et accepté en 1853 (AD17, S12448, 1854). Mais, peu d'actions semblent avoir été réalisées en raison de la très faible quantité d'archives recueillies sur la navigation au cours de cette période. Seul le réaménagement du site de la Baine est attesté par les archives en particulier l'exhaussement de l'écluse (AD17, S6520, 1852-1853).

La navigation redevient une source productive d'archives au cours des décennies 1880 et 1890 suite à l'application du décret du 17 mars 1881 déclarant d'utilité publique l'amélioration de la navigation du fleuve Charente à l'échelle de l'arrondissement de Saintes (AD17, S11814, 1878). À ce titre, plusieurs actions ont été mises en œuvre sur la section aval en particulier sur les sites de Saintes et de Chaniers.

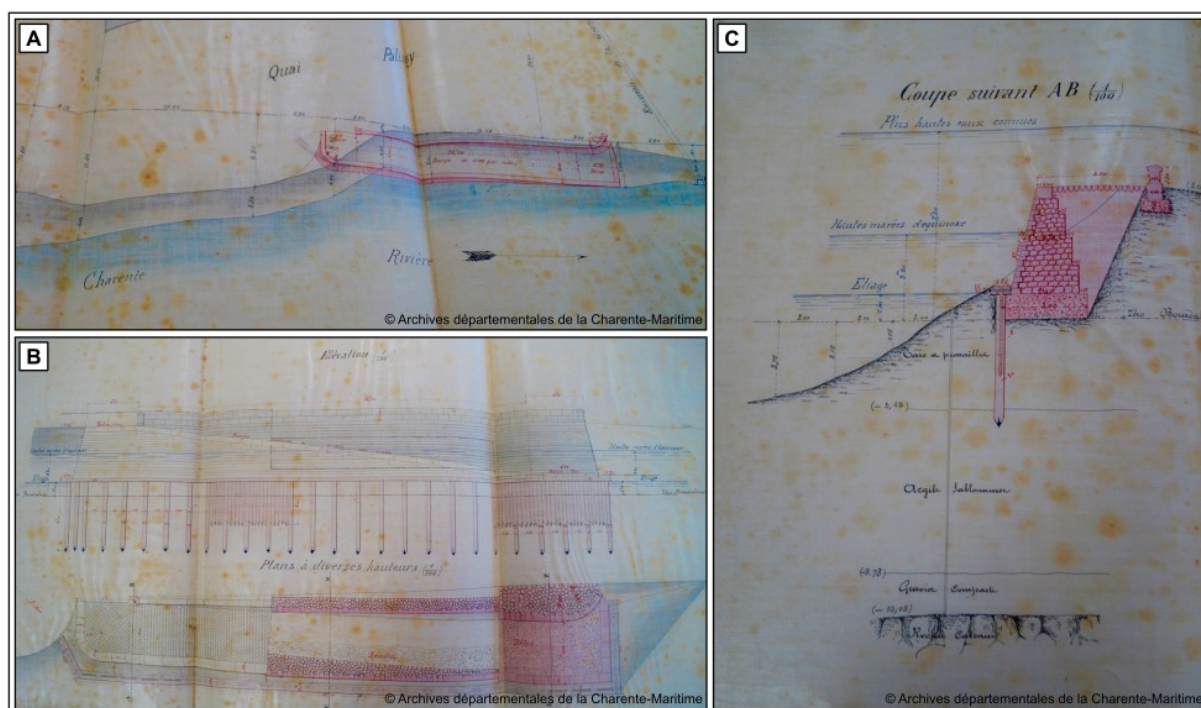


Fig. 59 – Plan, élévation et coupe de la cale du quai Palissy.

A : Plan des abords du quai Palissy pour la construction de la cale (AD17, S6476, 30 novembre 1881) ; B : Élévation d'ouvrage et plans à diverses hauteurs (AD17, S6476, 30 novembre 1881) ; C : Coupe d'ouvrage (AD17, S6476, 30 novembre 1881).

Les travaux d'amélioration de la navigation à Saintes se traduisent par le réaménagement des quais et la reconstruction de cales ayant lieu pour l'essentiel sur la période 1880-1896. Le mur du quai de la République est reconstruit sur une longueur de 96 m sur sa section aval et aménagé d'un perré pour renforcer l'atterrissement et créer un quai inférieur (AD17, S6475, 1881-1885). Les cales du quai Palissy (AD17, S6476, 1881-1885) (fig. 59A-C) et du quai

Bassompierre (AD17, S6476, 1881-1885) sont reconstruites. Le quai Palissy est prolongé par un perré (AD17, S6473, 1890-1896) et le mur de soutènement du quai Bassompierre est reconstruit sur une longueur de 151 m (AD17, S6474, 1888-1890) entre 1888 et 1896.

Au niveau du site de la Baine, le barrage situé au sud de l'île principale est reconstruit un peu plus en amont de l'ancien afin d'augmenter le niveau d'eau dans le chenal de navigation et le bras de décharge du moulin en particulier pendant la saison estivale (AD17, S6493, 1881-1883). L'écluse de la Baine est restaurée (AD17, S11815 et S6495, 1881-1882) ce qui implique la réparation des maçonneries des bajoyers et du radier du sas de l'écluse, la réfection des perrés de protection en amont et en aval de l'ouvrage et la restauration de la maison éclusière. Une passerelle de halage est également aménagée en aval des moulins.

Une série d'interventions anthropiques a également été réalisée de façon ponctuelle sur la section aval du fleuve Charente afin d'améliorer la navigabilité. Plusieurs dragages ont été effectués au droit de la traversée de Saintes (Port La Rousselle, quai des Frères), au Port du Lys (Salignac-sur-Charente) ainsi qu'au Treuil et Chez Piché (Chérac) afin de supprimer les hauts fonds pour faciliter l'arrimage et le déchargement des marchandises des gabarres (AD17, S6288, 1879-1884 et AD17, S6509, 1898-1900). Quelques infrastructures portuaires plus modestes ont également été aménagées au niveau des petits ports fluviaux ruraux afin de faciliter le trafic fluvial en particulier le transport des eaux-de-vie. À titre d'exemple, des quais de débarquement ont été implantés au port d'Orlac en 1882 et au port du Bas-Bourg en 1890 sur la commune de Dompierre-sur-Charente (fig. 56D).

3.2.4. L'abandon de la navigation (1895-1926)

Au cours du XIX^e siècle, le trafic fluvial s'organise pour l'essentiel autour de trois ports fluviaux charentais : Saint-Simon, Cognac et Angoulême (Renard, 1993) (fig. 60A-B-C). En 1812, les deux premiers peuvent ainsi accueillir vingt-deux gabarres et le troisième une douzaine sur les 99 recensées sur le cours d'eau (Renard, 1993) . Les ports de Gondeville, Jarnac et Saintes jouent également un rôle actif dans le transport fluvial. Le reste du trafic fluvial est quant à lui assuré par des petits ports fluviaux ruraux aux infrastructures plus modestes à l'image des ports ruraux de Dompierre-sur-Charente ou encore de Brives-sur-Charente. Au total, une trentaine de ports fluviaux actifs au XIX^e siècle ont été identifiés à partir des toponymes du cadastre napoléonien entre Angoulême et Saintes (fig. 56A-B-C-D).

La majorité du trafic fluvial à la descente se concentre avant tout sur le transport de bois de chauffage, des eaux-de-vie, des denrées alimentaires, du papier et du matériel militaire (poudre, canon). Ces marchandises sont destinées à l'équipement en matériel et en denrées alimentaires de l'arsenal de Rochefort et de ses équipages et à l'exportation par Rochefort vers les ports français, européens et coloniaux. Les eaux-de-vie de Cognac (fig. 60C) et les papiers d'Angoulême sont quant à eux exportés principalement vers l'étranger : l'Angleterre, l'Irlande, la Hollande ou encore l'Allemagne pour les premières et la Flandre, l'Irlande et les ports de la Baltique pour les seconds. À la remontée, le fleuve Charente ravitaille l'arrière-pays en blé, en sel et autres denrées alimentaires ainsi qu'en bois de construction pour les gabares et les tonneaux d'eaux-de-vie.

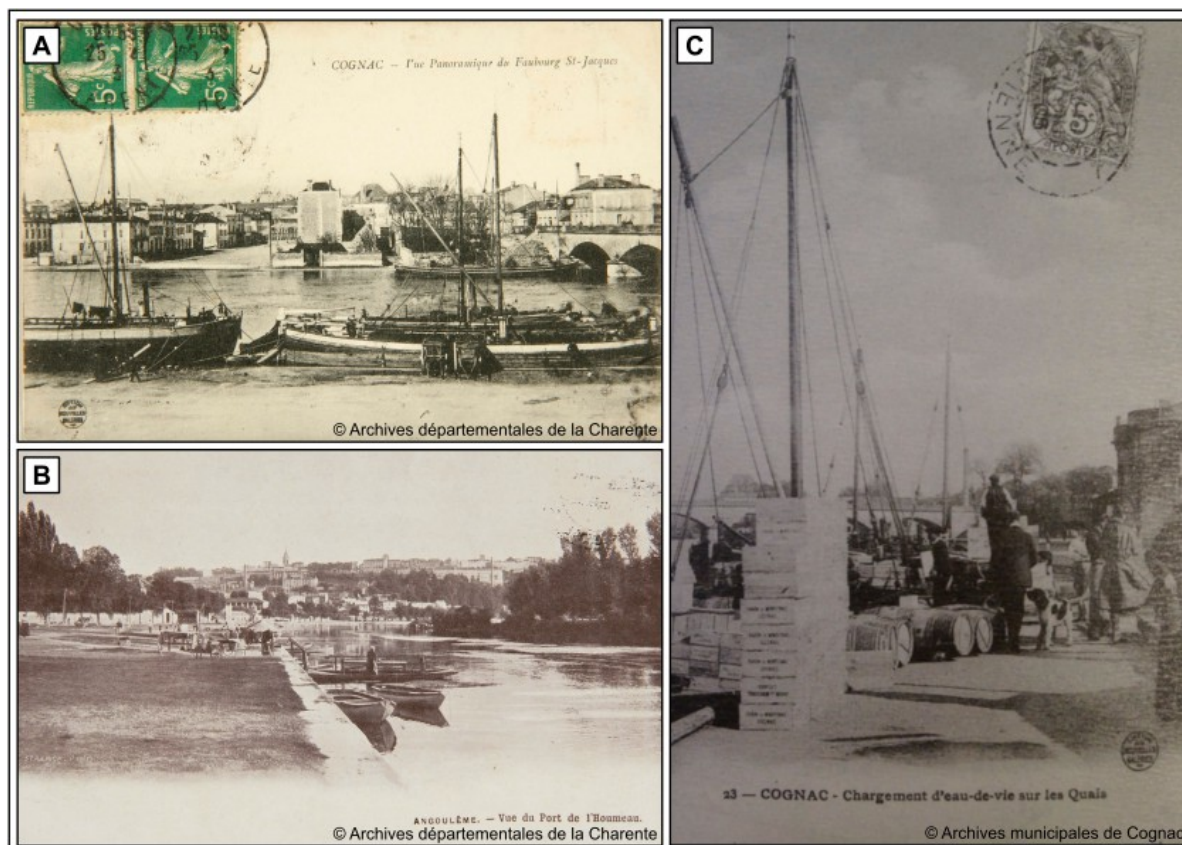


Fig. 60 – Trafic fluvial sur le fleuve Charente.

A : Cognac – Vue panoramique du Faubourg St-Jacques (AMC, 11 Fi 102/160) ; B : Angoulême – Vue du port de l’Houmeau (AD16, 11 Fi 15/445) ; C : Cognac – Chargement d’eau-de-vie sur les quais (AMC, 5.1 COGNAC).

Le fleuve Charente reste une voie commerciale structurante jusqu’à la fin du XIX^e siècle. Le trafic fluvial atteint son apogée en 1892 avec 7 600 000 tonnes de marchandises transportées. Il connaît ensuite une réduction significative au début du XX^e siècle et n’enregistre plus que 4 400 000 tonnes de marchandises transportées en 1910 en liaison avec la concurrence du chemin de fer suite à l’ouverture de la ligne Angoulême-Rochefort-La Rochelle en 1867 par la compagnie des Deux Charentes. Après une courte progression en 1915, le trafic fluvial chute brusquement et ne dépasse plus les 2 000 000 tonnes à partir de 1920. Au port de l’Houmeau, il descend à 2 420 tonnes en 1920 contre 17 000 tonnes en 1870 et au port de Jarnac, il passe de 110 tonnes en 1925 contre 23 000 tonnes en 1870 (Grelie, 1933). Dans un souci de rentabilité, le fleuve Charente est alors déclassé de la nomenclature des voies navigables en amont de Cognac en 1926 et sur la totalité du linéaire fluvial en 1957. L’arrêt des crédits d’entretien conduit à l’abandon du cours d’eau : empiétement de la végétation dans les petits chenaux, abandon progressif de l’entretien du chenal de navigation, dégradation des infrastructures portuaires, végétalisation des chemins de halage, et abandon des ouvrages hydrauliques (Jouannet, 1992).

3.3. La petite hydraulique

Si l’histoire des moulins à eau charentais a fait l’objet de quelques travaux historiques, la grande majorité d’entre eux se focalise sur des sites spécifiques en particulier les moulins à

papier situés à Angoulême et hors de l'emprise de ce travail. Aucune recherche académique n'a pour l'instant été entreprise sur le moulin à eau à l'échelle charentaise alors que les connaissances sur la trajectoire historique de la petite hydraulique sur le fleuve Charente et des sociétés qui y sont associées restent encore relativement méconnues. L'enquête géohistorique a mis en évidence le rôle essentiel de la petite hydraulique et de ses aménagements dans la trajectoire d'évolution du fleuve Charente sur la période récente et apparaît être l'un des usages les plus documentés par les archives (fig. 52). Il s'agit ici de replacer de manière succincte les moulins à eau charentais dans leur contexte historique et archéologique à partir des données géohistoriques et bibliographiques consultées.

3.3.1. Les moulins à eau charentais

Les premiers aménagements liés à la mouture du blé remontent à l'Antiquité (Deconinck, 2019). Les fouilles archéologiques ont mis au jour divers artefacts antiques dont deux meules à grain (une meule dormante et une meule tournante) découvertes à la confluence du ruisseau du Rochefollet et du fleuve Charente. L'usage du moulin rotatif semble être très développé au cours de l'Antiquité jusqu'au haut Moyen Âge supplanté ensuite par le moulin hydraulique.

Au bas Moyen Âge, les sources écrites sur les moulins à eau sont encore très rares. Les premières mentions le long du fleuve Charente datent de 1310 pour les moulins à draps de Chaniers (Le Maho et Flambard Héricher, 2012) et de 1530 pour les moulins à papier autour d'Angoulême (Maurin, 2017). En 1656, 66 moulins à papier sont ainsi recensés en Angoumois (Gaillard, 2018). Les travaux de Debord (1984) tendent à démontrer que le fleuve Charente a probablement été fortement aménagé pour la maîtrise hydraulique au début du haut Moyen Âge. Le nombre de moulins à eau et leurs aménagements auraient connu ensuite une progression continue à partir du milieu du X^e siècle (Debord, 1984) marquée par l'alternance de phases d'arrêt ou d'essor en liaison avec les aléas économiques et démographiques de la région imputés aux conflits et aux épidémies. Les archives géohistoriques consultées dans le cadre de ce travail n'ont pas permis de documenter la période médiévale.

Les archives géohistoriques recueillies ont permis de mieux renseigner l'histoire des moulins à eau charentais au XIX^e siècle. L'enquête impériale de 1809 dresse un inventaire exhaustif des moulins à l'échelle des départements par arrondissement ou par commune (Rivals, 1984). Au final, cette dernière comptabilise 991 moulins en Charente et 2 619 moulins en Charente-Maritime (AN, F20 560). À l'image de la partie nord de la France, les moulins à eau charentais sont quasiment tous pourvus de roues verticales (99,9 %) au début du XIX^e siècle (Rivals, 1984).

Les données cartographiques et textuelles de la fin du XVIII^e siècle et du début du XIX^e siècle permettent d'identifier 16 sites de moulins aménagés le long du linéaire étudié, soit un moulin tous les 5 km environ. Les textes anciens font état de multiples aménagements, reconstructions, réaménagements et restaurations d'ouvrages associés aux moulins à eau en fonction des aléas hydrologiques, des changements de propriétaires et des modifications d'usages. Les usages des moulins à eau sont très divers et varient dans le temps. Une

grande partie des moulins à blé ont ainsi été reconvertis en moulin industriel (papier, foulon, feutre) au cours du XIX^e siècle ou du XX^e siècle. C'est le cas en particulier des moulins de Saint-Cybard à Angoulême. Jusqu'en 1781, trois des quatre moulins sont voués à la production céréalière et le quatrième est dédié à la production de laine. Au début du XIX^e siècle, un moulin à papier est aménagé sur les anciens moulins à blé converti ensuite en usine à papier.

Les moulins à eau entrent dans une période de déclin à partir des années 1830 en réponse à l'utilisation de la machine à vapeur qui se substitue à l'énergie hydraulique. Les améliorations techniques (i.e., turbines) permettent toutefois le maintien d'une partie des moulins et des usines à eau sur la première moitié du XX^e siècle. Les dernières décennies du XX^e siècle marquent l'abandon des derniers moulins sur le fleuve Charente. Une partie d'entre eux ont été reconvertis en habitation privée, restaurant ou en musée.

3.3.2. Les formes d'aménagements hydrauliques

Les moulins de berge dits « en chaussée » sont les moulins à eau les plus représentatifs sur le linéaire fluvial charentais. Ils sont en général installés sur des sites à îles en raison des facilités d'aménagement qu'elles peuvent offrir avec la présence de hauts fonds. Le site des moulins de Gondeville a observé ce principe (fig. 61A).

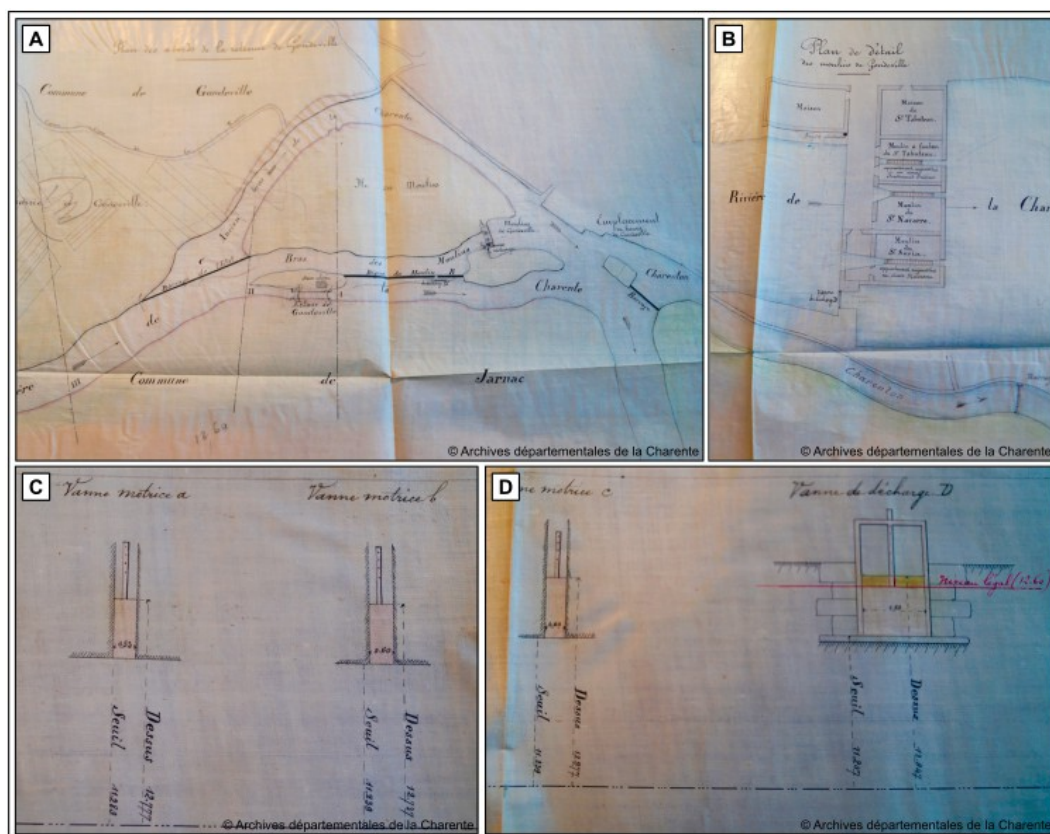


Fig. 61 – Localisation et aménagements hydrauliques des moulins de Gondeville (AD16, 3 Sprov 409).

A : Plan des abords des moulins de Gondeville (AD16, 3 Sprov 409, 14 juillet 1879) ; B : Plan de détail des moulins de Gondeville (AD16, 3 Sprov 409, 14 juillet 1879) ; C : Plan des vannes motrices a et b au niveau du seuil (AD16, 3 Sprov 409, 14 juillet 1879) ; D : Plan de la vanne motrice c au niveau du seuil et de la vanne de décharge d au niveau des moulins (AD16, 3 Sprov 409, 14 juillet 1879).

L'édifice usinier (i.e., le mécanisme de meule et la roue hydraulique) est implanté à proximité du cours d'eau sur la berge. Un seuil submersible constitué de pierre et de mortier est généralement construit en travers du chenal de manière oblique afin d'accroître le niveau d'eau et de rediriger les flux d'eau vers la berge où est placé le moulin. Le seuil peut être équipé d'un système de vannage afin de réguler le niveau d'eau dans la zone en amont du moulin particulièrement en temps de crue. C'est le cas en particulier du site à moulins de Gondeville où trois vannes ont été aménagées sur le seuil (fig. 61A, C, D). Les flux d'eau sont ensuite dirigés vers un canal d'amenée. Un déversoir peut également être aménagé avec parfois une vanne de décharge pour réguler les flux d'eau dans le canal d'amenée et contrôler les quantités d'eau nécessaires pour alimenter le moulin lors des crues. Au droit du moulin, une vanne de décharge est aménagée afin d'ajuster les apports d'eau vers la ou les roues hydrauliques (fig. 61B). Généralement, les sites à moulins sont équipés de pertuis afin d'assurer le passage des gabares remplacés ensuite par des écluses à sas à la fin du XVIII^e siècle. Les archives historiques font état de plusieurs mentions de conflits entre gabariers et meuniers et entre meuniers et pêcheurs liées au passage difficile de ces pertuis en raison du niveau d'eau très bas et de la mauvaise utilisation des vannes de décharge par les meuniers (cf. infra).

3.4. Les pêcheries fluviales

Les premières mentions de pêcheries fluviales nommées également « *essacs* », « *anguillards* » ou encore « *furnes* » remontent au Moyen Âge central. Les textes anciens attestent l'existence des pêcheries de Mosnac dès 1331 (AD16, J361-J363), de Sireuil dès 1435 (AD16, H2 103) et de Saint-Simeux dès 1478 (AD16, J361-J363) (fig. 62A). En revanche, les récentes découvertes subaquatiques indiquent la présence ancienne de ce type d'ouvrages dans le lit du fleuve Charente depuis le Néolithique dans la section amont Angoulême-Cognac, au niveau d'Angeac-Charente (Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019). Elles confirment également leur existence dans certains secteurs au haut Moyen Âge (VII^e-X^e siècles) (i.e., Saint-Laurent-de-Cognac, Merpins, Châteaubernard, Saint-Brice, Bourg-Charente, Saint-Simon).

Si les pêcheries fluviales sont manifestement très répandues sur le fleuve Charente, rares sont les études sur leur fonctionnement, leurs aménagements et leurs impacts sur le cours d'eau à l'échelle pluriséculaire. Il s'agit alors ici de présenter une description de la structure des pêcheries fluviales et de leurs aménagements. Cette description est de ce fait très dépendante des sources d'archives du XIX^e siècle, de leur disponibilité et de l'intérêt de leurs auteurs. Les sources historiques inventoriées sur les essacs sont liées à la réglementation de leur usage et à leur aménagement, sources de conflits entre les pêcheurs et les autres usagers du cours d'eau (AD16, 3 Sprov 408, 3 Sprov 421).

Les pêcheries fluviales charentaises sont généralement des structures fixes adaptées à la capture des poissons migrateurs en particulier les anguilles et les aloses. Les archives du XIX^e siècle décrivent principalement des ouvrages constitués d'une digue installée de manière oblique au chenal. Elle permet de concentrer l'eau et les poissons vers les systèmes de piègeage. Ils sont formés de deux bajoyers en moellons auxquels sont associés deux mon-

tants où sont attachés de part et d'autre des filets de capture. C'est le cas du système de pêche de Saint-Simeux sur le site de Malvy (fig. 62A-C). Il est composé de neuf essacs, appartenant tous à des propriétaires différents.

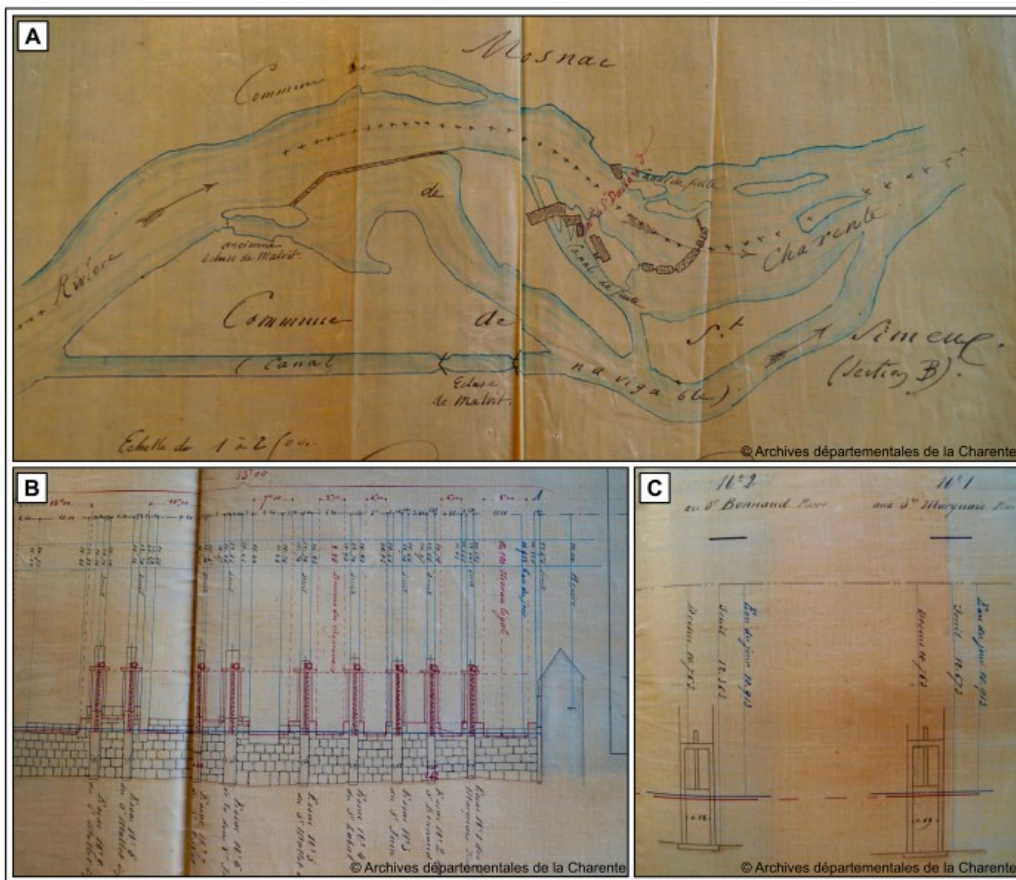


Fig. 62 – Localisation et aménagements de la pêche de Saint-Simeux en aval d’Angoulême.

A : Plan du moulin et des pêcheries de Saint-Simeux (AD16, 3 Sprov 408, 1859) ; B : Élévation des essacs et des digues de la retenue de Saint-Simeux (AD16, 3 Sprov 408, 1866) ; C : Élévation des vannes motrices à installer au niveau des essacs de Saint-Simeux afin de garantir le fonctionnement des moulins (AD16, 3 Sprov 408, 1866).

Les découvertes archéologiques récentes mettent en évidence la diversité de ce type de structures sédentaires. Elles attestent ainsi la présence de systèmes de pêche avec une ligne de pieux disposée en forme de V au centre du chenal associée à un éventuel pertuis pour garantir le passage des gabares (Le Maho et Flambard Héricher, 2012). Le piège à poissons est installé au niveau de la pointe du V. C’est le cas par exemple de la pêche de Charniers datée du XV^e-début XVII^e siècle (fig. 63) (Chapelot et Rieth, 1995, 2007).

Les pêcheries fluviales sont soumises à une réglementation stricte au milieu du XIX^e siècle décrite dans le Cahier des charges de l’amodiation de la pêche dans les Canaux et Rivières canalisées appartenant à l’État (AD16, 3 Sprov 407, 1849) en raison des entraves fréquentes qu’elles peuvent occasionner à la navigation et à la petite hydraulique. Selon un arrêt impérial de 1867, les vannes des essacs « *pourront continuer à être levées pour l’usage de la pêche lorsque les eaux atteindront le niveau fixé ci-dessous, mais elles devront être immédiatement remises à fond aussitôt que par suite de leur ouverture, le plan d’eau se sera abaisser*

à la cote fixée par l'article 2 [1,10 m]. en cas de refus ou de négligence d'exécuter cette manœuvre en temps utile, il sera procéder contre eux comme il est dit à l'article 9 [i.e., remboursement à leurs frais des dommages] » (AD16, 3 Sprov 407, 1849). Les pêcheurs devront également procéder au ré-aménagement et à l'entretien de leurs essacs à leurs frais : « *Les frais de consolidation, d'étanchement et d'entretien de ces ouvrages seront entièrement à la charge des usiniers et des propriétaires d'essacs situés sur la retenue de Saint-Simeux, faute par eux de se conformer à cette prescription* » (AD16, 3 Sprov 407, 1849). Les essacs de Saint-Simeux font l'objet d'exhaussement, d'allongement, de surhaussement ou encore de restauration en raison de leur usure par le courant (AD16, 3 Sprov 407, 1846) ou des contraintes techniques imposées par l'Administration des Ponts-et-Chaussées (AD16, 3 Sprov 421, 1845) (fig. 64A-B).

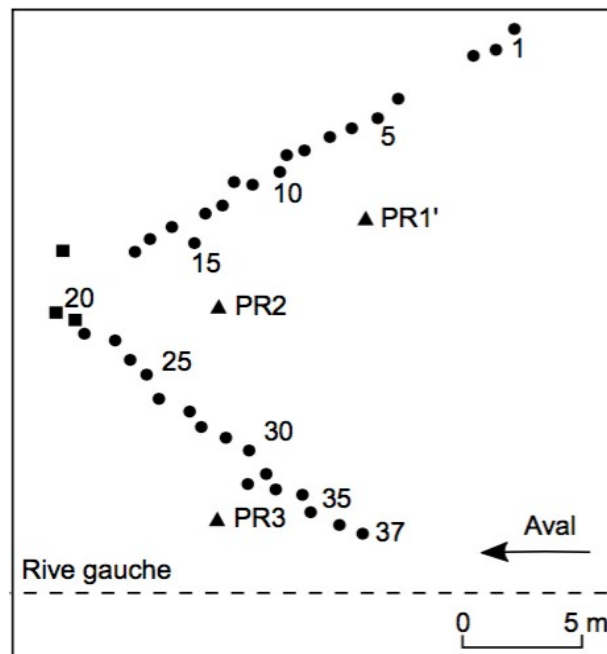


Fig. 63 – La pêcherie médiévale de Chaniers (adapté de Chapelot et Rieth, 1995 dans Chapelot et Rieth, 2007).

Malgré une réglementation stricte de leur utilisation, les essacs sont à l'origine de nombreux conflits entre meuniers et pêcheurs surtout lors des étiages sévères. La série S des archives départementales comprend diverses plaintes. Ainsi, l'ingénieur des Ponts-et-Chaussées est régulièrement sollicité sur le terrain pour constater les infractions. Un des propriétaires des essacs de Saint-Simeux a ainsi fait l'objet de neuf plaintes en réponse à l'ouverture de son essac en-dessous du niveau d'eau autorisé (AD16, 3 Sprov 421, 1852). Lors de la sécheresse de l'été 1855, les meuniers ont dénoncé l'ouverture des essacs par leurs propriétaires en temps prohibé ce qui entraîne une réduction des flux d'eau vers le moulin et ralentit leur activité (AD16, 3 Sprov 408, 1855). Les pêcheurs dénoncent une injustice. Ils sont toutefois contraints de fermer les ouvertures des essacs au moyen d'un cadenas. La clé est remise à l'éclusier qui rouvrira les essacs seulement lorsque le niveau d'eau sera au-dessus de la limite fixée.



Fig. 64 – Extrait de rapports d’Ingénieurs de l’Administration des Ponts-et-Chaussées relatifs aux demandes par les propriétaires de réaménager leur essac.

A : Demande d’autorisation de deux propriétaires d’essacs de réaménager leur installation suite à la modification du règlement de la retenue de Saint-Simeux (AD16, 3 Sprov 408, 20 décembre 1866) ; B : Demande d’autorisation d’un propriétaire d’essac de le réaménager (AD16, 3 Sprov 421, 25 octobre, 1862).

3.5. Protection et entretien du cours d’eau

Le fleuve Charente fait l’objet de crues fréquentes et saisonnières aux conséquences parfois dévastatrices ce qui contraint le service des Ponts-et-Chaussées et les propriétaires riverains à protéger les berges et à régulariser l’écoulement du cours d’eau et ce malgré la faible énergie du fleuve. Les textes d’archives indiquent deux types d’actions réalisées : 1) les curages et 2) les protections linéaires.

Les curages concernent essentiellement les biefs des moulins ou encore les bras de navigation afin d’assurer le libre écoulement de l’eau pour garantir la navigation et/ou l’activité meunière et de réduire le risque de débordement du cours d’eau. Comme le signifie l’arrêt de règlement concernant la navigation du fleuve Charente en 1780, les meuniers et les pêcheurs « sont tenus d’enlever les pierres, bois ou broussailles détachés des digues, essarts, anguillards ou pêcheries et que les eaux entraîneraient dans le canal de navigation » (AD16, 1C86, 1780). Au XIX^e siècle, ces actions sont réalisées par les propriétaires riverains sur ordre de la préfecture. Ainsi, sur ordre de la Préfecture du département de la Charente à la demande du maire de Mosnac, un propriétaire riverain est par exemple contraint de procéder au curage de plusieurs petits chenaux du fleuve Charente suite à leur obstruction par des dépôts végétaux (AD16, 3 Sprov 408, 1846). Ce type d’actions peut être également mené par

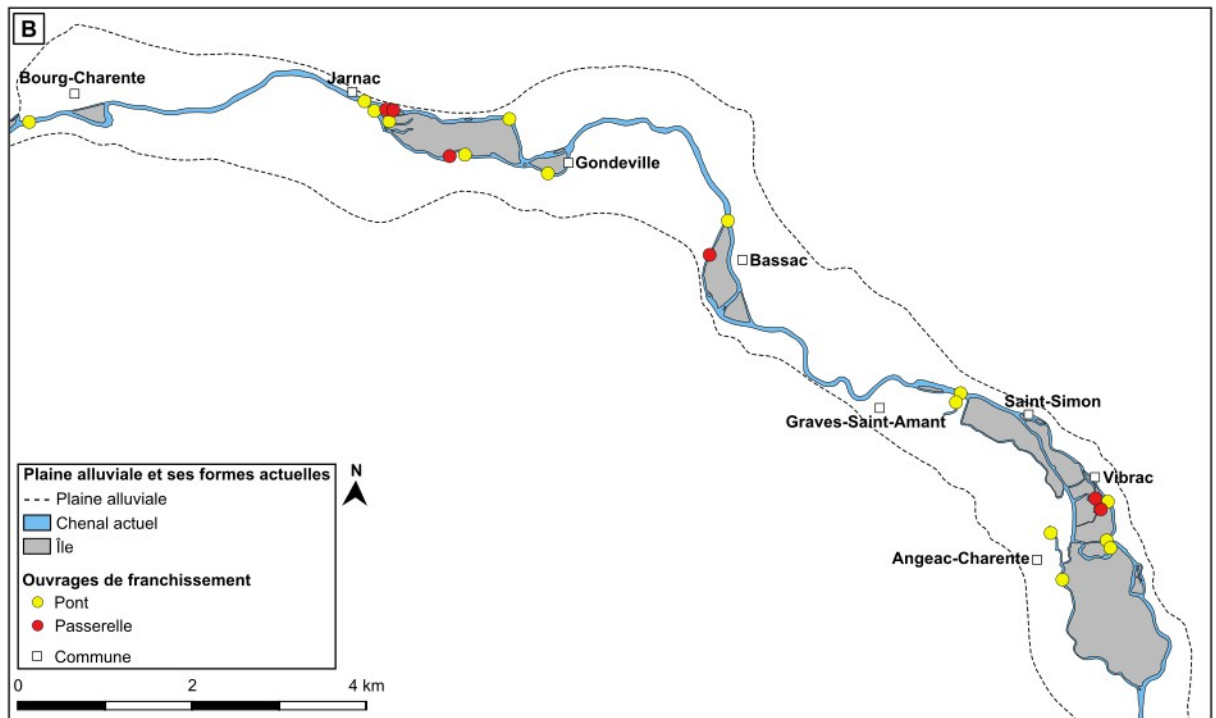
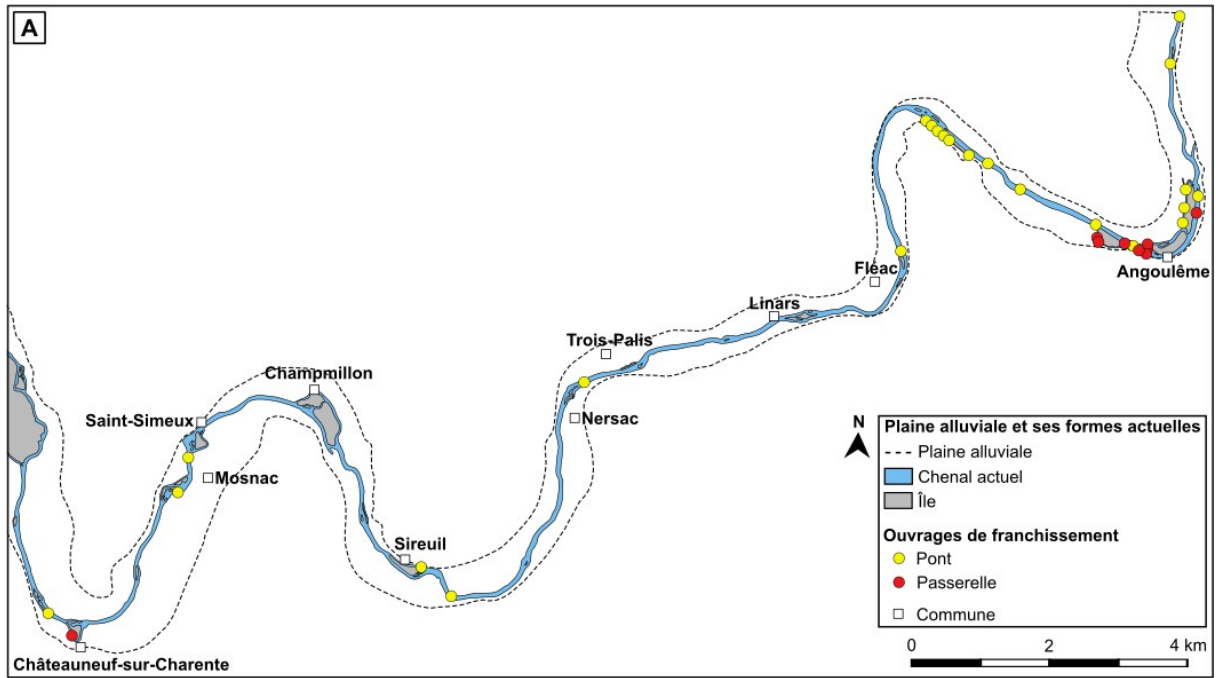
l'Administration des Ponts-et-Chaussées. Ainsi, le canal de dérivation de la Baine à Chaniers a fait l'objet de plusieurs curages (1874-1875, 1899, 1932) afin de prévenir le risque de débordement du fleuve Charente suite aux plaintes des riverains (AD17, S6505, S6509, S6409). Toutefois, les actions de curage restent très anecdotiques à l'échelle du linéaire fluvial ou du moins elles ont laissé peu de traces dans les archives historiques.

Les archives historiques témoignent de la grande diversité des protections linéaires contre l'érosion des berges et/ou les débordements : perrés maçonnés, murs de soutènement, enrochements ou encore palplanches avec pieux. La série S des Archives départementales de la Charente regorge de demandes multiples de propriétaires riverains afin de protéger leur terrain contre l'érosion des courants au moyen de divers ouvrages. Les ingénieurs des Ponts-et-Chaussées sont régulièrement sollicités sur le terrain afin de constater soit les dommages occasionnés par l'érosion soit l'ouvrage réalisé selon les conditions fixées par la préfecture. C'est en particulier le cas sur les secteurs à îles des sites de Saint-Simeux, Mosnac, Vibrac ou encore Jarnac. Ainsi, le sieur Labat requiert l'autorisation de la Préfecture du département de la Charente pour aménager un mur d'enrochements sur la partie droite de son île située en aval de l'écluse de Saint-Simeux (AD16, 3 Sprov 421, 1856).

Après chaque grande inondation (e.g., 1872, 1904, etc.), les ingénieurs des Ponts-et-Chaussées du département de la Charente-Inférieure sont confrontés aux plaintes des riverains situés dans les zones urbaines en particulier dans les quartiers pauvres et insalubres où la crue peut favoriser le développement d'épidémies. Un rapport de l'ingénieur ordinaire fait état de la demande des habitants de Saintes de construire un canal de décharge en amont de la ville d'environ 3 kilomètres sur la rive droite afin de pallier à l'insuffisance du débouché du fleuve dans la traversée de Saintes (AD17, S3780, 1884). Le projet est rejeté par l'ingénieur ordinaire en raison du coût financier très élevé qu'il représente par rapport aux dommages occasionnés par la crue. Les ingénieurs de la Charente-Inférieure considèrent que « *les débordements de la Charente, dans tout le département de la Charente-Inférieure apportent plutôt un élément fécondant aux prairies qu'ils recouvrent* » (AD17, S3780, 1873), un argument déjà utilisé dans les premières archives du XIX^e siècle sur les crues répétées du fleuve Charente, le préfet de la Charente Delaistre (1801) ayant précisé qu'elles « *sont des causes de fertilité ; les prairies qui en sont couvertes, donnent une très bonne et très abondante récolte* ».

3.6. Le franchissement du fleuve Charente

À l'image des autres cours d'eau français, le fleuve Charente a fait l'objet de multiples aménagements pour son franchissement afin d'assurer le transport par voie terrestre. La consultation des archives historiques permet d'identifier deux types d'ouvrages de franchissement le long du cours d'eau : 1) les ponts et passerelles et 2) les bacs. Les premiers concentrent la grande majorité des documents d'archives. Une cartographie actuelle des ponts et passerelles a été produite afin d'obtenir une vision générale (fig. 65A-D).



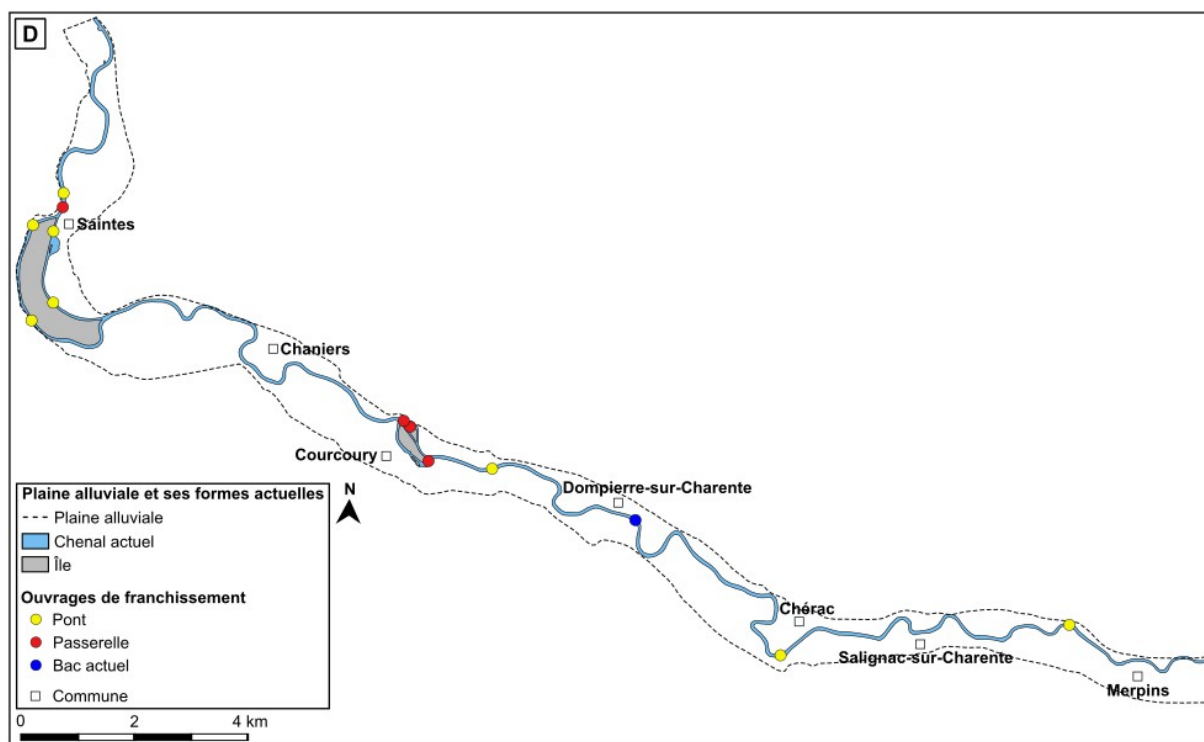
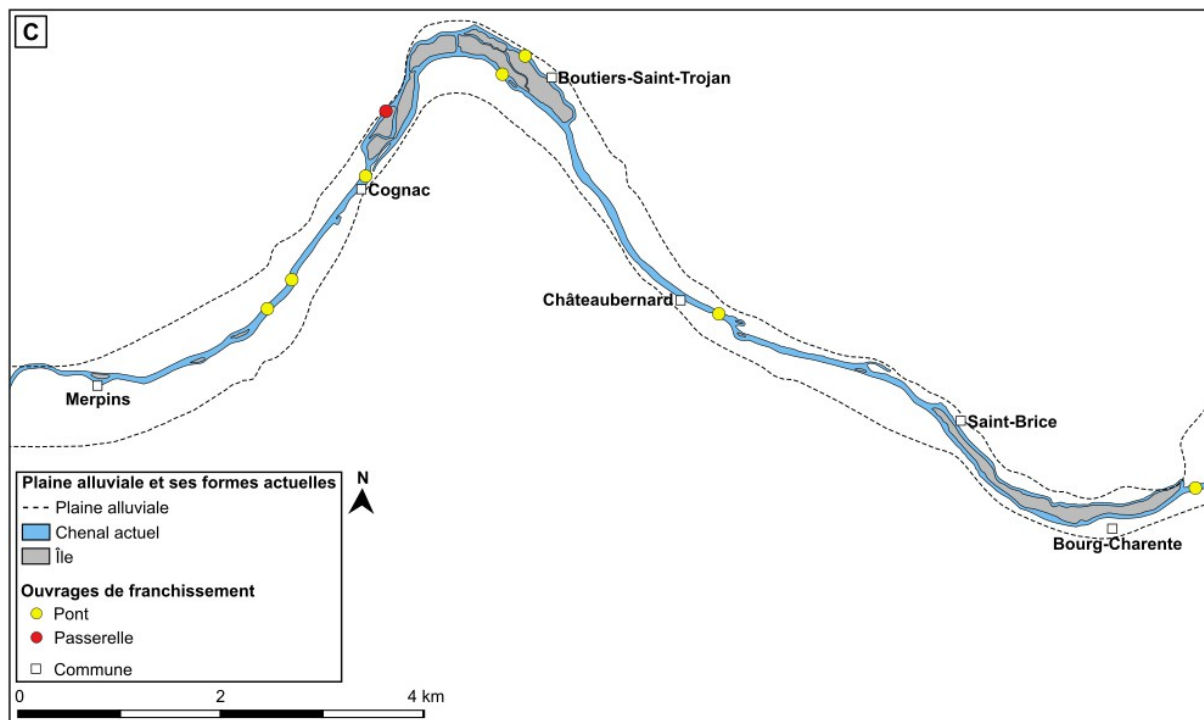


Fig 65 – Localisation des ouvrages de franchissement actuels entre Angoulême et Saintes.

A : Zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente ; B : Zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente ; C : Zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins ; D : Zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes.

3.6.1. Les ponts

L'histoire des ponts charentais est relativement bien documentée dans les archives historiques sur quelques sites particuliers à partir de la période moderne suite à la création de

l'Administration des Ponts-et-Chaussées et à l'amélioration des techniques de construction. Les recherches archéologiques et historiques attestent néanmoins l'existence de ponts très anciens sur le fleuve et ce dès l'Antiquité (e.g., pont de Saintes). Les données géohistoriques permettent de distinguer deux types de structures. Les premières sont qualifiées souvent de « passerelles » ou de « ponceaux » dans les textes anciens. Ce sont des ouvrages en bois de dimension réduite localisés principalement dans les zones rurales. Ils sont pour l'essentiel constitués de simples planches ou de rondins disposés en travers du chenal de chaque côté de la rive. Ils sont en général aménagés pour relier les prairies des îles ou les moulins à la rive voisine ou vers d'autres îles. Les deuxièmes sont quant à elles des structures de grande dimension en bois ou en pierre à plusieurs arches situées généralement dans les villes à l'image du pont de Jarnac (fig. 66A, B) et de la passerelle de Saintes (fig. 66C, D).

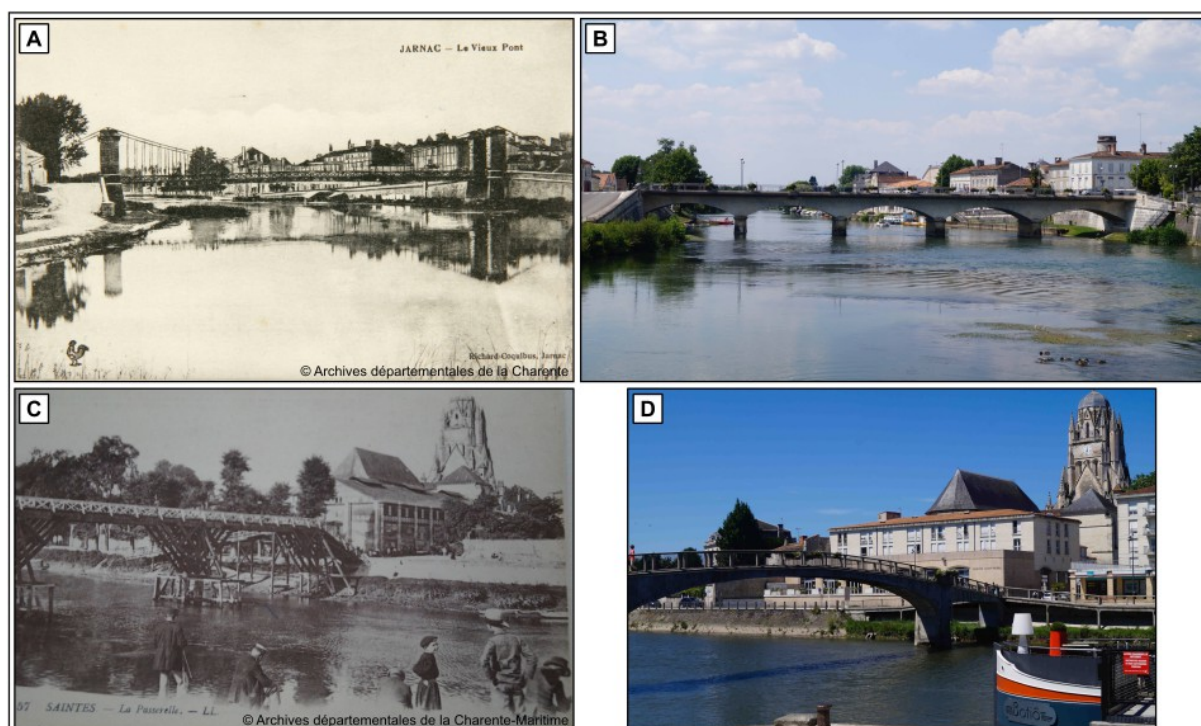


Fig. 66 – Ouvrages de franchissement sur le fleuve Charente et leur évolution depuis la fin du XIX^e siècle jusqu'à aujourd'hui.

A : Jarnac – Le Vieux Pont (AD16, 11 Fi 167/024, fin XIX^e siècle) ; B : Jarnac – Le Pont. Source : A. Duquesne, juillet 2018 ; C : Saintes – La Passerelle (AD17, S6633, début XX^e siècle) ; D : Saintes – La Passerelle. Source : A. Duquesne, juin 2018.

Ces ouvrages d'art font l'objet de reconstruction, de réparation ou de démolition en fonction des avancées des techniques de construction, des détériorations qu'ils subissent lors des aléas hydrologiques du cours d'eau et des entraves qu'ils peuvent occasionner pour la navigation comme en témoignent les archives historiques. Ainsi, le pont antique et médiéval de Saintes est démolé en raison de la gêne qu'il occasionne pour le passage des gabarres (fig. 67A) et est remplacé par un pont suspendu à une arche (fig. 67B) sous la supervision de l'ingénieur Chalumeau. Les travaux sont terminés en 1843 (AD17, S7190, 1845). Ce dernier fait l'objet de diverses réparations consignées par les ingénieurs des Ponts-et-Chaussées – tablier (AD17, S7191, 1851), secteur de suspension (AD17, S7192, 1855-1856), garde-corps (AD17, S7193, 1871), etc. Les plaintes répétées des habitants de Saintes face à l'état délabré

de l'ouvrage pousse l'Administration des Ponts-et-Chaussées à proposer en 1874 sa démolition et sa substitution par un pont en maçonnerie (i.e., le pont Bernard Palissy actuel) sous l'impulsion de la politique de modernisation des ouvrages d'art du XIX^e siècle (fig. 67C, D). Son édification a lieu entre 1876 et 1879.

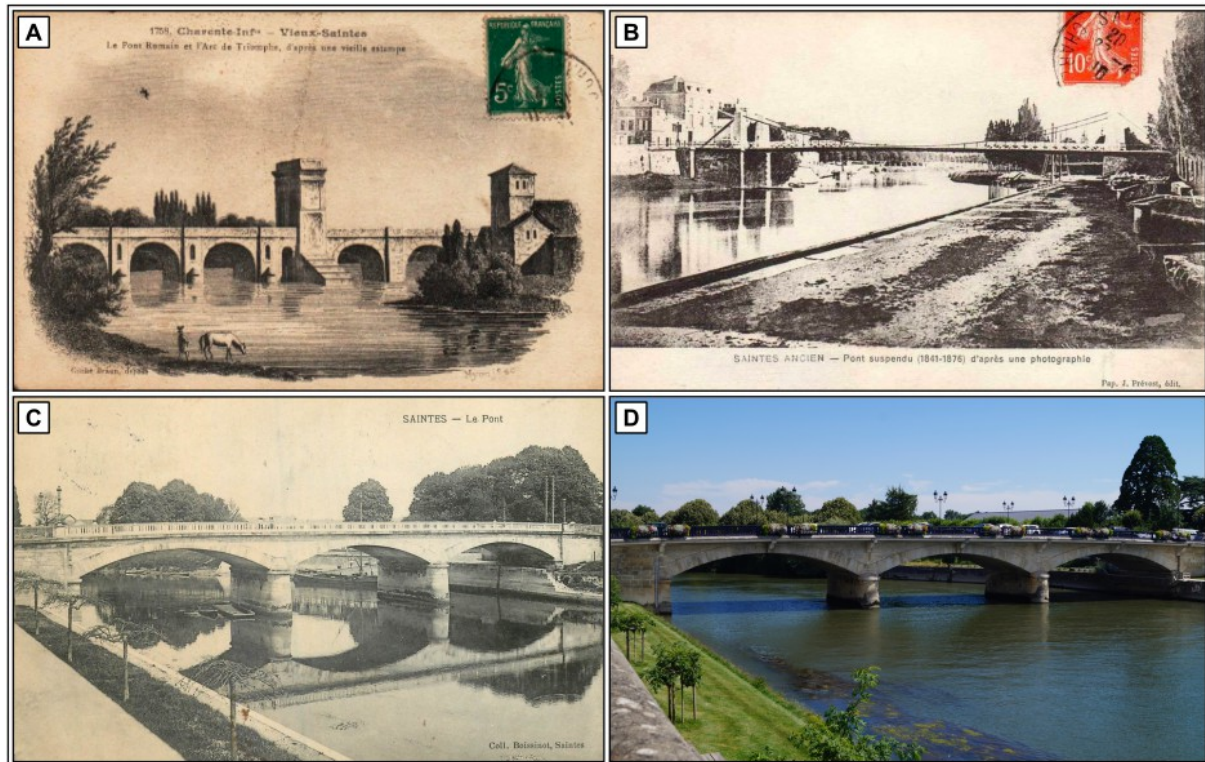


Fig. 67 – Évolution du pont de Saintes du milieu du XVIII^e siècle jusqu'à nos jours.

A : Vieux-Saintes 1758 – Le pont romain et l'Arc de Triomphe, d'après une vieille estampe (collection privée) ; B : Saintes ancien – Pont suspendu (1841-1876) d'après une photographie (collection privée) ; C : Saintes – Le pont au début du XX^e siècle (collection privée) ; D : Saintes – Le pont Bernard Palissy. Source : A. Duquesne, juin 2018.

3.6.2. Les bacs

Les bacs ont pour objectif d'assurer le franchissement du fleuve Charente lorsque la largeur et la profondeur du chenal ne permettent pas de l'effectuer à pied. Ils relient les prairies des îles ou de la rive voisine et les villages dans lesquels résident les propriétaires (e.g., bacs de Chaniers, de Basseau, de Bourg-Charente, etc.) (Jouannet, 1992). Au début du XIX^e siècle, vingt-deux bacs ont été recensés dans le département de la Charente (e.g., Port-du-Lys, Cognac, Juac, Basseau, etc.) et trois dans le département de la Charente-Inférieure (e.g., Chaniers, Chauveau et Brives).

Les bacs sont remplacés progressivement à partir du milieu du XIX^e siècle par des ponts plus sûrs et moins dépendants des crues et des étiages. Il subsiste toutefois neuf bacs dans le département de la Charente à la fin du XIX^e siècle et treize bacs dans le département de la Charente-Inférieure au début du XX^e siècle (fig. 68A). Seuls quelques bacs ont été maintenus jusqu'au milieu du XX^e siècle afin d'assurer l'activité agricole (e.g., transport du foin). À

l'heure actuelle, seul le bac de Dompierre-sur-Charente est toujours en activité situé dans la section aval du fleuve Charente (fig. 68B).



Fig. 68 – Bac de Dompierre-sur-Charente (Charente-Maritime) au début des XX^e et XXI^e siècles.

A : Ancien bac de Dompierre-sur-Charente du début du XX^e siècle (collection privée). B : Bac à chaîne de Dompierre-sur-Charente, dernier bac sur le fleuve Charente. Source : A. Duquesne, juin 2020.

4. Conclusion

Cette partie du travail a permis d'appréhender la trajectoire historique et d'anthropisation du fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes, sur la période récente (1700-Actuel) jusque-là encore peu documentée par la littérature scientifique. L'enquête géohistorique a été réalisée à deux échelles spatiales : 1) à l'échelle du bassin versant par la description des modes d'occupation du sol et de leur évolution et 2) à l'échelle du cours d'eau par l'identification et la caractérisation des usages anciens et de leurs aménagements. En revanche, la démarche et la méthodologie sont dépendantes des sources géohistoriques (quantité, qualité, fiabilité, disponibilité, conservation, etc.) sans pour autant remettre en cause leur pertinence.

En l'état actuel des recherches, les aménagements pour la navigation et la petite hydraulique jouent un rôle significatif dans l'évolution de la morphologie et des paysages du cours d'eau sur les trois derniers siècles. Ils impactent tout particulièrement l'évolution de l'anastomose par la réduction ou au contraire l'augmentation du nombre de chenaux dans la section amont, entre Angoulême et Cognac, et semblent avoir participé au maintien de la configuration à méandres de la section aval, entre Cognac et Saintes excepté le site de la Baine.

La très faible énergie associée au fleuve Charente laisse envisager que seules les interventions anthropiques seraient susceptibles de rompre la stabilité de la plaine alluviale et de ses formes fluviales. Les autres facteurs anthropiques (i.e., pêcheries, protection de berges, ouvrages de franchissement) présentés dans ce travail sont quant à eux plus difficiles à qualifier et à quantifier au sein d'un système fluvial où la navigation et la petite hydraulique sont les moteurs principaux des interventions et par conséquent les principales sources d'archives.

Le fleuve Charente observe une trajectoire d'anthropisation rythmée par une évolution en quatre phases distinctes sur la période récente (fig. 165B, p. 282). La première phase

commence dès le haut Moyen Âge pour le contrôle hydraulique du cours d'eau mais elle se situe hors emprise temporelle de ce travail et nécessite de faire l'objet de plus amples recherches géohistoriques afin de mieux l'appréhender. La deuxième est quant à elle marquée par une phase d'aménagement massif pour améliorer la navigabilité du cours d'eau et faciliter l'exploitation de la force motrice entre la fin du XVIII^e siècle et le début du XX^e siècle (fig. 165B, p. 282). Cette phase est toutefois scandée par l'alternance de périodes d'essor (1785-1807, 1838-1845, 1850-1855, 1880-1896) et de déclin (1807-1825 ; 1855-1880) à mettre en liaison avec les vicissitudes administratives, financières et politiques du pays et de la région. La troisième correspond à une phase progressive de déclin et/ou d'arrêt des usages traditionnels amorcée dès le début du XX^e siècle et accélérée par l'arrêt définitif de la navigation, l'abandon des moulins et la déprise agro-pastorale au milieu du XX^e siècle. Le chenal principal de navigation n'est alors plus entretenu de manière régulière. Enfin, la quatrième phase est caractérisée par une réappropriation du fleuve Charente par de nouveaux usages (i.e., navigation de plaisance, activités récréatives et sportives de plein air, usages de détente) à partir de la fin du XX^e siècle. Cette phase signe un retour des pratiques d'entretien du chenal de navigation, des berges et des îles.

Les évolutions de la mosaïque fluviale sont discutées à la lumière des grandes phases d'anthropisation dans le chapitre 14. Ces évolutions sont établies d'après une analyse quantitative géomorphométrique de la plaine alluviale et de ses formes fluviales (chenaux et îles) à partir de cartes anciennes et récentes sur la période 1866-2017 présentée ci-après.

PARTIE 3

CARACTÉRISATION, ORGANISATION SPATIALE ET DYNAMIQUES D'ÉVOLUTION DU FLEUVE CHARENTE SUR LA PÉRIODE RÉCENTE

Chapitre 7. Démarche méthodologique appliquée pour analyser la dynamique de la mosaïque fluviale du fleuve Charente

1. Introduction

Ce chapitre précise la démarche méthodologique mise en œuvre afin de caractériser la dynamique de la mosaïque fluviale du fleuve Charente sur la période 1866-2017. Après une présentation de l'inventaire des documents cartographiques, il revient sur la méthode d'intégration sous SIG d'une partie de ces documents (e.g., géoréférencement, digitalisation, etc.) ainsi que sur la méthode de délimitation et de segmentation de la plaine alluviale en tronçons de mesure de 500 m de long. Enfin, l'approche quantitative basée sur la description géomorphométrique de la plaine alluviale et de son organisation est explicitée à partir de la présentation du protocole méthodologique du calcul d'une série d'indices quantitatifs aux dates étudiées et à deux objets d'étude distincts : les tronçons et les îles. Les données produites à l'échelle des tronçons ont fait l'objet d'une analyse factorielle par ACP et d'une CAH afin d'identifier les trajectoires d'évolution au sein de la mosaïque fluviale. Quant aux données établies à l'échelle des îles, elles ont été partitionnées à partir de la méthode des K-médoïdes afin de caractériser leur morphologie passée et actuelle.

2. Acquisition des données cartographiques

Au regard de la rareté des travaux antérieurs, ce travail a nécessité au préalable la constitution d'un corpus de données cartographiques inédit. L'inventaire des données s'est focalisé sur le dépouillement des Archives départementales de la Charente-Maritime et de la Charente : la série S (travaux publics), la série W (archives contemporaines), la série Fi (fonds iconographique), la série L (archives révolutionnaires 1790-1800), la série K (lois, ordonnances, arrêtés depuis 1790) et la série 1C (fleuve Charente) spécifique aux Archives départementales de la Charente.



Fig. 69 – Exemples de cartes anciennes incorporées dans l'inventaire sur le fleuve Charente.

A : Carte du cours de la Charente depuis Verteuil jusqu'à son embouchure dans la mer (anonyme, 1689 dans Sepulchre, 1989) ; B : Portion de la route au niveau du fleuve Charente à Châteauneuf-sur-Charente (Atlas de Trudaine, AN, CP/F/8500, 1745-1780) ; C : Carte de Cassini de la section aval entre Merpins et Saintes (Cassini, BnF, 1772-1777).

Cet inventaire a été complété par la consultation des fonds des Archives municipales de Saintes et de Cognac, et des fonds numérisés des Archives nationales et de la BnF. Les fonds de la cartothèque de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) ont aussi été consultés et des cartes ont été transmises par le service du Patrimoine et Inventaire de Nouvelle-Aquitaine (PINA) (fig. 69A-C). Le corpus cartographique comporte 19 représentations totales ou partielles du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes pour la période comprise entre 1600 et 2017 (fig. 70). Elles ont été réalisées à des fins de cartographie générale du territoire ou d'aménagements pour le péage ou pour l'amélioration de la navigation ou du franchissement du cours d'eau. La qualité des documents est hétérogène et diminue globalement avec l'ancienneté en raison d'une usure des documents dans le temps, d'une échelle plus petite et des techniques topographiques utilisées lors des levés.

Date	Source	Auteur	Échelle	Format	Couverture
19					
18					
17					
16					
15					
14					
13					
12					
11					
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
2017	IGN	IGN (scan25)	1:25 000	Numérique Couleur	Totale
1985-1997	IGN	IGN	1:50 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1985	IGN	IGN	1:25 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1976-1978	IGN	IGN	1:25 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1972-1976	IGN	IGN	1:50 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1959-1961	IGN	IGN	1:25 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1952	IGN	IGN	1:50 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1945-1949	*AN	Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction	1:5 000 / 1:10 000	Papier numérisé N&B	Partielle
1938-1948	IGN	IGN	1:50 000	Papier numérisé N&B	Totale
1899-1908	IGN	État-Major	1:50 000	Papier numérisé N&B	Totale
1866	IGN	État-Major (Géoportail)	1:40 000	Papier numérisé Couleur	Totale
1773	ADC	P. Trésaguet (ingénieur des Ponts et Chaussées)	?	Papier numérisé Couleur	Partielle
1772-1777	IGN	C.F. / J.D. Cassini (cartographes)	1:86 400	Papier numérisé Couleur	Totale
1747-1780	AN	D.C. Trudaine (intendant des finances - directeur des Ponts et Chaussées)	1:8 628 / 1:8 641	Papier numérisé Couleur	Anecdotique
1689	**PINA	Anonyme	?	Papier numérisé Couleur	Totale
1677-1680	BnF	P. Duval (cartographe)	20 km	Papier numérisé Couleur	Partielle
1630	BnF	G. Mercator (cartographe)	20 km	Papier numérisé Couleur	Totale
1619	BnF	J. Le Clerc (cartographe)	20 km	Papier numérisé Couleur	Totale
Années 1600	BnF	C. Chastillon (cartographe)	?	Papier numérisé N&B	Anecdotique

- Cartes topographiques IGN récentes
- Cartes d'État-Major des XIX^e et XX^e siècles
- Cartes du cours de la Charente des XVII^e et XVIII^e siècles
- Cartes à vocation générale du XVII^e siècle
- Cartes retenues pour l'analyse quantitative

* Documents transmis par les Archives départementales de la Charente
** Documents transmis par Pascale Moisdon-Pouvreau et Christine Sarrazin

ADC : Archives départementales de la Charente
AN : Archives nationales
BnF : Bibliothèque nationale de France
IGN : Institut national de l'information géographique et forestière
PINA : Patrimoine et Inventaire de Nouvelle-Aquitaine

Fig. 70 – Inventaire des données cartographiques représentant le fleuve Charente.

Ce corpus cartographique initial a été complété par des plans à plus grande échelle, inférieurs à 1:10 000, collectés lors du dépouillement des archives nationales, départementales et municipales. Il s'agit principalement de plans du XIX^e siècle réalisés par les ingénieurs de l'Administration Générale des Ponts et Chaussées. Ils ont été dressés dans l'objectif d'aménager le cours d'eau (navigation fluviale, meuneries, pêche) ou de régler un conflit entre riverains (propriété privée, usages du cours d'eau, indemnisation). Ces plans ont été incorporés à une analyse cartographique diachronique qualitative à l'échelle de sites en raison de leur valeur informative et de leur bonne qualité. Mais, ils n'ont pas été intégrés sous SIG compte tenu d'une précision géométrique insuffisante et d'une échelle trop locale.

3. Intégration des données cartographiques dans un SIG

3.1. Géoréférencement des cartes

Seules les cartes de 1866, 1899 (i.e., 1899 à 1908), 1972 (i.e., 1972 à 1976) et 2017 (SCAN 25[®] IGN) ont été intégrées dans un SIG et une base de données spatiales *PostGIS* (fig. 71) en raison de l'imprécision des cartes anciennes des XVII^e et XVIII^e siècles. Elles ont été projetées dans le système de projection cartographique EPSG : 2154, RGF93/Lambert-93 et géoréférencées à partir de la méthode de transformation Helmert sous le logiciel *Qgis 2.18.14* en prenant pour référentiel le SCAN 25[®] IGN, celui-ci étant déjà géoréférencé. Les points d'amers ont été répartis de part et d'autre du fleuve de manière homogène en utilisant les intersections des routes afin d'obtenir un géoréférencement précis. Leur nombre varie entre 35 et 70 en fonction de l'ancienneté des cartes et de ce fait de leur précision.

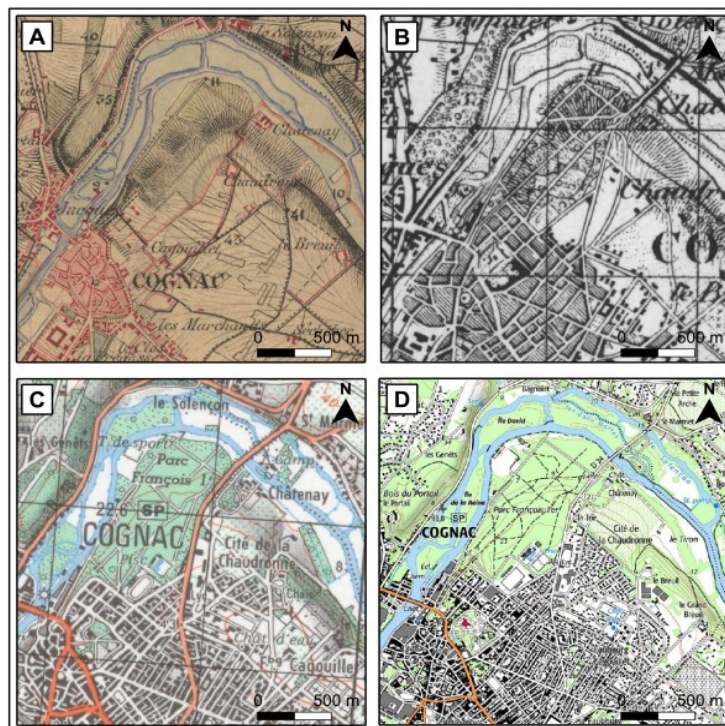


Fig. 71 – Extraits des cartes anciennes et récentes intégrées sous SIG.

A : Carte d'État-Major 1866 (IGN) ; B : Carte IGN 1899-1908 (IGN) ; C : Carte IGN 1972-1976 (IGN) ; D : SCAN 25[®] IGN 2017.

3.2. Délimitation de la plaine alluviale

La digitalisation de la plaine alluviale s'est faite sous le logiciel *Qgis* à l'échelle 1:2 500. Les limites de la plaine alluviale ont été déterminées à partir de la carte géologique réalisée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et de la consultation des données de la Banque du sous-sol (BSS) du BRGM. Ces limites ont été affinées par l'étude de la cartographie des zones inondables de la Charente-Maritime issue de l'Atlas départemental des risques d'inondation (SOGREAH, 1998).

3.3. Digitalisation des formes fluviales et des modes d'occupation du sol

À l'intérieur de la plaine alluviale, les chenaux, les îles ainsi que leur mode d'occupation du sol ont fait l'objet d'une digitalisation sous le logiciel *Qgis* pour les cartes de 1866, 1899, 1972 et 2017. La digitalisation a été réalisée à l'échelle 1:2 500 par le même opérateur afin d'éviter une hétérogénéité de l'interprétation des limites des surfaces à digitaliser. Ces dernières sont de quatre types : 1) les bancs non-végétalisés, 2) les surfaces enherbées (i.e., les prairies), 3) les surfaces boisées (i.e., ripisylve, plantations), et 4) la surface en eau (i.e., eaux vives et eaux stagnantes).

4. Segmentation de la plaine alluviale

La plaine alluviale a ensuite été subdivisée en tronçons de longueur fixe de 500 m sous le logiciel *ArcGis 10.5* suivant la méthode proposée par Alber et Piégay (2011). Cette dernière consiste à générer des polygones de Thiessen à partir de points localisés tous les 500 m le long de l'axe médian de la plaine alluviale (fig. 72A-B).

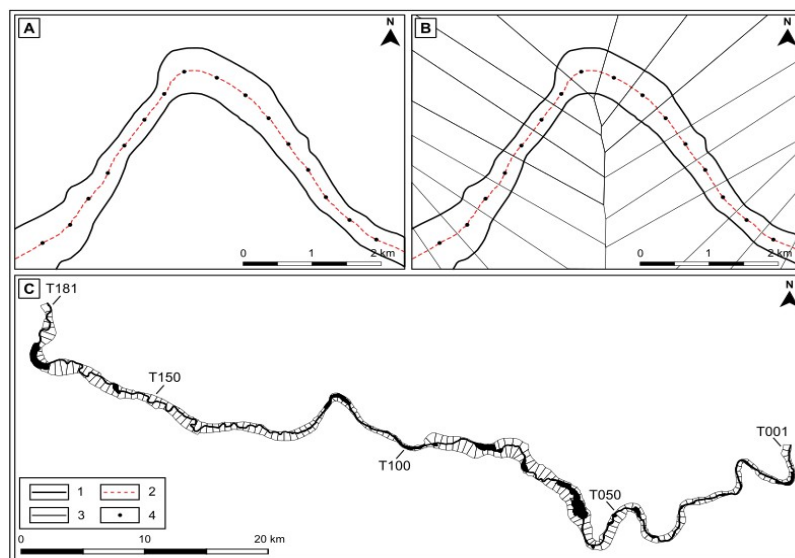


Fig. 72 – Méthode utilisée pour la segmentation de la plaine alluviale du fleuve Charente.

A : Délimitation de la plaine alluviale et génération de l'axe central de la plaine alluviale et des centroïdes des futurs tronçons ; B : Génération des polygones de Thiessen à partir de l'axe central de la plaine alluviale ; C : Génération des 181 tronçons de 500 m de long.

1. Plaine alluviale ; 2. Axe central de la plaine alluviale ; 3. Polygones de Thiessen non découpés ; 4. Centroïde des tronçons.

Si elle permet de produire des polygones perpendiculaires à l'axe médian de la plaine alluviale, cette méthode présente l'inconvénient de créer des formes hétérogènes. La taille des tronçons de mesure peut différer dans les segments non rectilignes et, par conséquent, une extrémité du polygone est plus courte que l'autre. Cependant, l'impact de cette hétérogénéité reste limité. Au total, la plaine alluviale a été subdivisée en 181 tronçons numérotés de T001 à T181 de l'amont à l'aval (fig. 72C).

5. Estimation des erreurs de mesure

Malgré la mise en place de méthodes rigoureuses pour le géoréférencement et la digitalisation, les résultats obtenus incluent une part d'incertitude qu'il convient d'évaluer (Letortu, 2013). Trois sources d'erreurs sont identifiées (fig. 73).

L'erreur brute des données est liée à la qualité intrinsèque des cartes. Elle dépend de la précision de la délimitation des objets à cartographier et de la précision de la méthode d'acquisition de ces objets. L'erreur est estimée à la taille du pixel.

La précision du géoréférencement est déterminée par l'erreur quadratique moyenne (*Root Mean Square Error* ou RMSE) et correspond à la moyenne au carré de la différence en pixels entre les coordonnées d'un point d'amer sur le document de référence et celles de ce même point d'amer sur la carte. Elle est considérée comme une valeur proche et acceptable de l'erreur de rectification (Dépret, 2014).

L'erreur de digitalisation correspond à l'incertitude maximale de localisation de la limite des formes fluviales. Cette incertitude repose sur la difficulté d'apprécier les limites elles-mêmes conditionnées par la résolution, l'échelle, la qualité des documents cartographiques et l'impression de l'opérateur (Thieler et Danforth, 1994a, 1994b ; Durand, 2000). L'erreur de digitalisation est évaluée à 1 pixel de largeur pour les cartes de bonne qualité et à 2 pixels de largeur pour les cartes de mauvaise qualité.

Erreur brute des données	+	Erreur de géoréférencement	+	Erreur de digitalisation
Qualité des cartes (résolution) Echelle des cartes (1:40 000, 1:50 000, 1:25 000)		Géoréférencement sur 35 à 70 points d'amers selon la qualité des cartes RMS Méthode Helmert		Épaisseur du trait de digitalisation de 0,26 m Opérateur et ordinateur unique Échelle de digitalisation fixée à 1:2 500
Marge d'erreur minimale ± 1,69 m		Marge d'erreur minimale ± 2,16 m		Marge d'erreur minimale ± 2,50 m
Marge d'erreur maximale ± 4,24 m		Marge d'erreur maximale ± 39,42 m		Marge d'erreur maximale ± 8,48 m
=				
Marge d'erreur globale				
Marge d'erreur globale minimale ± 5 m				
Marge d'erreur globale maximale ± 44,49 m				

Fig. 73 – Synthèse des erreurs liées à la méthode utilisée sous SIG.

L'addition de ces trois types d'erreurs permet d'estimer la marge d'erreur globale pour chaque carte intégrée dans le SIG (tab. 8). Ces valeurs constituent des seuils à partir desquels une évolution est considérée comme significative (Faye *et al.*, 2008).

Carte	Année	Référence de la carte	Taille du pixel (m)	Erreur brute des données	Erreur de géoréférencement	Erreur de digitalisation	Estimation de l'erreur globale (m)	Erreur quadratique totale (m)
Carte d'Etat-Major	1866	IGNF_Scan_Saintes	1,69	± 1,69	± 36,11	± 3,38	± 41,18	36,31
	1866	IGNF_Scan_Cognac	1,69	± 1,69	± 26,61	± 3,38	± 31,68	26,88
	1866	IGNF_Scan_Bourg-Charente	1,69	± 1,69	± 39,42	± 3,38	± 44,49	39,60
	1866	IGNF_Scan_Angouleme	1,69	± 1,69	± 24,23	± 3,38	± 29,30	24,52
Carte IGN (1899-1908)	1899	5EM161N5_50k_1899	4,23	± 4,23	± 12,60	± 8,46	± 25,29	15,76
	1908	5EM162SO_50k_1908	4,23	± 4,23	± 15,86	± 8,46	± 28,55	18,47
	1908	5EM162NO_50k_1908	4,23	± 4,23	± 15,09	± 8,46	± 27,78	17,81
	1908	5EM162SE_50k_1908	4,24	± 4,24	± 15,73	± 8,48	± 28,45	18,37
Carte IGN (1972-1976)	1973	1531_50k_1973	4,23	± 4,23	± 2,16	± 4,23	± 10,62	6,36
	1973	1532_50k_1973	4,23	± 4,23	± 3,28	± 4,23	± 11,74	6,82
	1976	1632_50k_1976	4,23	± 4,23	± 2,69	± 4,23	± 11,15	6,56
	1972	1732_50k_1972	4,23	± 4,23	± 3,61	± 4,23	± 12,07	6,99
Scan25	2017	SCAN25 Topographique L93	2,5	± 2,5	-	± 2,5	± 5	3,54

Tab. 8 – Estimation de la marge d'erreur globale liée à la méthode utilisée sous SIG.

6. Calcul des indices géomorphométriques descriptifs

Les données digitalisées aux quatre années d'étude (i.e., 1866, 1899, 1972 et 2017) ont fait l'objet d'une analyse statistique à partir du calcul d'une série d'indices géomorphométriques descriptifs de la plaine alluviale et de ses formes fluviales. Le protocole méthodologique des indices sous SIG et le traitement statistique des données géomorphométriques ont été réalisés en collaboration avec Christine Plumejeaud-Perreau (LIENSs CNRS UMR 7266) modifiant la méthode proposée par David et al. (2016) à l'échelle des tronçons fluviaux et par Grivel (2008) à l'échelle des îles fluviales ré-adaptée dans ce cas-ci à un cours d'eau à faible énergie.

6.1. Indices géomorphométriques descriptifs des tronçons fluviaux

Seize indices géomorphométriques ont été calculés à l'échelle de la plaine alluviale, des chenaux et des îles du fleuve Charente à l'échelle des tronçons de 500 m de long (fig. 74-75-76). Trois indices caractérisent la plaine alluviale : la largeur de la plaine alluviale en m (Lpa), la longueur cumulée de paléochenaux en m (Lp) et la pente en m (P) (fig. 74).

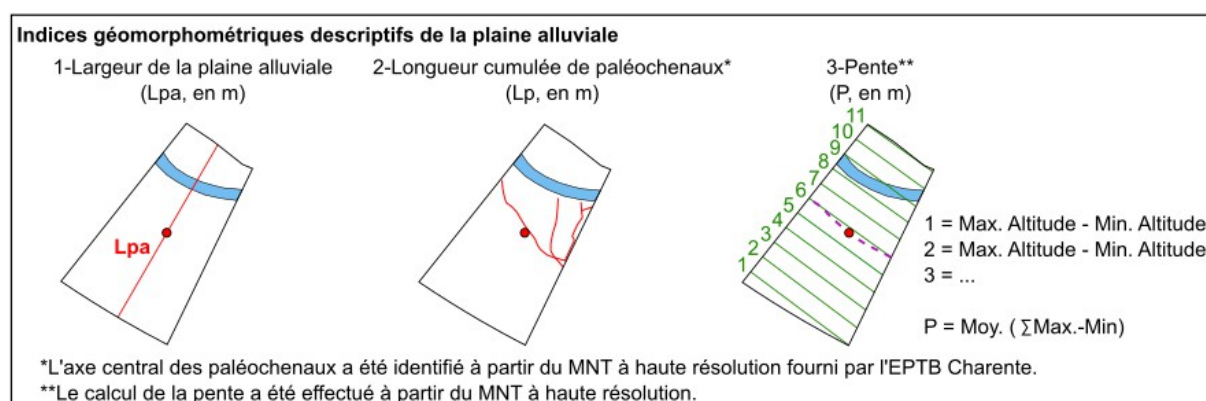


Fig. 74 – Indices géomorphométriques descriptifs de la plaine alluviale calculés à l'échelle des tronçons.

1. Axe central de la plaine alluviale ; 2. Lignes parallèles à l'axe central de la plaine alluviale ; 3. Centroides des tronçons ou des îles.

L'indice Lpa est une mesure ponctuelle. Il a nécessité 1) la génération d'un axe central de la plaine alluviale calculé par squelettisation de son enveloppe et 2) la création de transects perpendiculaires à l'axe central de la plaine alluviale passant par le centroïde des tronçons de mesure. La valeur obtenue pour chaque tronçon de mesure est identique pour les quatre dates étudiées. L'indice de longueur cumulée des paléochenaux a impliqué la digitalisation de l'axe central des paléochenaux identifié à partir du MNT LiDAR à haute résolution fourni par l'EPTB Charente. Ce dernier a fait l'objet d'un traitement afin de mieux distinguer les dépressions susceptibles de correspondre à des paléochenaux. La valeur calculée à l'échelle de chaque tronçon est identique aux quatre dates analysées. Le calcul de la pente a été effectué à partir du MNT LiDAR à haute résolution (cf. infra). La valeur obtenue a été attribuée à l'échelle du tronçon et est identique aux quatre dates étudiées.

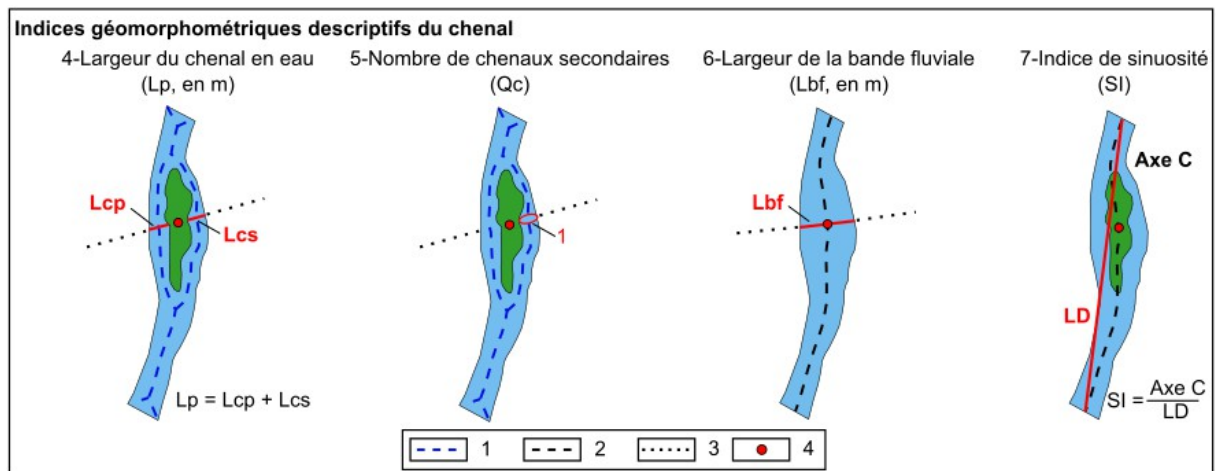


Fig. 75 – Indices géomorphométriques descriptifs du chenal calculés à l'échelle des tronçons.

1. Axe central des chenaux ; 2. Axe central du chenal ; 3. Lignes orthogonales ; 4. Centroïdes des tronçons ou des îles.

Quatre indices décrivent le chenal : la largeur du chenal en eau en m (Lc), le nombre de chenaux secondaires (Qc), la largeur de la bande fluviale en m (Lbf) et l'indice de sinuosité (SI) (fig. 75). Leur calcul repose tout d'abord sur la détermination d'un axe central des chenaux pour les indices Lc et Qc, et d'un axe central de la bande fluviale pour les indices Lbf et SI établis par squelettisation de l'enveloppe totale comprise entre les deux berges (incluant les îles) aux quatre dates d'analyse. Les centroïdes des îles ont ensuite été générés aux quatre dates analysées. Lorsque l'île est comprise dans un seul tronçon, elle est attribuée à un centroïde, à l'inverse, quand l'île est située dans plusieurs tronçons, elle est associée à plusieurs centroïdes. Enfin, le protocole a impliqué la création de lignes orthogonales perpendiculaires à l'axe central des chenaux (i.e., Lc et Qc) ou à l'axe central de la bande fluviale (i.e., Lbf et SI) intersectant le centroïde des tronçons de mesure et le ou les centroïde(s) des îles afin de garantir des mesures à des points fixes du cours d'eau aux quatre dates étudiées. Lorsque le tronçon de mesure est constitué d'une ou plusieurs îles, les valeurs acquises se rapportent à des mesures moyennées pour les indices Lc et Lbf et à des mesures ponctuelles pour les indices Qc et SI. Quand le tronçon est dépourvu d'îles, les valeurs obtenues aux quatre indices correspondent à des mesures ponctuelles.

Huit indices concernent les îles fluviales (fig. 76). Ils décrivent leur nombre, leur morphologie, leur couverture végétale et leur position par rapport à la berge : le nombre d'îles (ILE), la surface en m² (S), le périmètre en m (P), l'indice de compacité de Gravelius (Kg), la surface totale végétalisée en m² (Sv), la surface totale enherbée en m² (Se), la surface totale boisée en m² (Sb), la surface totale non végétalisée en m² (Snv) et la plus proche distance à la berge en m (D). Quand le tronçon est doté d'une seule île, les valeurs sont ponctuelles, à l'inverse, lorsque le tronçon comprend plusieurs îles les valeurs sont moyennées.

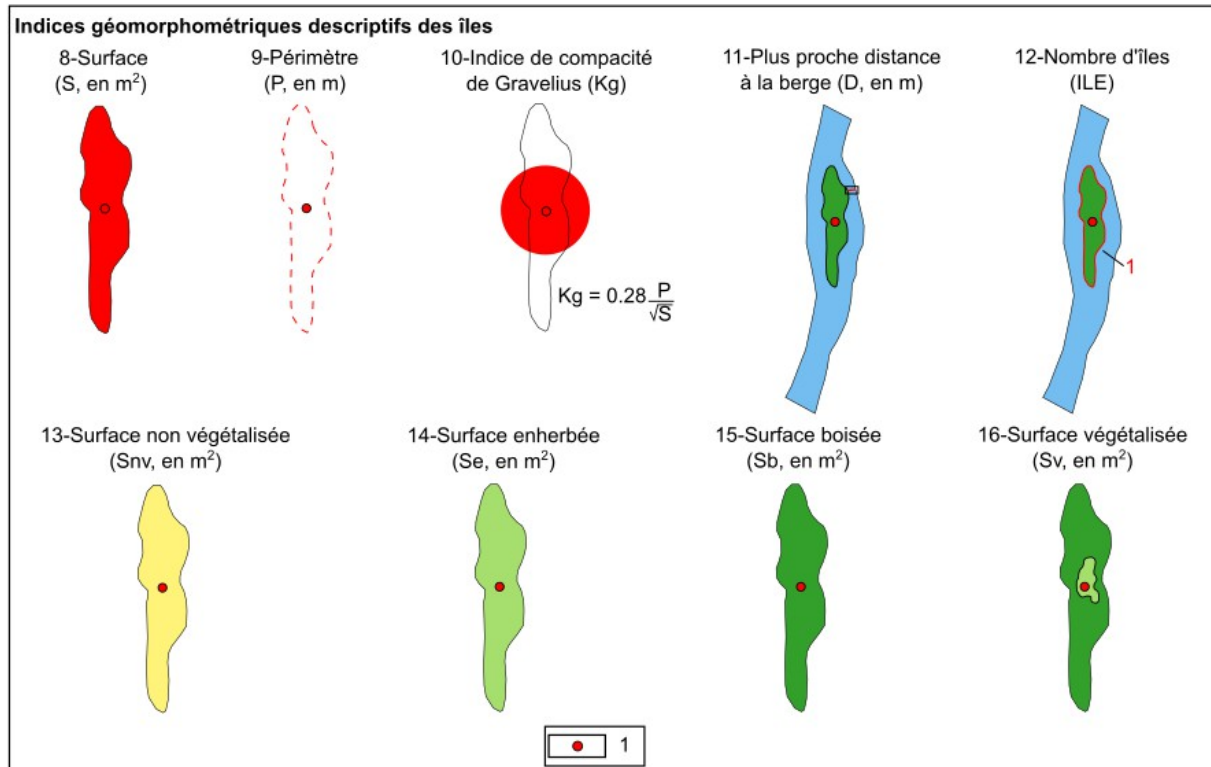


Fig. 76 – Indices géomorphométriques descriptifs des îles calculés à l'échelle des tronçons.
1. Centroïdes des tronçons ou des îles.

6.2. Indices géomorphométriques descriptifs des îles fluviales

En complément, une série d'indices est calculée à l'échelle des îles fluviales car ce sont les éléments les plus distinctifs et les dynamiques de l'anastomose. Ils sont les principaux marqueurs des évolutions de l'anastomose en réponse aux variations environnementales.

Quatorze indices ont été mesurés à l'échelle de chaque unité afin de produire une typologie statique et dynamique des îles du fleuve Charente. Cinq indices caractérisent la morphologie des îles : la surface (S, en m²), le périmètre (P, en m), la longueur maximum (L, en m), la largeur maximum (l, en m) et l'indice de compacité de Gravelius (Kg) (fig. 77).

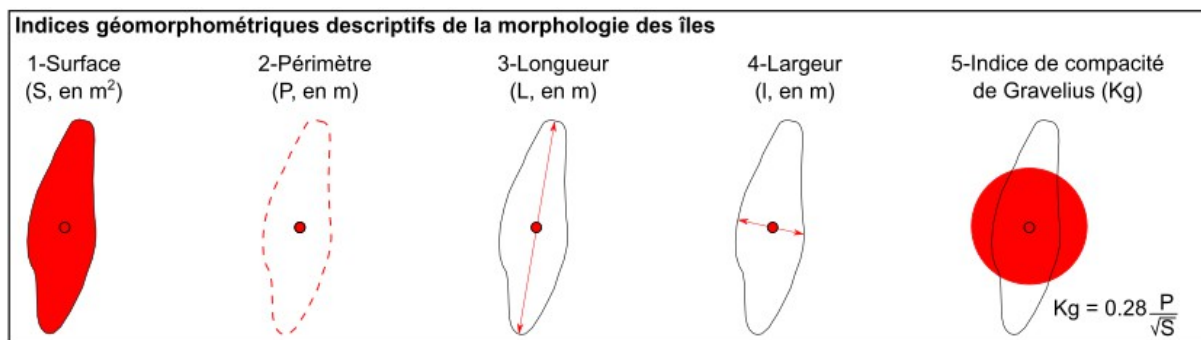


Fig. 77 – Indices géomorphométriques descriptifs de la morphologie des îles.

Quatre indices renseignent la mobilité des îles : le taux de croissance (Txc, en %), la surface érodée (Sero, en m²), la surface gagnée (Sg, en m²) et le déplacement du centroïde (Dc, en m) (fig. 78).

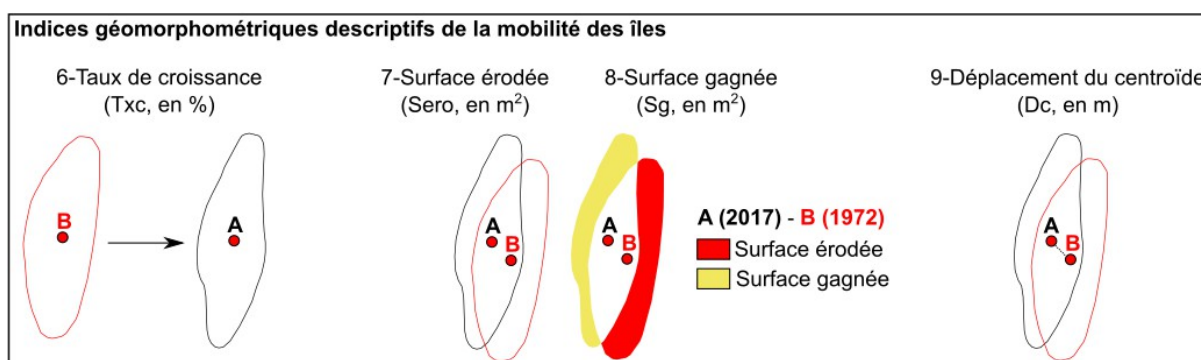


Fig. 78 – Indices géomorphométriques descriptifs de la mobilité des îles.

Quatre indices décrivent la couverture végétale des îles (fig. 78). Un autre renseigne leur position par rapport à la berge (D, en m) (fig. 79).

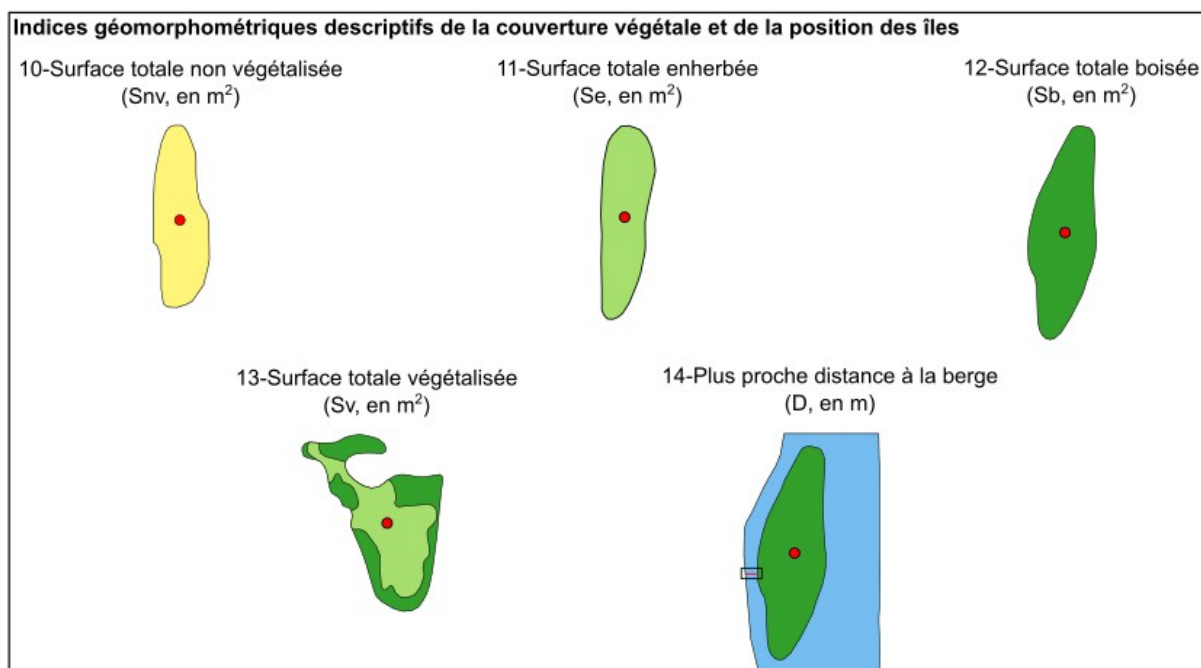


Fig. 79 – Indices géomorphométriques descriptifs de la végétation et de la position des îles.

7. Calcul de paramètres hydrogéomorphologiques

Cette partie du travail propose une estimation de la puissance spécifique du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes adaptée de la méthode proposée par Prakash et Kumar (2018). La puissance spécifique est un élément significatif pour expliquer la stabilité et/ou l'évolution de la dynamique de la mosaïque fluviale du fleuve Charente (Duquesne *et al.*, 2020). La section étudiée a été étendue vers l'amont jusqu'à Vindelle en raison de l'absence de station hydrologique à Angoulême.

7.1. Calcul de la pente

La pente a été calculée à l'échelle des tronçons de 500 m de longueur à partir du logiciel *Qgis* et de la base de données spatiale *PostGis* au moyen du MNT LiDAR à haute résolution fourni par l'EPTB Charente (fig. 80A). Le protocole méthodologique s'appuie sur la création de dix lignes par tronçon de mesure parallèles à l'axe central de la plaine alluviale. Ces lignes sont constituées chacune de dix points. Les valeurs d'altitude pour chacun des points sont récupérées. Le delta de chacune des dix lignes de chaque tronçon est ensuite calculé par soustraction de la valeur minimale à la valeur maximale d'altitude. Les valeurs des dix deltas sont finalement moyennées pour chaque tronçon.

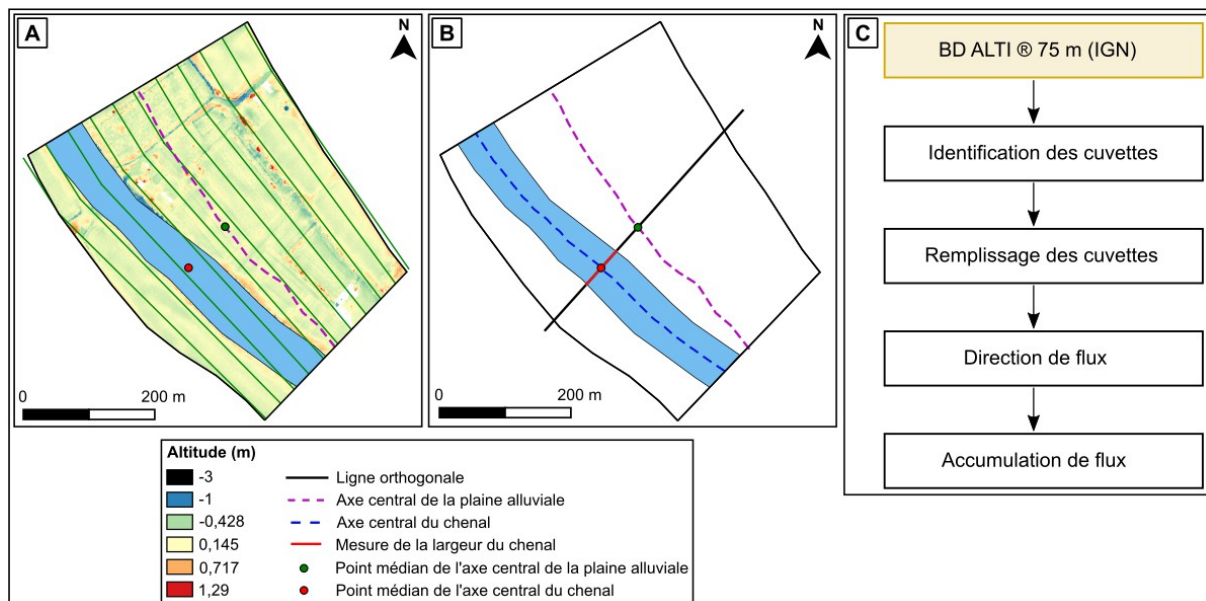


Fig. 80 – Procédure méthodologique appliquée pour le calcul de la puissance spécifique.

A : Calcul de la pente sous *Qgis* ; B : Mesure de la largeur du chenal sous *Qgis* ; C : Procédure méthodologique sous *ArcGis* avec les outils Hydrologie.

7.2. Calcul de la largeur du chenal

La largeur des chenaux a été mesurée sous le logiciel *Qgis* (fig. 80B). Elle repose sur 1) la détermination d'un axe central de la plaine alluviale par squelettisation de son enveloppe ; 2) la génération de points médians tous les 500 m le long de l'axe central de la plaine alluviale ; 3) la création de transects perpendiculaires à l'axe médian de la plaine alluviale pas-

sant par les points médians des tronçons coupant l'axe central du fleuve ; et enfin 4) la mesure de la largeur des chenaux à l'aide des outils de Géométrie.

7.3. Calcul de la surface d'écoulement et estimation du débit

La surface d'écoulement (m^2 convertie en km^2) et le débit à pleins bords (m^3) ont été estimés à l'aide du jeu d'outils Hydrologie du logiciel *ArcGis* à partir la BD ALTI® 75 m de l'IGN. L'ensemble de la méthode est résumée dans la Figure n°80C.

7.4. Calcul de la puissance spécifique

La puissance spécifique représente la capacité de travail d'un cours d'eau (Gregory, 1987). Elle a été calculée à l'échelle du tronçon et à l'échelle des chenaux. Lorsque le tronçon présente un style à chenal unique, la valeur est ponctuelle, à l'inverse, lorsqu'il s'agit d'un tronçon à chenaux multiples, la valeur est moyennée. Exprimée en $W.m^{-2}$, la puissance spécifique est déterminée à partir de la formule suivante (Bagnold, 1960, 1977) :

$$\omega = (p g Q S) / W$$

où Q le débit ($m^3.s^{-1}$), w la largeur du chenal (m), S la pente longitudinale ($m.m^{-1}$), p la masse volumique de l'eau ($1000 kg.m^{-3}$) = $1000 kg.m^{-3}$; g l'accélération de la pesanteur ($9,81 m.s^{-2}$).

8. Traitements statistiques

8.1. Traitement des données géomorphométriques des tronçons fluviaux

8.1.1. Analyse en Composante Principale

Les données de niveau 3 (étude des évolutions temporelles multivariées et multi-individus) sont ici structurées par des tableaux de données ternaires $X_{i,j,k}$ (un cube de données). Ils croisent des objets I (les 181 tronçons fluviaux) sur lesquels des variables J (les 16 indices descriptifs) ont été mesurées ou renseignées aux différentes dates K (4 dates : 1866, 1899, 1972 et 2017). L'analyse de ces cubes de données est complexe mais l'Analyse en Composantes Principales (ACP) peut être envisagée comme une stratégie d'analyse (Pernin, 1986). Deux modalités simples peuvent être proposées pour la prise en compte de la dimension temporelle : l'analyse par dates séparées et l'analyse mélangée par dates (Tillard, 1996). Seule une modalité de l'analyse par dates séparées est présentée dans le cadre de ce travail. D'autres méthodes statistiques plus complexes peuvent alors être développées. En raison de sa simplicité, cette méthode a par ailleurs été préférée à des méthodes factorielles plus complexes comme l'Analyse factorielle multiple mixte (AFMmix) (David *et al.*, 2016).

8.1.2. Classification Ascendante Hiérarchique

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a pour objectif d'élaborer une typologie des tronçons fluviaux. Elle recherche à minimiser la variabilité intra-classe et à maximiser la

variabilité inter-classe. La CAH a été réalisée sous le logiciel *R* à l'aide du package Cluster en utilisant la distance euclidienne entre les individus et la méthode d'agrégation de Ward.

8.1.3. Segmentation de la plaine alluviale en unités homogènes

Les trois classes générées à partir des quatre jeux de données sont considérées comme identiques aux quatre dates. Les séries de données (i.e., 1866, 1899, 1972 et 2017) ont fait l'objet d'une détection automatique de ruptures dans la moyenne sous le logiciel *R* à l'aide du package Changepoint (Killick et Eckley, 2014) à partir de l'algorithme *Neighborhood* (Sambridge, 1999). Cette méthode statistique a permis de segmenter la plaine alluviale en unités homogènes d'un point de vue morphologique.

8.1.4. Autres méthodes de partitionnement

La méthode de partitionnement des *K*-moyennes a été proposée afin de valider les résultats obtenus par l'ACP et la CAH. Cette méthode a pour objectif de réaliser une partition en *K* classes de tronçons à partir de la population totale des 724 tronçons, décrite par douze variables quantitatives aux quatre dates étudiées (1866, 1899, 1972 et 2017). Les indices liés à la végétation n'ont ici pas été pris en compte car ils ont été jugés non significatifs. Le partitionnement s'effectue autour de la moyenne d'un tronçon par groupe. Le nombre optimal de classes *K* est supposé connu et a été attribué à trois classes. Il est défini à partir des packages factoextra et NbClust (Charrad *et al.*, 2014) qui s'appuie sur la méthode statistique Elbow. Les *K*-moyennes sont calculées sous le logiciel *R* (package Cluster). L'algorithme affecte les individus en fonction de la distance entre un individu et chaque centre de classe et il l'attribue au final à la classe dont il est le plus semblable. Les résultats obtenus sont similaires aux résultats de l'ACP et de la CAH et ne sont pas présentés.

8.2. Traitement des données géomorphométriques sur les îles

8.2.1. Segmentation du linéaire par méthode linéaire

Une segmentation du linéaire fluvial de la Charente a été produite à partir d'une méthode linéaire à partir des valeurs cumulées de la surface des îles (cf. chapitre 9). La variable « surface » a été jugée la plus déterminante pour établir un découpage en zones homogènes.

8.2.2. Typologie morphologique des îles par méthode des *K*-médoides

Une typologie morphologique des îles du fleuve Charente a été produite à partir de la méthode des *K*-médoides sous le logiciel *R*. Cette méthode permet de construire une partition en *K* classes d'îles à partir de la population totale des 395 îles, décrite par trois variables quantitatives (surface, longueur maximum et largeur maximum) aux quatre dates étudiées. L'objectif est de regrouper les îles les plus homogènes dans une même classe (homogénéité intra-classe) alors que les classes sont quant à elles les plus dissemblables possibles (hétérogénéité inter-classe). Le partitionnement s'effectue autour d'une île médiane par groupe ap-

pelée ici médoïde. Le nombre optimal de classes K est supposé connu. Il est déterminé par la méthode statistique Elbow à partir des packages factoextra et NbClust (Charrad *et al.*, 2014). Cinq classes ont été retenues afin d'obtenir un effectif suffisant au sein de chacune d'entre elles et d'appliquer cette classification aux quatre jeux de données (fig. 81).

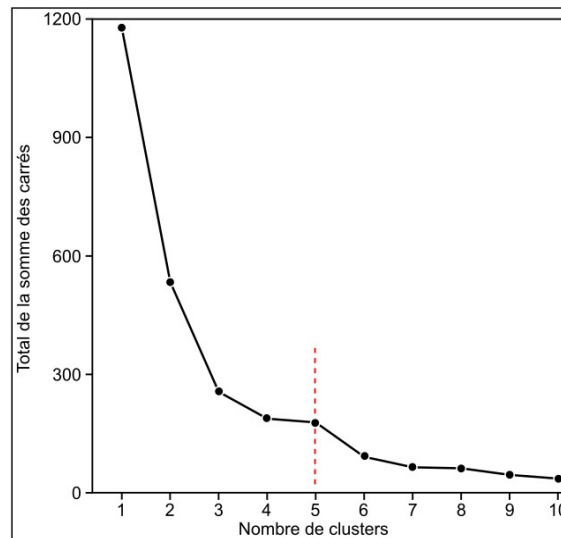


Fig. 81 – Définition du nombre de classes optimales avec la méthode Elbow.

Les K-médoïdes sont calculés à partir de l'algorithme Partitioning Around Medoids (PAM) (Kaufman et Rousseeuw, 1987, 1990) sous *R* (package Cluster). À partir de cinq médoïdes (i.e., îles) tirés au hasard qu'il considère comme les centres de classes, l'algorithme affecte les individus en fonction de la distance entre un individu et chaque centre de classe et il l'attribue au final à la classe dont il est le plus semblable (fig. 82). La méthode des K-médoïdes a été ici privilégiée à la méthode des K-means car elle est plus robuste et moins sensible aux individus aberrants.

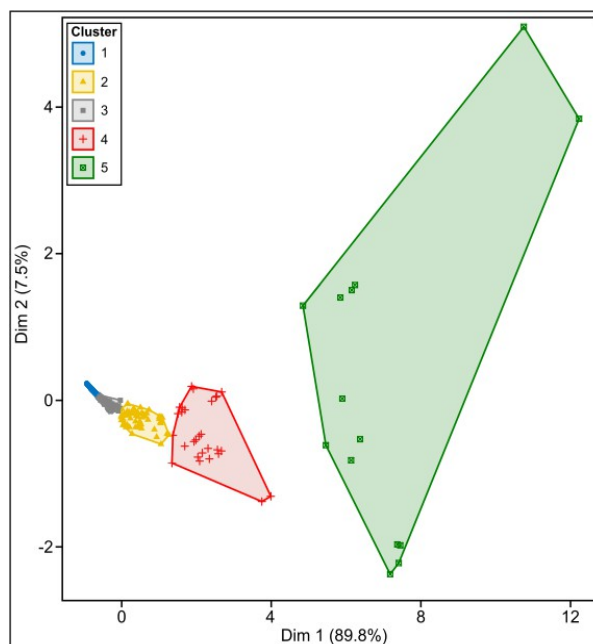


Fig. 82 – Visualisation de la partition en K classes d'îles.

Chapitre 8. Évolution de la mosaïque fluviale du fleuve Charente au cours de la période 1866-2017 : caractérisation, typologie dynamique et trajectoires d'évolution

1. Introduction

Ce chapitre expose les résultats de l'analyse quantitative descriptive de la géomorphométrie de la plaine alluviale du fleuve Charente et de son organisation au cours de la période 1866-2017 à partir des cartes anciennes et récentes. Ce travail a donné lieu à une publication spécifique dans la revue *Géomorphologie : relief, processus et environnement* (Duchesne *et al.*, 2020). Il répond à trois objectifs principaux. Le premier cherche à quantifier l'évolution globale des formes fluviales du fleuve Charente en particulier l'évolution planimétrique des chenaux sur la période 1866-2017, les îles seront étudiées dans le détail dans le chapitre 9. Le deuxième objectif vise à déterminer une typologie dynamique des formes fluviales du fleuve Charente à partir des données statistiques diachroniques (ACP/CAH). Cette typologie permet de proposer un découpage de la plaine alluviale en zones homogènes, d'analyser l'évolution spatiale globale et longitudinale des formes fluviales et d'établir des modèles de trajectoire d'évolution à l'échelle du linéaire et des zones homogènes. Le dernier objectif propose une analyse qualitative des formes fluviales et de leur évolution à partir de cartes anciennes de la fin des XVII^e et XVIII^e siècles afin de corroborer à plus long terme les tendances évolutives des XIX^e et XX^e siècles.

2. Évolution globale des formes fluviales du fleuve Charente sur la période 1866-2017

2.1. Évolution planimétrique globale des chenaux

2.1.1. Évolution inter-période de l'indice de sinuosité

L'indice de sinuosité est resté stable au cours de la période d'analyse avec une valeur moyenne de 1,06 aux quatre dates étudiées (tab. 9). Le fleuve Charente fait partie de la catégorie des cours d'eau sinueux dont l'indice de sinuosité est défini entre 1,05 et 1,25. Toutefois, les valeurs sont très irrégulières et peuvent varier fortement d'un tronçon à l'autre.

Indice de sinuosité	1866-1899	1899-1972	1972-2017	1866-2017
Minimum	0,97	0,96	0,97	0,95
Maximum	1,84	1,64	1,82	1,81
Moyenne	1,06	1,06	1,06	1,06
Médiane	1,03	1,03	1,02	1,02
Écart type	0,11	0,10	0,11	0,12

Tab. 9 – Statistiques de l'indice de sinuosité à l'échelle du linéaire aux quatre dates d'analyse.

2.1.2. Évolution inter-période de la largeur de la bande fluviale

L'analyse des données statistiques fait ressortir trois évolutions majeures à l'échelle globale de l'indice de largeur de la bande fluviale au cours de la période d'analyse (tab. 10 et fig. 83A-B). La première rend compte d'une phase d'élargissement modérée de la bande fluviale entre 1866 et 1899 (fig. 83A), en moyenne de 11 %. La deuxième indique une phase de contraction très accentuée avec une perte moyenne de -24 % entre 1899 et 1972. La largeur médiane diminue de 93,7 m en 1899 à 60,7 m en 1972 (fig. 83B). Enfin, la troisième évolution démontre une nouvelle période d'élargissement plus marquée de la bande fluviale de 39 % entre 1972 et 2017 (tab. 9 et fig. 83A). La largeur médiane atteint alors 76 m en 2017.

Largeur de la bande fluviale (en m)	1866-1899	1899-1972	1972-2017	1866-2017
Taux d'évolution par période (en %)	+11	-24	+39	+8
Taux d'évolution par an (en %)	+0,3	-0,3	+0,9	+0,05

Tab. 10 – Taux d'évolution de l'indice de la largeur de la bande fluviale.
Il est établi à partir des valeurs moyennes.

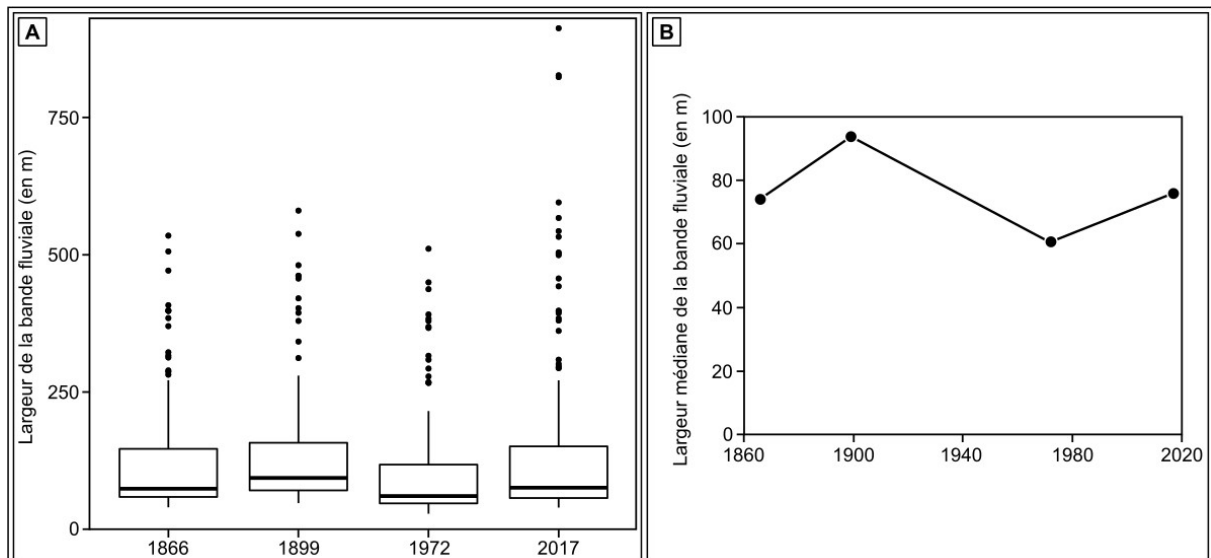


Fig. 83 – Évolution de l'indice de la largeur de la bande fluviale aux quatre dates d'analyse.

A : Boxplot de la largeur de la bande fluviale ; B : Évolution de la largeur médiane de la bande fluviale .

2.1.3. Évolution inter-période de la largeur du chenal en eau

Les données statistiques mettent en évidence trois évolutions significatives de la largeur du chenal en eau à l'échelle du linéaire sur la période d'étude (tab. 11 et fig. 84A-B). La première traduit un élargissement du chenal entre 1866 et 1899, en moyenne de 26 %, à un rythme annuel moyen de 0,8 % (tab. 11). La largeur médiane évolue ainsi de 75,2 m en 1866 à 94,6 m en 1899 (fig. 84B). La deuxième démontre une réduction assez marquée de la largeur du chenal entre 1899 et 1972 (fig. 84A), en moyenne de -40 %. La largeur médiane baisse drastiquement à 53,7 m. Enfin, la troisième évolution témoigne d'une nouvelle phase d'élargissement du chenal entre 1972 et 2017 (fig. 84A), avec une augmentation en moyenne de 11 %. La largeur médiane remonte alors à 66,3 m (fig. 84B).

Largeur du chenal en eau (en m)	1866-1899	1899-1972	1972-2017	1866-2017
Taux d'évolution par période (en %)	+26	-40	+11	-16
Taux d'évolution par an (en %)	+0,8	-0,6	+0,3	-0,1

Tab. 11 – Taux d'évolution de l'indice de la largeur du chenal en eau.
Il est établi à partir des valeurs moyennes.

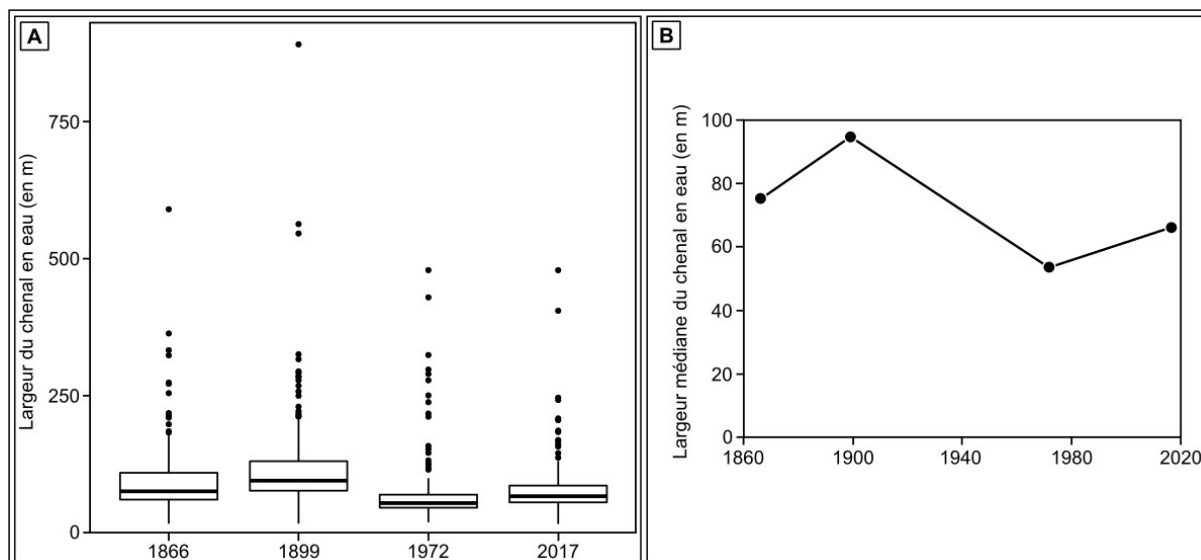


Fig. 84 – Évolution de l'indice de la largeur du chenal en eau aux quatre dates d'analyse.

A : Boxplot de la largeur du chenal en eau aux quatre dates étudiées ; B : Évolution de la largeur médiane du chenal en eau aux quatre dates analysées.

2.1.4. Évolution inter-période du nombre de chenaux

Les données acquises démontrent une augmentation du nombre de tronçons à chenaux multiples à l'échelle du fleuve Charente sur la période d'étude (48 à 51 %) (fig. 85A). Mais elle touche particulièrement les tronçons dotés d'un seul bras secondaire (fig. 85B).

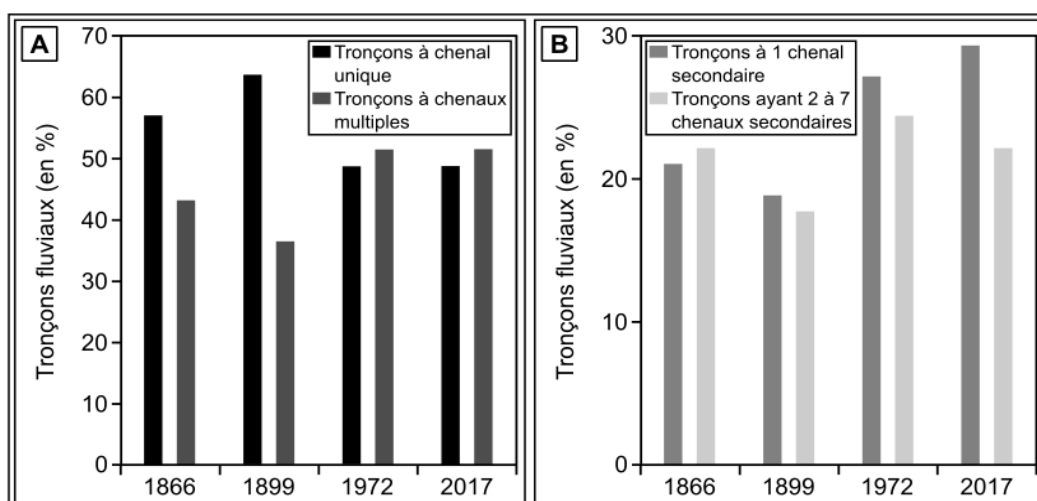


Fig. 85 – Évolution de l'indice du nombre de chenaux secondaires aux quatre dates d'analyse.

A : Répartition des tronçons à chenal unique et à chenaux multiples ; B : Répartition des tronçons à chenaux multiples selon le nombre de chenaux secondaires.

Ces données montrent également une évolution inter-période contrastée. La période entre 1866 et 1899 est caractérisée par une augmentation du nombre de tronçons à chenal unique de 57 % en 1866 à 64 % en 1899 (fig. 85A). Cette évolution suggère un processus de simplification de la mosaïque fluviale par réduction du nombre de chenaux et simultanément par diminution du nombre d'îles (fig. 87C). La deuxième période entre 1899 et 1972 se singularise par une hausse du nombre de tronçons multi-chenaux de 36 % en 1899 à 51 % en 1972 en liaison avec l'augmentation du nombre d'îles (fig. 87C). Ce sont toutefois principalement des tronçons à un bras secondaire qui apparaissent sur le linéaire (fig. 85B). Enfin, la troisième période entre 1972 et 2017 connaît une stabilité apparente du nombre de tronçons à chenal unique et à chenaux multiples (fig. 85A). Les tronçons multi-chenaux entre deux et sept bras secondaires réduisent de 24 % en 1972 à 22 % en 2017, à l'inverse, les tronçons à un bras secondaire augmentent de 27 % en 1972 à 29 % en 2017 (fig. 85B). Cela souligne une tendance à la simplification de la structure fluviale.

2.2. Évolution planimétrique globale des îles

Le nombre, la taille, la forme et la position des îles sont très hétérogènes au cours de la période d'étude (fig. 86A-B et 87A-C). Les premiers résultats issus de ce travail mettent en évidence l'importance des îles au sein d'un cours d'eau à faible énergie marqué sur une partie de son linéaire par un style anastomosé. Les îles sont les éléments les plus sensibles à la variabilité environnementale tant anthropique que climatique dans un système à faible énergie.

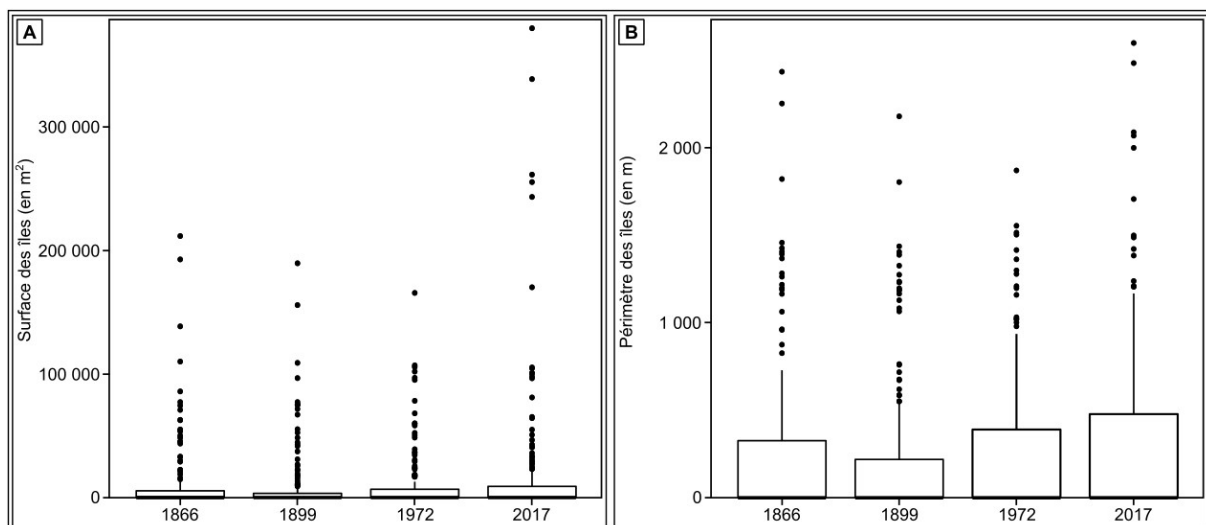


Fig. 86 – Évolution des indices descriptifs des îles aux quatre dates d'analyse.

A : Boxplot de la surface des îles aux quatre dates étudiées ; B : Boxplot du périmètre des îles aux quatre dates analysées.

Ce constat a incité la mise en œuvre d'une analyse géomorphométrique réalisée à l'échelle même des îles fluviales (cf. chapitre 9) afin de proposer une description de leur morphologie et d'analyser leur trajectoire d'évolution. Quelques données statistiques sont toutefois présentées afin de les mettre en liaison avec les résultats liés à l'évolution planimétrique des chenaux. Ces données sont néanmoins considérées comme moins pertinentes en

raison de la méthode employée pour le calcul des indices des îles (i.e., calcul de moyennes à l'échelle des tronçons fluviaux).

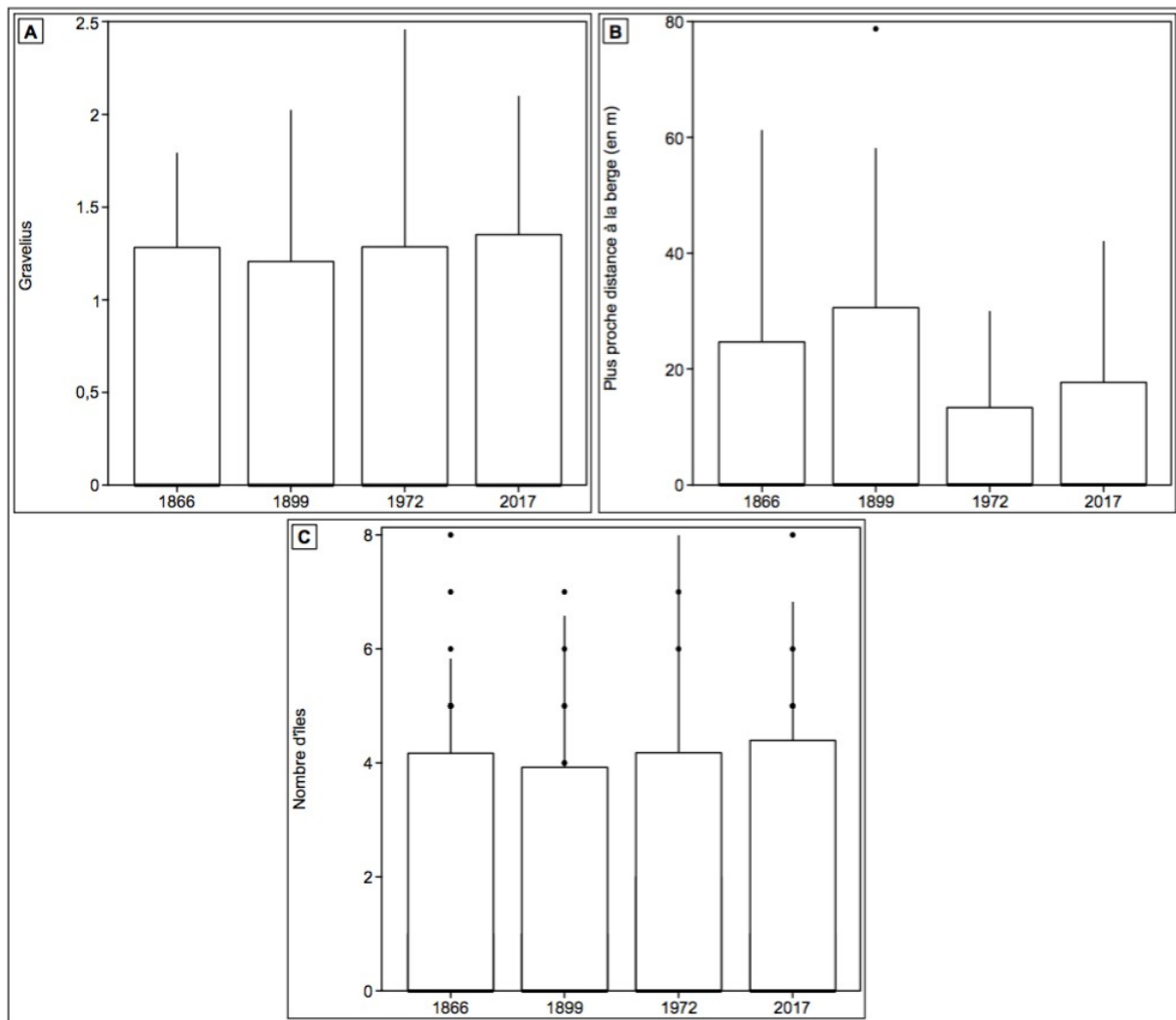


Fig. 87 – Évolution des indices descriptifs des îles aux quatre dates d'analyse.

A : Boxplot de l'indice de compacité de Gravelius aux quatre dates étudiées ; B : Boxplot de la plus proche distance à la berge aux quatre dates analysées ; C : Boxplot du nombre d'îles aux quatre dates d'analyse.

3. Typologie dynamique des formes fluviales du fleuve Charente sur la période 1866-2017

3.1. Analyse des résultats statistiques

3.1.1. Analyse en Composante Principale

À partir des quatre tableaux de données $X_{i,k}$, l'Analyse en Composante Principale (ACP) permet de mettre en évidence les similarités des objets I (i.e., les tronçons fluviaux) à partir des différentes variables J (i.e., les seize indices descriptifs) à chaque date K (i.e., 1866, 1899, 1972 et 2017). Les ellipses et les centres de gravité des classes sont projetés sur un plan factoriel (Faye *et al.*, 1991). Les résultats de l'ACP sont analysés à l'aide du cercle de corrélation

des variables et de la projection des individus sur les deux premiers axes factoriels aux quatre dates étudiées (fig. 88A-D et 89A-D). La structure des données évolue peu entre les dates ce qui rend cette méthode graphique acceptable (i.e., quasi-stationnarité, Casin *et al.*, 2011).

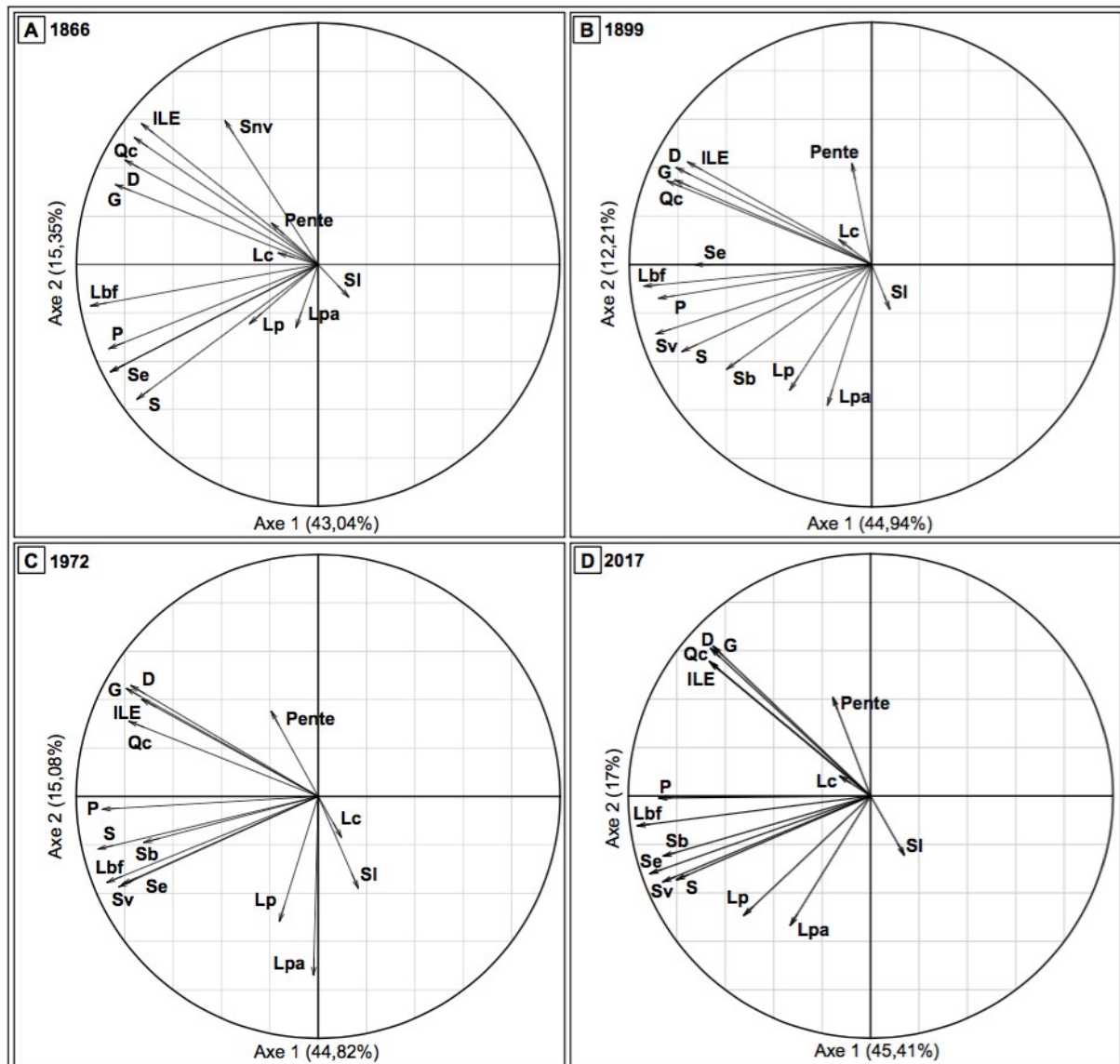


Fig. 88 – Cercle de corrélation des variables aux quatre dates d’analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

3.1.2. Classification Ascendante Hiérarchique

Les résultats de l’ACP ont été traités par Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin de déterminer une typologie dynamique des tronçons fluviaux. Trois classes ont finalement été identifiées en vue d’obtenir un effectif suffisant dans chacune d’entre elles et d’appliquer cette classification pour chaque date étudiée.

Les tronçons fluviaux de la classe 1 se distinguent par une anastomose simple développée au sein d’une plaine alluviale étroite. Elle est structurée par un à trois chenaux secondaires

délimitant des îles végétalisées. Les îles sont soit de petite dimension et de forme lenticulaire soit de dimension moyenne et de forme plus arrondie ou plus allongée.

La classe 2 correspond aux tronçons fluviaux à chenal unique sinueux à méandriforme. Ils sont caractérisés par un chenal assez large inscrit dans une plaine alluviale peu étendue.

Les tronçons fluviaux de la classe 3 sont associés à une structure fluviale anastomosée. Ce type de tronçons présente des îles végétalisées de grande dimension, très larges, de forme allongée et proches de la berge, développées au sein d'une plaine alluviale très étendue. La plaine alluviale et les îles sont parcourues par un réseau de multiples paléo-chenaux parfois très longs. La bande fluviale est relativement large et le nombre de chenaux secondaires est réduit.

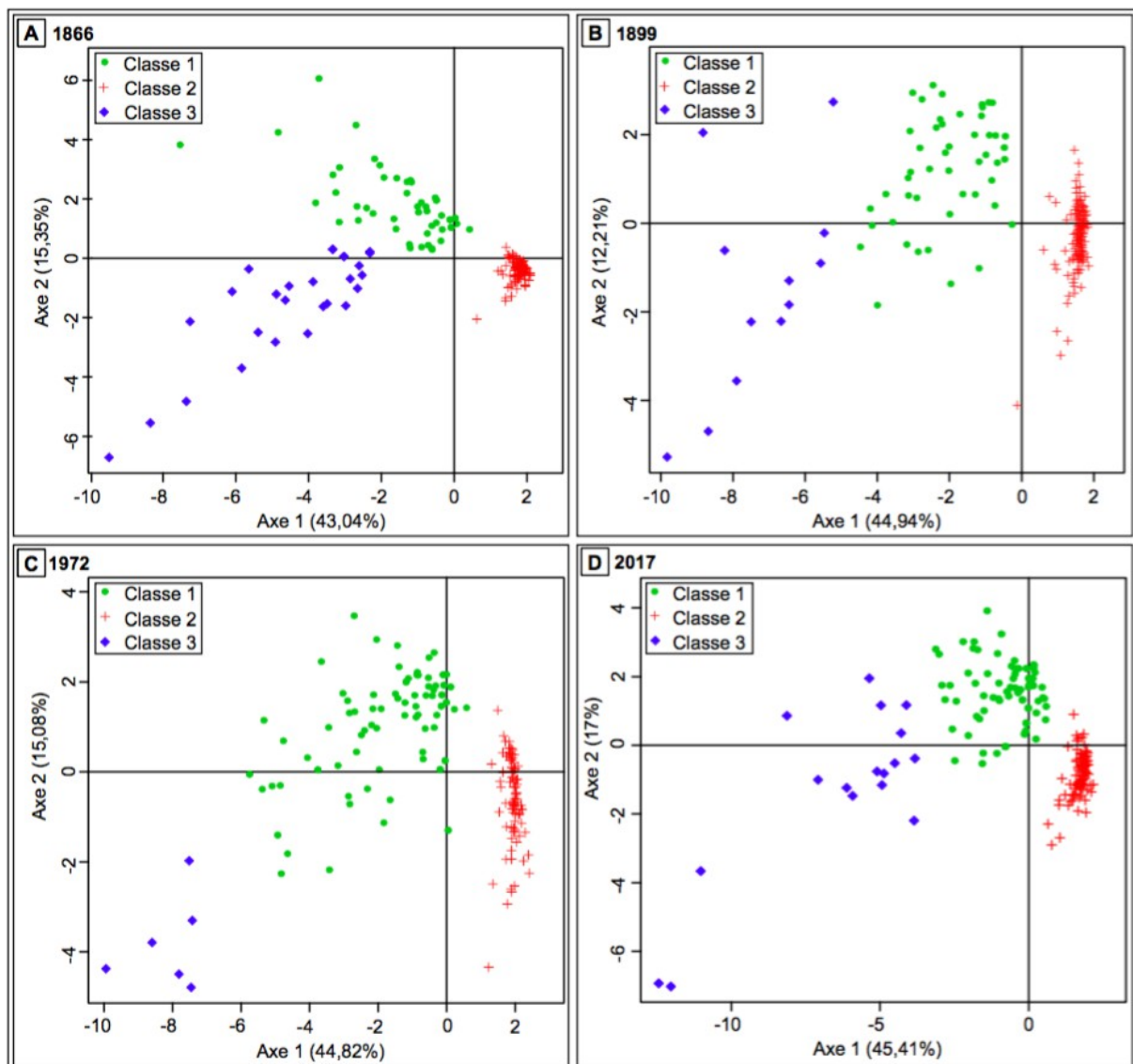


Fig. 89 – Projection des individus sur les deux premiers axes factoriels aux quatre dates d'analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

3.2. Segmentation de la plaine alluviale en unités homogènes

La plaine alluviale a été segmentée en unités homogènes aux quatre dates par détection de ruptures spatiales, une pour chaque date d'analyse (fig. 90A-D). Les dates les plus récentes (i.e., 1972 et 2017) présentent une structure d'organisation très proche, ce qui atteste d'une faible évolution au cours de cette période pourtant marquée par deux crues majeures (fig. 90C, D). Pour les dates les plus anciennes (i.e., 1866 et 1899), seule la partie centrale du tracé montre des différences significatives (fig. 90A, B). De ce fait, les segmentations en unités homogènes peuvent être considérées comme stables dans le temps. Une seule segmentation a donc été déterminée à partir des quatre segmentations générées et sur une base qualitative pour ajuster les limites des zones afin de faciliter le travail d'analyse. Le linéaire a par conséquent été découpé en quatre zones d'homogénéité relative : 1) la zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente (tronçon 1 à 63, 63 tronçons) ; 2) la zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente (tronçon 64 à 96, 33 tronçons) ; 3) la zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins (tronçon 97 à 125, 29 tronçons) et 4) la zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes (tronçon 126 à 181, 56 tronçons).

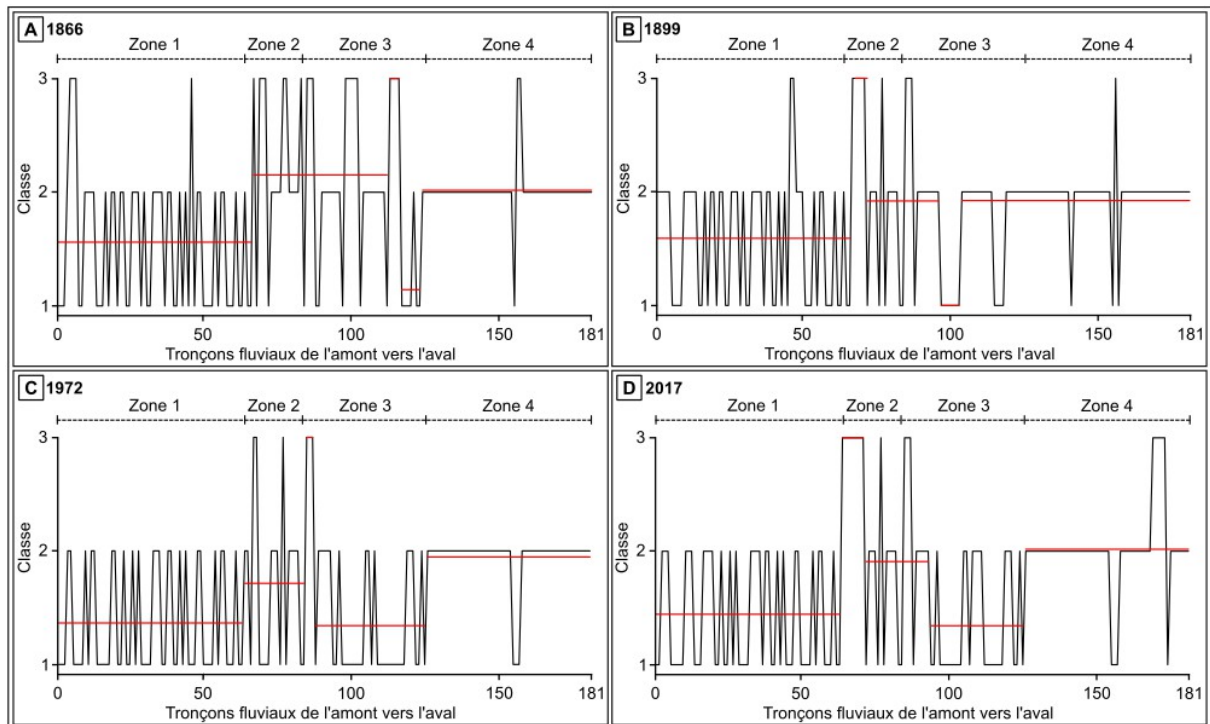


Fig. 90 – Segmentation de la plaine alluviale du fleuve Charente par détection automatique de ruptures spatiales aux quatre dates d'analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

3.3. Analyse spatiale de la typologie dynamique des formes fluviales

3.3.1. Analyse spatiale globale

La répartition des classes montre une prédominance des tronçons fluviaux de classe 2 sur la période 1866-2017 (fig. 91A-D). Ils connaissent une légère augmentation entre 1866 et

1899 (108 à 120 tronçons), une nette diminution entre 1899 et 1972 (120 à 98), et une relative stabilité entre 1972 et 2017 (98 à 95). L'augmentation des tronçons fluviaux de classe 2 en 1899 s'accompagne d'une diminution de moitié des tronçons de classe 3 (12) et d'une stabilisation des tronçons de classe 1 (49) (fig. 91B). Entre 1899 et 1972, les tronçons fluviaux de classe 1 subissent une forte progression (77) alors que ceux de classe 3 sont peu représentés sur l'ensemble du linéaire (6) (fig. 90B, C). Ces derniers connaissent toutefois une légère augmentation (18) en 2017 (fig. 91D).

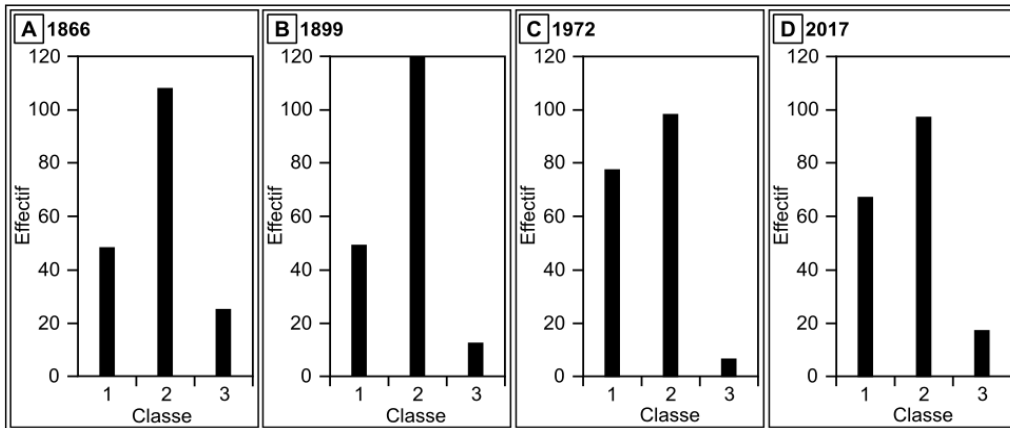


Fig. 91 – Répartition des classes de la typologie dynamique à l'échelle du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

À partir de ces résultats, quatre trajectoires d'évolution significatives sont observées à l'échelle du fleuve Charente (fig. 92A-C).

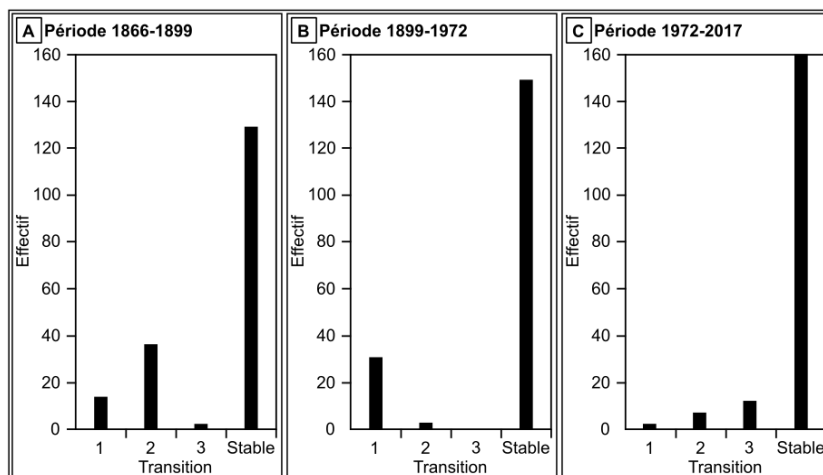


Fig. 92 – Évolution inter-période des classes de la typologie dynamique à l'échelle du fleuve Charente.

A : période 1866-1899 ; B : période 1899-1972 ; C : période 1972-2017.

La première tend à démontrer une stabilité globale des formes fluviales sur la période d'étude mise en évidence par l'augmentation progressive du nombre de tronçons fluviaux stables, de 129 en 1866 à 160 en 2017. La deuxième rend compte d'un processus de simplification de la mosaïque fluviale par réduction du nombre de chenaux et d'îles très accentué entre 1866 et 1899 (fig. 92A) et maintenu entre 1899 et 2017. La troisième évolution montre

à l'échelle locale une complexification de la mosaïque fluviale à travers l'évolution de 30 tronçons (dont 24 de classe 2) vers la classe 1 entre 1899 et 1972 attribuée à la formation d'îles nouvelles (fig. 92B). Ce processus est également observé entre 1972 et 2017 mais il se traduit par la transformation de tronçons à chenal unique (7) vers des tronçons multi-chenaux de la classe 3 (fig. 92C). Cette évolution est attribuée au détachement de fragments de la plaine alluviale suite à l'aménagement de nouveaux chenaux d'origine anthropique.

3.3.2. Analyse spatiale à l'échelle des zones homogènes

La spatialisation des résultats de la typologie dynamique montre que les quatre zones homogènes font l'objet d'une trajectoire d'évolution spécifique. Chacune d'entre elles est ainsi marquée par la présence ou l'absence d'une ou plusieurs classes de la typologie dynamique (fig. 93A-D). Une cartographie de la typologie a également été produite (fig. 94).

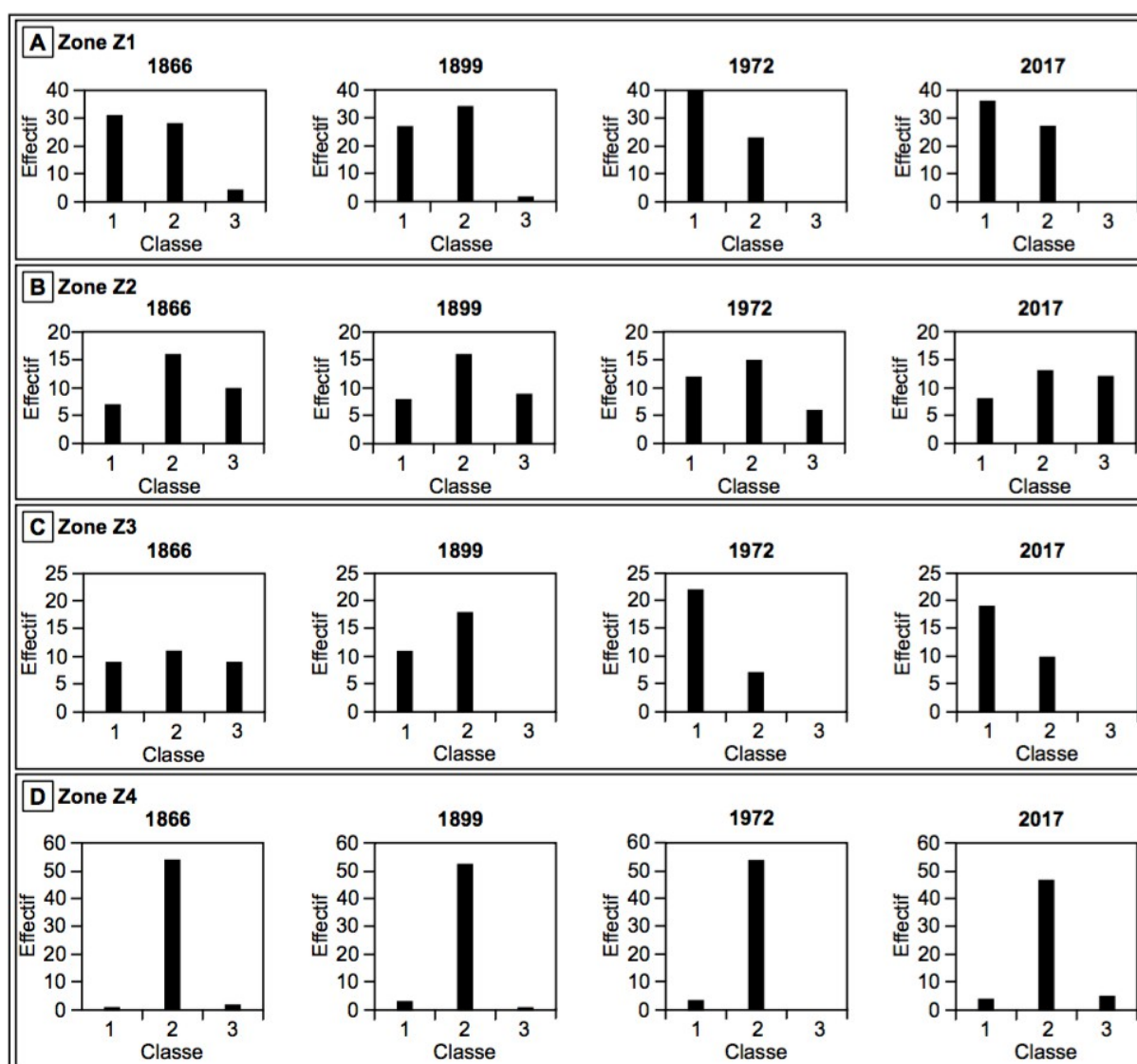


Fig. 93 – Répartition des classes de la typologie dynamique à l'échelle des zones homogènes du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.

A : Zone Z1 ; B : Zone Z2 ; C : Zone Z3 ; D : Zone Z4.

La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente comprend 63 tronçons (T001-T063). Pour les quatre dates, elle est dominée par la présence des classes 1 et 2 (fig. 93A). La classe 3 est représentée de manière marginale et seulement pour les dates les plus anciennes. L'association des classes 1 et 2 sur la zone Z1 témoigne d'une anastomose caractérisée par des chenaux multiples et étroits associés à la présence de nombreuses îles de taille modeste. Cette anastomose est segmentée ponctuellement par de courts tracés à chenal unique peu sinueux sur la période 1866-2017 (fig. 94).

La zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente comprend 33 tronçons (T064-T096). Elle se distingue par la prédominance de la classe 3 aux quatre dates (10 en 1866, 9 en 1899, 6 en 1972 et 13 en 2017) (fig. 93B). Elle se différencie par une structure à chenaux multiples anastomosée avec la présence d'îles de taille et de forme variées avec en particulier des îles végétalisées de grande dimension sur la période 1866-2017.

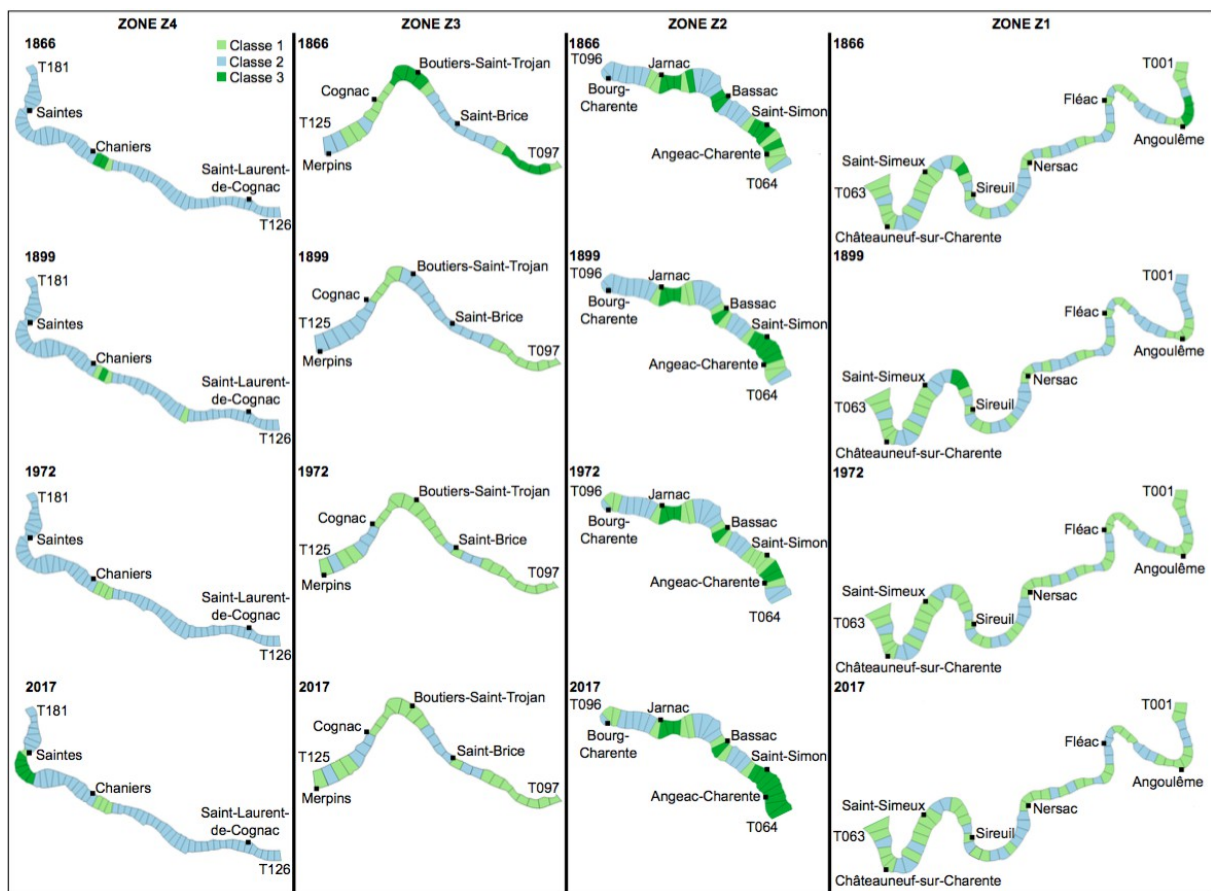


Fig. 94 – Spatialisation de la typologie dynamique à l'échelle des zones homogènes aux quatre dates d'analyse.

La zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins est composée de 29 tronçons (T097-T125). Elle se distingue principalement par l'association des classes 1 et 2 (fig. 93C). Elle présente une alternance entre de courts segments à chenal unique peu sinueux et de segments plus longs à anastomose moins développée que pour la zone Z2 (fig. 94). L'anastomose se singularise ici par des îles peu nombreuses de dimension moyenne et de forme très allongée inscrites dans une bande fluviale et une plaine alluviale de largeur réduite. Quelques tronçons de classe 3

en 1866 évoluent vers la classe 1 pour les années 1899, 1972 et 2017 (fig. 93C). Cette rupture de trajectoire est attribuée probablement à un biais lié à la méthode sous SIG liée à une qualité inférieure de la carte d'État-Majort de 1866 (i.e, disproportion des formes fluviales).

La zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes inclut 56 tronçons (T126-T181). Elle est marquée par la prédominance de la classe 2 sur l'ensemble du linéaire pour les quatre années (53 en 1866, 52 en 1899, 53 en 1972 et 47 en 2017). Elle adopte un style fluvial à chenal unique à méandres (fig. 93D). Seuls deux courts segments s'individualisent par leur appartenance aux classes 1 et 3 (fig. 94) : les 3 tronçons T155-T157 sur la période 1866-2017 et les 6 tronçons T169-T174 en 2017.

3.4. Modèles de trajectoire d'évolution

81 modèles de trajectoire d'évolution théoriques sont possibles à partir de la typologie dynamique en 3 classes aux quatre dates d'analyse mais seuls 22 modèles de trajectoires d'évolution ont finalement été observés au sein de ce travail (tab. 12).

3.4.1. Trajectoire d'évolution à l'échelle du linéaire

À l'échelle du fleuve, les trajectoires 1, 2 et 3 sont prédominantes, ce qui révèle la stabilité globale des formes fluviales, chenaux et îles, à court et moyen terme (pluri-décennal à centennal) (tab. 12). 120 tronçons fluviaux (67 %) conservent leur classe d'origine : 32 tronçons pour la classe 1, 84 pour la classe 2 et 5 pour la classe 3.

Modèles de trajectoire d'évolution stables					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
1	1	1	1	1	32
2	2	2	2	2	84
3	3	3	3	3	5
Modèles de trajectoire d'évolution courants					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
4	3	1	1	1	11
5	2	2	1	1	8
6	2	2	2	3	6
7	2	2	1	2	6
8	1	2	1	1	7
Modèles de trajectoire d'évolution marginaux					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
9	1	2	1	2	1
10	3	2	2	2	1
11	2	2	2	1	3
12	1	1	1	2	1
13	3	3	1	1	2
14	1	3	1	1	1
15	1	1	2	3	1
16	1	1	1	3	1
17	1	3	3	3	1
18	3	3	1	3	3
19	2	1	1	1	1
20	1	2	2	2	3
21	3	2	1	1	2
22	2	1	2	2	1

Tab. 12 – Modèle de trajectoire d'évolution à l'échelle du linéaire sur la période 1866-2017.

De ce fait, seuls 60 tronçons fluviaux enregistrent une ou plusieurs ruptures dans leur trajectoire traduite ici par une modification de leur classe (tab. 12). Les modèles de trajectoire 4, 5, 6, 7 et 8 sont également représentés et rassemblent respectivement 11, 8, 6, 6 et 7 tronçons. Ils expriment soit une simplification ou une complexification récente de la mosaïque fluviale à l'échelle locale. Les 14 derniers modèles de trajectoire d'évolution observés sont quant à eux peu représentés à l'échelle du linéaire. Ils comprennent seulement 1 à 3 tronçons.

3.4.2. Trajectoire d'évolution à l'échelle des zones homogènes

La distribution spatiale des modèles de trajectoire d'évolution indique une dynamique d'évolution de la mosaïque fluviale spécifique à l'échelle de la section amont anastomosée qu'il convient de nuancer selon les segments fluviaux (zones Z1, Z2 et Z3). La section aval à méandres répond quant à elle à une dynamique globalement stable (tab. 13A-D).

A Zone Z1						B Zone Z2					
Modèles de trajectoire d'évolution stables						Modèles de trajectoire d'évolution stables					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
1	1	1	1	1	24	1	1	1	1	1	3
2	2	2	2	2	21	2	2	2	2	2	12
Modèles de trajectoire d'évolution courants						Modèles de trajectoire d'évolution courants					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
4	3	1	1	1	2	4	3	1	1	1	1
5	2	2	1	1	3	5	2	2	1	1	2
7	2	2	1	2	3	6	2	2	2	3	1
8	1	2	1	1	4	Modèles de trajectoire d'évolution marginaux					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
9	1	2	1	2	1	11	2	2	2	1	1
10	3	2	2	2	1	15	1	1	2	3	1
11	2	2	2	1	1	16	1	1	1	3	1
12	1	1	1	2	1	17	1	3	3	3	1
13	3	3	1	1	1	18	3	3	1	3	3
14	1	3	1	1	1	19	2	1	1	1	1
C Zone Z3						D Zone Z4					
Modèles de trajectoire d'évolution stables						Modèles de trajectoire d'évolution stables					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2	46
Modèles de trajectoire d'évolution courants						Modèles de trajectoire d'évolution courants					
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
4	3	1	1	1	7	4	3	1	1	1	1
5	2	2	1	1	3	6	2	2	2	3	5
7	2	2	1	2	3	Modèles de trajectoire d'évolution marginaux					
8	1	2	1	1	3	Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux
Modèle de transition	1866	1899	1972	2017	Nombre de tronçons fluviaux	11	2	2	2	1	1
20	1	2	2	2	2	13	3	3	1	1	1
21	3	2	1	1	2	22	2	1	2	2	1

Tab. 13 – Modèle de trajectoire d'évolution à l'échelle des zones homogènes sur la période 1866-2017.

A : Zone Z1 ; B : Zone Z2 ; C : Zone Z3 ; D : Zone Z4.

La zone Z1 se singularise par une forte hétérogénéité des modèles d'évolution (12 modèles) (tab. 13A). Si 61% des tronçons sont marqués par une trajectoire stable (modèles 1 et 2), 39% présentent une ou plusieurs évolution(s) de leur classe d'origine au cours de la période d'étude. Les modèles 5 (3), 7 (3) et 8 (4) sont les plus courants (77% des tronçons) et les évolutions de classes coïncident avec l'apparition et/ou la disparition d'unités fluviales.

La zone Z2 est également associée à une grande diversité des trajectoires d'évolution (12 modèles) (tab. 13B). 61% des tronçons conservent leur classe d'origine. Les 39% restant observent entre autres les modèles 5 (2) et 18 (3) attribués à l'apparition d'îles.

La zone Z3 connaît visiblement diverses évolutions au cours de la période d'analyse (tab. 13C). 69% des tronçons font effectivement l'objet d'une ou plusieurs modification(s) de classe(s) dans leur trajectoire d'évolution. Les plus courants sont les modèles 5 (3) et 7 (3) attribués à l'apparition d'îles en 1972 et à leur maintien et/ou disparition en 2017, et le modèle 4 (7) expliqué par la réduction des surfaces en île ou par la mauvaise qualité des cartes de 1899 (e.g., imprécision géométrique des formes fluviales, disproportion de leurs limites, etc.).

La zone Z4 est caractérisée par une trajectoire d'évolution globalement stable depuis 1866. En effet, 84% des tronçons fluviaux conservent leur classe d'origine : 46 tronçons maintiennent une morphologie à chenal unique (modèle 2) et 1 tronçon conserve une morphologie à anastomose simple (modèle 3) (tab. 13D). Seuls deux secteurs (16% des tronçons) s'individualisent par une ou plusieurs modification(s) de leur classe d'origine. Les deux tronçons (T155-T157) du site de la Baine (Chaniers) suivent les modèles 4 et 13 en raison de l'apparition successive d'îles au cours de la période d'étude (i.e., deux îles en 1866 et 1899, trois en 1972 et quatre en 2017). Cinq des six tronçons (T169-T174) du site de Saintes sont associés aux modèles de trajectoire 6 en raison du détachement d'un large fragment de plaine alluviale.

4. Caractérisation de la plaine alluviale charentaise : estimation de la puissance spécifique

Cette partie du travail propose une estimation de la puissance spécifique à l'échelle des tronçons de mesure afin d'affiner la réflexion sur les facteurs à l'origine de la stabilité de la mosaïque fluviale du fleuve Charente à court et moyen termes démontrée précédemment. Ce travail cherche ainsi à répondre à plusieurs objectifs : 1) améliorer la connaissance sur le fonctionnement hydrogéomorphologique actuel du fleuve Charente étant donné qu'aucune estimation de ce critère n'avait jusqu'à présent été proposée ; 2) caractériser la plaine alluviale charentaise et proposer une discrimination des styles fluviaux et enfin 3) replacer le fleuve Charente dans les modèles de Léopold et Wolman (1957), Ferguson (1987) et Brookes (1988).

La puissance spécifique est relativement faible à l'échelle du linéaire avec une moyenne de l'ordre de $9,8 \text{ W.m}^{-2}$, et diminue globalement selon un gradient amont-aval pouvant atteindre des valeurs inférieures à 5 W.m^{-2} (fig. 95). La capacité d'ajustement et de transport de la charge solide des chenaux est de ce fait très réduite car les valeurs mesurées en général sont très inférieures à celles couramment admises pour permettre une mobilité latérale des chenaux, le seuil étant fixé à 35 W.m^{-2} par Brookes (1988). La faible énergie du fleuve Charente est attribuée à la faiblesse de la pente et de la largeur des chenaux et à la modestie des débits.

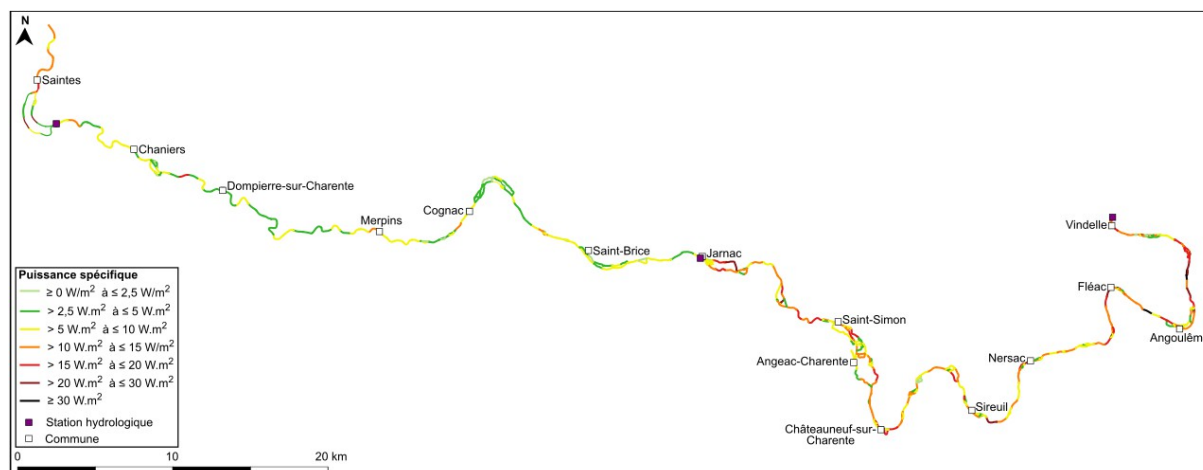


Fig. 95 – Cartographie de la puissance spécifique du fleuve Charente.

La puissance spécifique évolue toutefois à l'échelle du linéaire et peut varier dans le temps. Les estimations montrent visiblement des valeurs parfois bien supérieures à la moyenne qui peuvent dépasser occasionnellement 30 W.m^{-2} . Ces augmentations peuvent être liées à une élévation ponctuelle de la pente, à une hausse des débits à l'aval sous l'influence des affluents et/ou à une largeur des chenaux parfois plus élevée en raison de la position du transect de mesure par rapport à l'axe central du chenal.

Les données obtenues permettent de replacer le fleuve Charente au sein des modèles proposés par Léopold et Wolman (1957), Ferguson (1987) et Brookes (1988). Quatre points représentatifs du cours d'eau ont été sélectionnés et ré-injectés aux modèles (tab. 14).

Zone homogène	Commune	Puissance hydraulique (W.m)	Puissance spécifique (W.m^{-2})
Zone Z1	Angoulême	401	10,3
Zone Z2	Jarnac	440	7,9
Zone Z3	Cognac	143	4
Zone Z4	Saintes	627	4,6

Tab. 14 – Valeurs de la puissance hydraulique et de la puissance spécifique du fleuve Charente aux quatre points de comparaison.

Le modèle de Léopold et Wolman (1957) met en évidence une relation entre le débit à pleins bords et la pente. Il est complété par les travaux de Knighton et Nanson (1993). Ces auteurs incluent les cours d'eau anastomosés au modèle initial. Si les cours d'eau anastomosés ainsi que le fleuve Charente se positionnent pour l'essentiel en-dessous de la ligne de séparation des cours d'eau en tresses et des cours d'eau à méandres (fig. 96), il n'est pas possible de différencier la limite entre le méandrage et l'anastomose.

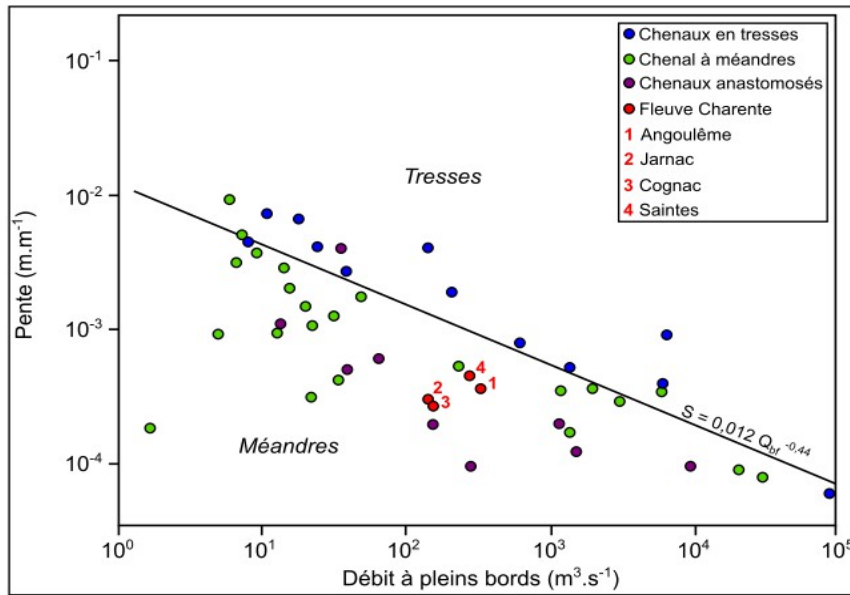


Fig. 96 – Relation entre la pente et le débit à pleins bords (adapté d’après Knighton et Nanson, 1993 modifié de Leopold et Wolman, 1957).

À partir du modèle de Léopold et Wolman (1957), Ferguson (1987) établit une relation entre le débit à pleins bords, la pente et la granulométrie des sédiments (fig. 97). Cette relation corrobore la faible énergie et la faible compétence du fleuve Charente. Les données sur les transports sédimentaires montrent que le cours d’eau est dominé par une charge en suspension fine et une charge de fond très réduite et à dominante sableuse au moins jusqu’en amont de Cognac selon les premiers relevés effectués dans le cas de ce travail. Toutefois, il n’existe pour l’instant aucune donnée sur la nature et la quantité des transports solides sur le segment fluvial étudié, seule la partie estuarienne a fait l’objet d’estimations. Dabrin (2009) estime le flux particulaire du fleuve Charente en baie d’Oléron à 78 000 t.an⁻¹.

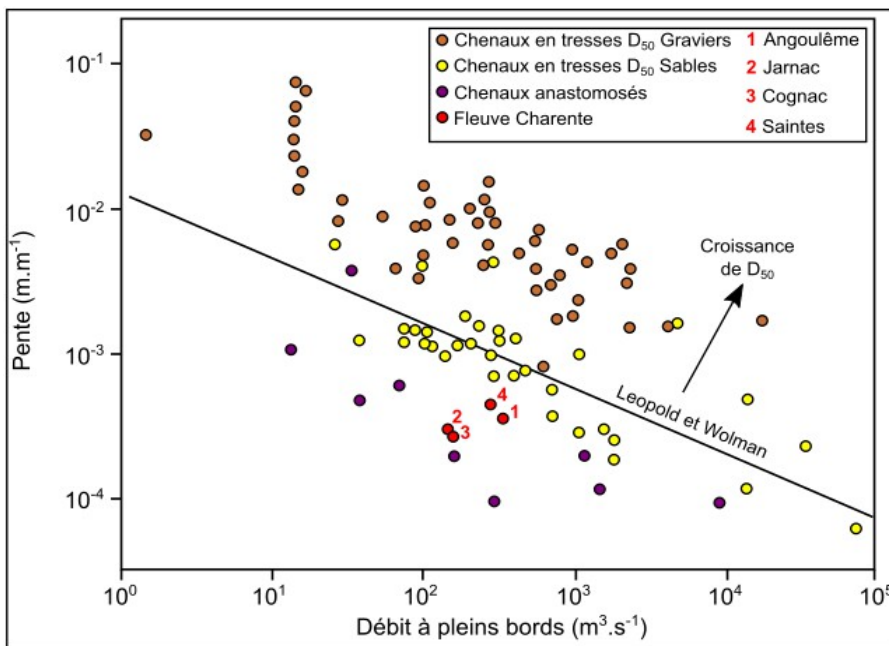


Fig. 97 – Relation entre le débit à pleins bords, la pente et la granulométrie des sédiments (adapté d’après Knighton et Nanson, 1993 modifié de Ferguson, 1987).

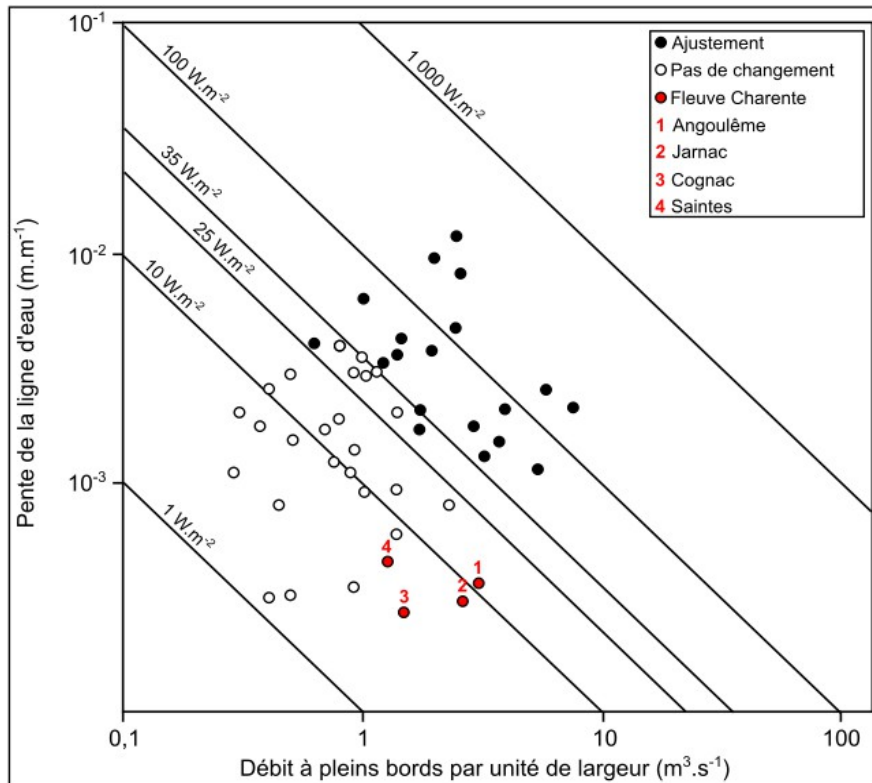


Fig. 98 – Relation entre le débit à pleins bords, la largeur du chenal et la pente (adapté de Brookes, 1988).

Brookes (1988) détermine la relation entre le débit à pleins bords, la largeur du chenal et la pente (fig. 98). Au regard de ce modèle, le fleuve Charente est intégré dans la catégorie des cours d'eau à faible voire à très faible énergie à capacité d'ajustement très lente.

5. Évolution du style fluvial du fleuve Charente sur la période 1689-1866 à partir d'une approche qualitative des cartes anciennes

Cette partie du travail propose une analyse qualitative des formes fluviales et de leur évolution au cours de la période 1689-1866 à partir de la carte anonyme du *Cours du fleuve Charente depuis Verteuil jusqu'à son embouchure vers la mer* (1689) (cf. fig. 69A) et des plans de Trésaguet de 1773 (AD16, 1C92, 1C93). Il s'agit ici de 1) valider la robustesse du découpage de la plaine alluviale effectué par détection de ruptures spatiales et 2) montrer si les tendances évolutives mises en évidence sur la période 1866-2017 s'inscrivent sur le temps long. Les résultats acquis doivent néanmoins être considérés avec précaution car ils sont dépendants des limites attribuées à l'ancienneté de la carte (e.g., imprécisions géométriques, échelle trop grande pour la représentation des chenaux secondaires et des îles de petite dimension, pixellisation élevée du scan, absence d'information sur la réalisation des cartes, etc.).

5.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente

La carte de 1689 représente seulement deux secteurs à anastomose peu développée au niveau de Champmillon et de Châteauneuf-sur-Charente expliqués sans doute par l'échelle

de la carte qui n'a pas permis la représentation des chenaux secondaires et des îles de petite dimension. Les plans de Trésaguet démontrent quant à eux l'existence de multiples segments fluviaux anastomosés à la fin du XVIII^e siècle, entrecoupés de segments au tracé à chenal unique peu sinueux. C'est le cas en particulier au niveau des sections de Nersac (plans n°56 à n°58, 1773, AD16, 1C93), Sireuil (plans n°62 à n°65, 1773, AD16, 1C93), Mosnac, Saint-Simeux et Châteauneuf-sur-Charente (plans n°65 à n°68, 1773, AD16, 1C93). Ces sites sont constitués principalement d'îles allongées de taille modeste et d'îles de petite dimension et de forme plutôt lenticulaire. Seul le secteur d'Angoulême se distingue par des îles allongées de taille moyenne (plans n°50 et n°51, 1773, AD16, 1C93).

Les données cartographiques mettent en évidence deux évolutions distinctes à l'échelle de la zone Z1 au cours de la période 1689-1866. La première souligne la stabilité globale des secteurs à chenal unique et la deuxième témoigne d'une simplification de l'anastomose par réduction du nombre de chenaux et disparition des îles de petite dimension. Ce type d'évolution est confirmé sur la période 1866-2017.

5.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente

La zone Z2 est caractérisée par le développement d'une anastomose complexe sur une grande partie de son linéaire à la fin des XVII^e et XVIII^e siècles. C'est le cas en particulier des segments anastomosés du fleuve Charente entre Angeac-Charente et Bassac (n°68 à n°75, 1773, AD16, 1C93) et entre Gondeville et Jarnac (n°75 à n°78, 1773, AD16, 1C93). Les plans de Trésaguet rendent compte de paysages caractéristiques de l'anastomose constitués de nombreuses îles allongées, de grande taille et de largeur modeste associées à des îles de grande dimension, très larges et longues.

Le fleuve Charente semble connaître une simplification de l'anastomose sur la section entre Angeac-Charente et Bassac, affectant en particulier les chenaux secondaires relativement étroits et peu profonds. À l'inverse, ils démontrent une stabilité relative de l'anastomose sur la section aval de la zone Z2, entre Gondeville et Jarnac. Ces deux types d'évolution sont corroborés au cours de la période 1866-2017.

5.3. La zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins

L'analyse des cartes anciennes met en évidence trois évolutions significatives à l'échelle de la zone Z3 au cours de la période 1689-1866. La première montre la stabilité des formes fluviales au niveau de la partie en amont, attestée également sur la période 1866-2017. L'île très allongée de Bourg-Charente/Saint-Brice (T097-T104) existe au moins depuis 1689 et le tracé des formes en plan semble avoir peu évolué à la fin du XVIII^e siècle (plans n°81 à n°83, 1773, AD16, 1C93). La deuxième évolution démontre une disparition de l'anastomose sur la partie médiane entre 1689 et 1866, au niveau de Saint-Brice (plans n°83 à n°85, 1773, AD16, 1C93), au profit d'une structure fluviale à chenal unique peu sinueux (T105-T111) globalement stable sur la période 1866-2017. Enfin, la troisième évolution souligne une simplification de l'anastomose sur la partie aval, de Bouthiers-Saint-Trojan à Merpins, sur la période 1689-1866. Ce type d'évolution se poursuit sur la période 1866-2017.

5.4. La zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes

La zone Z4 présente une structure fluviale à chenal unique à méandres au cours de la période 1689-1866, mise également en évidence sur la période 1866-2017, à l'exception des sites à îles (Chaniers aux quatre dates et Saintes en 2017). Les cartes anciennes confirment la tendance à la stabilité des formes fluviales du secteur depuis au moins la fin du XVII^e siècle.

6. Conclusion

L'analyse statistique des données géomorphométriques par ACP et CAH a permis de déterminer une typologie dynamique des formes fluviales du fleuve Charente en trois classes définies avant tout par la présence et/ou l'absence des îles fluviales. Ce type de démarche est jusqu'à présent sans équivalent pour les cours d'eau anastomosés, ce qui rend difficile les comparaisons.

Les données produites ont ensuite fait l'objet d'une détection de ruptures spatiales afin d'établir un découpage de la plaine alluviale en quatre zones homogènes : la zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente ; la zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente ; la zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins ; et la zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes. Ce découpage confirme la partition initiale du tracé entre une section amont dominée par l'anastomose (i.e., les zones Z1, Z2 et Z3) et une section aval à méandres (i.e., la zone Z4). Cette méthode a permis de préciser spatialement cette limite et de nuancer la description des paysages d'anastomoses sur la section amont.

L'analyse de la typologie dynamique et des modèles de trajectoire d'évolution aux quatre dates d'analyse met en évidence une stabilité globale des formes fluviales du fleuve Charente à court et moyen termes (pluri-décennal à centennal) abstraction faite des interventions anthropiques. Ces recherches confirment donc les travaux menés sur la dynamique de l'anastomose (Knighton et Nanson, 1993 ; Makaske, 2001). Knighton et Nanson (1993) suggèrent que la stabilité de l'anastomose résulte de la conjonction entre la très faible énergie du cours d'eau (i.e., la puissance spécifique) et la forte cohésion des matériaux de la plaine alluviale qui garantit la stabilité des berges, cette dernière étant renforcée par la végétation. Le fleuve Charente peut alors être intégré à la catégorie des anastomoses les moins dynamiques. Cependant cette notion de « stabilité des formes fluviales » devra être plus amplement discutée en raison de la diversité des objets d'étude et de l'échelle temporelle à considérer. Les cours d'eau anastomosés peuvent être caractérisés par une stabilité de leurs formes sur le long terme (pluricentennale à millénale), comme l'ont démontrée Nanson et al. (1988) pour la rivière Cooper Creek, Tooth et al. (2008) pour la rivière Magela Creek ou encore Rozo et al. (2012) pour le fleuve Amazone. Toutefois certaines anastomoses peuvent être marquées par des rythmes d'évolution plus rapides (décennal à pluridécennal).

Ainsi, si globalement la dynamique fluviale du fleuve Charente est caractérisée par la stabilité de ses formes, le changement d'échelle spatiale permet de nuancer cette conclusion à l'échelle spatiale et temporelle, et de mettre en évidence des ajustements fluviaux à l'échelle locale. La section amont anastomosée (i.e., les zones Z1, Z2 et Z3) connaît 1) une

simplification de la mosaïque fluviale entre 1866 et 2017 et 2) une complexification de la structure fluviale à l'échelle locale entre 1899 et 2017. Au sein de l'anastomose charentaise, les évolutions concernent pour l'essentiel les îles fluviales. Ces dernières semblent être les plus dynamiques dans un système fluvial à faible énergie et les plus sensibles aux variations environnementales. À l'inverse, la section aval (i.e., la zone Z4) conserve une structure fluviale globalement stable au cours de la période d'analyse en dehors des interventions anthropiques.

L'analyse qualitative de la mosaïque fluviale à partir de la carte anonyme de 1689 et des plans de Trésaguet de 1773 permet de valider sur une durée de près de 350 ans le découpage en quatre zones établi par détection des ruptures spatiales et corrobore sur un temps plus long les tendances évolutives observées depuis 1866. Cette analyse confirme la simplification de la mosaïque fluviale sur la section amont anastomosée affectant en particulier les petits chenaux secondaires non utilisés par la navigation ou la petite hydraulique et la stabilité globale de la structure fluviale à méandres sur la section aval sur la période 1689-1866.

Ainsi, sur la période correspondant au PAG, le fleuve Charente présente des modalités d'ajustement spécifiques qui le distinguent des autres cours d'eau français en particulier des cours d'eau à forte énergie. Alors que le PAG a favorisé le développement de modèle fluvial à chenaux multiples plus dynamiques en raison de la multiplication des événements de crues forts et de l'abondance de la charge de fond, le fleuve Charente semble avoir conservé une dynamique globalement stable de ses formes avec toutefois des ajustements locaux très lents. En l'état actuel des connaissances, cela pourrait s'expliquer par une faible énergie des chenaux, une charge en suspension fine dominante, une charge de fond à première vue très faible et des crues peu morphogènes (i.e., crues à cinétique lente). La simplification de la mosaïque fluviale est avant tout attribuée aux effets des aménagements hydrauliques pour la mise en place du contrôle hydraulique dès le haut Moyen Âge et pour l'amélioration de la navigabilité du fleuve dès la fin du XVIII^e siècle.

Chapitre 9. Caractérisation, typologie et évolution des îles du fleuve Charente au cours de la période 1866-2017

1. Introduction

La littérature scientifique sur les îles fluviales des cours d'eau à moyenne et forte énergie est abondante (Osterkamp, 1998 ; Hassan *et al.*, 1999 ; Gurnell et Petts, 2002 ; Gautier et Grivel, 2006 ; Grivel, 2008 ; Astrade, 2012 ; Grivel et Gautier, 2012 ; Baubinié *et al.*, 2015 ; Gautier *et al.*, 2016 ; Hudson *et al.*, 2018). Cependant, rares sont les études sur les îles associées aux anastomoses car il est généralement admis que ces formes sont stables sur le long terme (Nanson et Knighton, 1996). Le chapitre précédent a pourtant démontré que les îles sont le compartiment de l'anastomose qui semble être le plus dynamique et qui répond le mieux aux variations environnementales, tant climatiques qu'anthropiques. Aussi cette partie approfondit-elle cette dimension. Ce travail a ainsi fait l'objet d'un chapitre d'ouvrage accepté aux Presses Universitaires du Midi. Il vise à 1) caractériser la morphométrie actuelle et passée des îles fluviales aux moyens de métriques de caractérisation ; 2) identifier l'organisation spatiale des îles afin de mettre en évidence d'éventuelles spécificités paysagères de l'anastomose charentaise à l'échelle des différents segments fluviaux ; 3) analyser leur évolution au cours de la période d'étude dans l'objectif de distinguer des tendances évolutives globales (e.g., évolution morphologique, évolution du couvert végétal, etc.) et enfin 4) déterminer les mécanismes de formation et d'évolution des îles à partir d'une typologie d'évolution afin d'établir des modèles de trajectoire d'évolution.

2. Segmentation du linéaire fluvial en unités homogènes

Dans ce travail, chaque entité séparée de la plaine alluviale sur la totalité de son périmètre est considérée comme une île. Certaines d'entre elles sont issues des interventions anthropiques effectuées à des fins d'aménagement de la plaine et ont été intégrées au corpus d'îles étudiées. Le linéaire fluvial a donc été découpé en trois zones d'homogénéité relative par méthode linéaire suite à l'analyse des courbes de surfaces cumulées en îles aux quatre dates étudiées : 1) la section amont (zone Z1) entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente ; 2) la section médiane (zone Z2) entre Angeac-Charente et Cognac et enfin 3) la section aval (zone Z3) entre Merpins et Saintes (fig. 107). Les surfaces cumulées en îles sont analysées dans le détail dans le 4.2. Ce découpage-ci présente une structure similaire à la première segmentation de la plaine alluviale du fleuve Charente obtenue par détection automatique de ruptures spatiales réalisée sous le logiciel *R* (Duquesne *et al.*, 2020).

3. Morphométrie et organisation spatiale des îles fluviales

3.1. Caractérisation morphologique des îles fluviales

Une typologie morphologique des îles a été produite à partir de la méthode des K-médoïdes afin de proposer une caractérisation globale de la morphologie des îles fluviales aux quatre dates étudiées. Ce type de typologies peut être facilement appliqué sur d'autres

cours d'eau anastomosés similaires au fleuve Charente en raison des variables employées (e.g., surface, longueur, largeur). Elle met en évidence cinq types d'îles (fig. 99 et fig. 100A-E) décrits successivement d'après les statistiques des trois variables prises en compte (tab. 15).

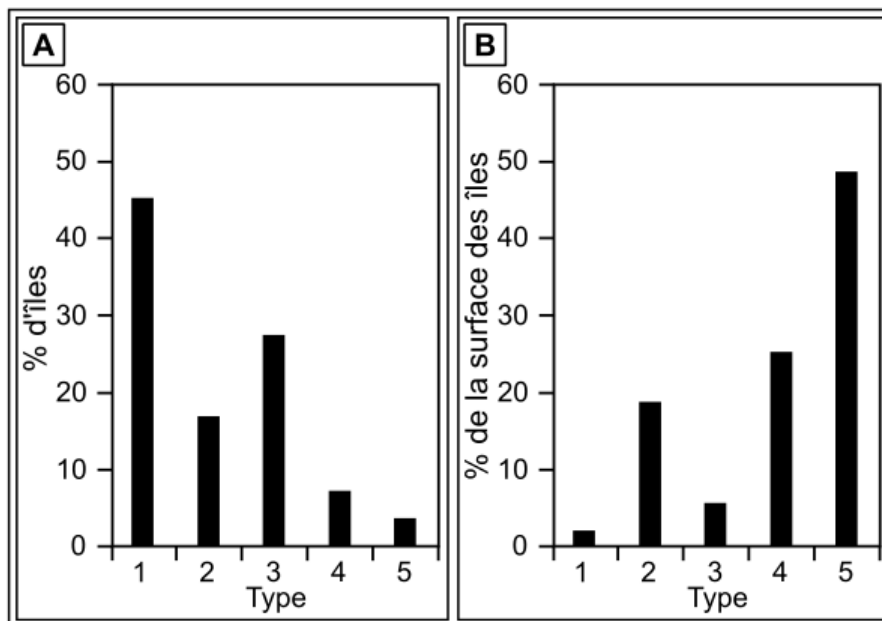


Fig. 99 – Comparaison de la répartition des îles dans la typologie morphologique et de leur surface associée pour la totalité de la période étudiée.

A : Nombre d'îles en pourcentage par type sur l'ensemble de la période d'analyse ; B : Pourcentage de la surface des îles par type sur l'ensemble de la période d'analyse.

Le type 1 correspond à des unités de petite dimension et de forme lenticulaire (fig. 100A). Il s'agit d'unités de surface inférieure à 5 000 m² dont la moitié d'entre elles ne dépasse pas 1 374 m². Elles observent en conséquence des valeurs très faibles de longueur et de largeur. Ces îles peuvent être apparentées à des îlots par leur morphologie spécifique. Ce type d'îles regroupe 45 % des îles étudiées alors qu'il représente à peine 2 % de leur surface (fig. 99).

Le type 2 rassemble les îles de dimension moyenne et de forme plutôt arrondie (fig. 100B). Ce sont des îles de longueur modérée (235 m² < L < 769 m²), de largeur assez élevée (143 m² < l < 362 m²) et de taille moyenne de l'ordre de 41 518 m² (tab. 15). Ce type d'unités peut correspondre au détachement de fragments de plaine alluviale ou d'îles sous l'action anthropique ce qui expliquerait leur position marginale par rapport aux chenaux.

Le type 3 regroupe les îles allongées (fig. 100C). Il s'agit de formes fluviales à topographie plane, de taille modeste (moy. 7 588 m²), assez longue (93 m² < L < 308 m²) et étroite (35 m² < l < 176 m²) (tab. 15). Ce type de formes peut correspondre soit à des barres végétalisées à dominante boisée situées en position centrale des chenaux soit à des fragments de plaine alluviale ou d'îles de grande dimension localisés alors en position marginale des chenaux.

Le type 4 correspond aux îles de grande dimension (41 895 m² < S < 214 245 m²), de forme très allongée (469 m² < L < 1 085 m²) et de largeur plus modeste (317 m < l < 930 m) (fig. 100C et tab. 15). Ce type d'îles est recouvert par une végétation prairiale, forestière ou

mixte délimitée par des levées de berge naturelles proéminentes colonisées par la ripisylve (e.g, île de la Baine de Chaniers et une partie des îles de Cognac). Il comprend un quart de la surface des îles pour seulement 7 % des îles étudiées (fig. 99).

Type	Surface (m ²)				
	Minimum	Médiane	Moyenne	Ecart type	Maximum
Type 1	182	1 374	1 583	978	4 745
Type 2	8 218	41 986	41 518	20 260	82 367
Type 3	2 491	5 601	7 588	5 405	34 946
Type 4	41 895	126 726	131 772	39 635	214 245
Type 5	265 260	399 222	509 167	297 623	1 183 608

Type	Longueur maximum (m)				
	Minimum	Médiane	Moyenne	Ecart type	Maximum
Type 1	17	63	66	29	138
Type 2	235	350	389	134	769
Type 3	93	175	180	54	308
Type 4	469	703	748	166	1 085
Type 5	1 167	1 666	1 817	467	2 462

Type	Largeur maximum (m)				
	Minimum	Médiane	Moyenne	Ecart type	Maximum
Type 1	13	35	37	15	80
Type 2	143	225	236	56	362
Type 3	35	87	88	32	176
Type 4	317	467	509	156	930
Type 5	483	1 149	1 021	292	1 471

Tab. 15 – Statistiques des indices morphométriques de la typologie des îles fluviales.

Le type 5 est associé aux îles de très grande dimension, d'une surface supérieure à 265 000 m², et de forme très allongée et très large (fig. 100E). Elles présentent de ce fait les valeurs les plus élevées de longueur (1 167 m < L < 2 462 m) et de largeur (483 m < l < 1 471 m) (tab. 15). Elles correspondent soit à des îles *stricto sensu* anciennes parcourues par des paléochenaux et occupées par de vastes étendues agricoles (e.g., île Domange à Angeac-Charente), forestières (e.g., île du Parc à Jarnac) ou mixtes (e.g., île de Saint-Brice) soit à des fragments de plaine alluviale excisés par les chenaux recouverts par des cultures céréalières (e.g., île de Saintes, île de Saint-Simon). Ce type d'îles représente presque la moitié de la surface des îles alors qu'il constitue à peine 4 % du corpus étudié (fig. 99).

Les types 4 et 5 peuvent être rapprochés des îles au profil concave en forme de saucière reconnues et décrites notamment par Makaske (2001) sur les cours d'eau anastomosés. Toutefois, ces formes devront faire l'objet d'études supplémentaires pour aller au-delà d'une description uniquement sur la base de leur forme en plan.

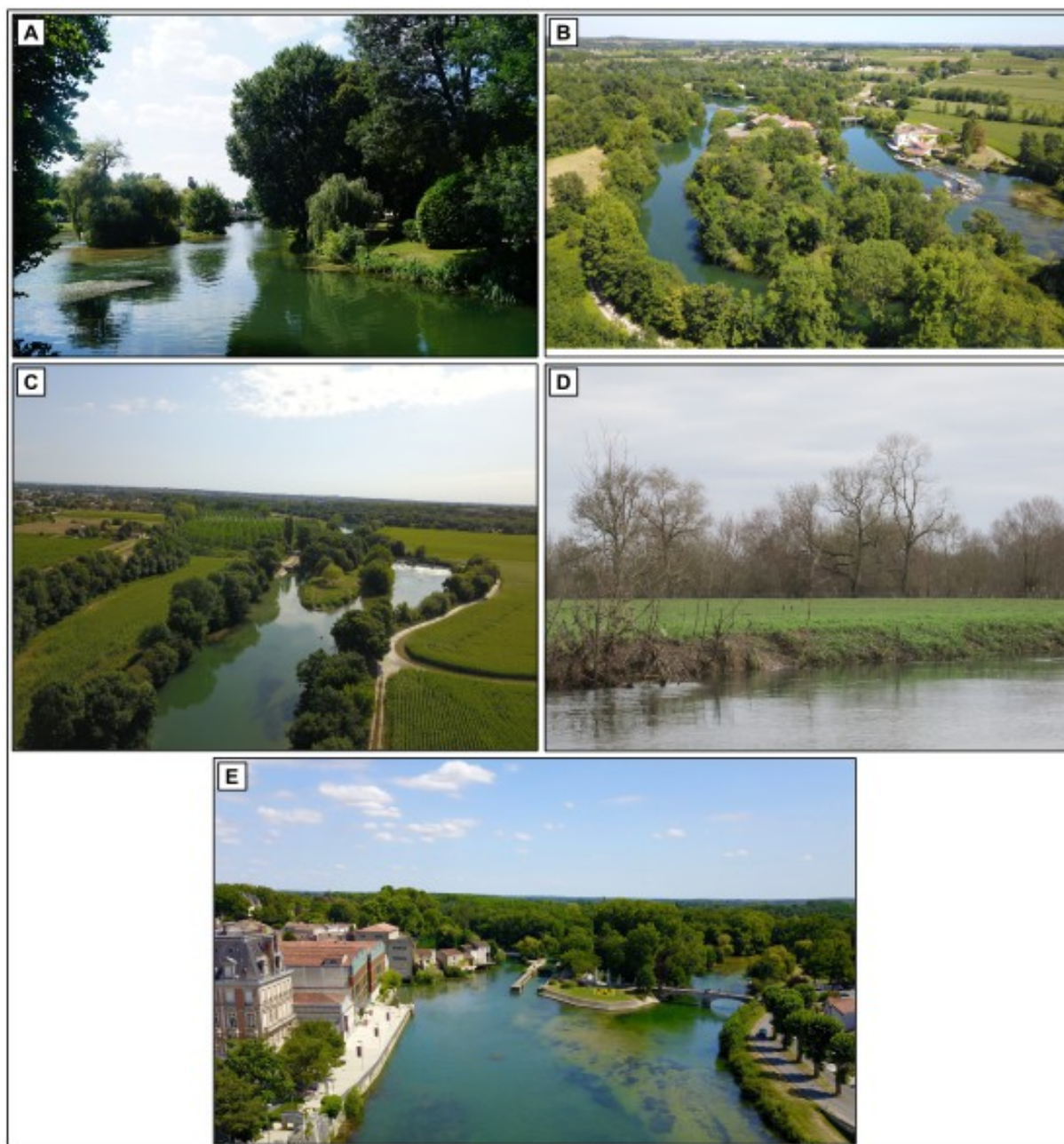


Fig. 100 – Quelques exemples d'îles le long du fleuve Charente.

A : Îlots près de l'île du Parc à Jarnac (type 1). Source : A. Duquesne, juillet 2018 ; B : île de Malvy, Mosnac (type 2). Source : LIENSs. N. Lachaussée et A. Duquesne, 02/08/2018 ; C : Île de Crouin, Cognac (type 3). Source : LIENSs. N. Lachaussée et A. Duquesne, 02/08/2018 ; D : Île de la Baine, Chaniers (type 4). Source : A. Duquesne, 19/11/2020 ; E : Île du Parc, Jarnac (type 5). Source : LIENSs. N. Lachaussée et A. Duquesne, 02/08/2018.

3.2. Distribution spatiale des îles fluviales

3.2.1. Distribution spatiale à l'échelle du linéaire

Les quatre jeux de données confondus inclut 394 îles – 109 îles en 1866, 79 en 1899, 104 en 1972 et 103 en 2017 (tab. 16). Leur superficie est de 319 ha en 1866, 272 ha en 1899, 317 ha en 1972 et 558 ha en 2017. Aux quatre dates d'analyse, la grande majorité des îles sont

situées dans la section amont et médiane du cours d'eau en aval de Merpins (zones Z1 et Z2) – 96 % en 1866 et en 1899, 93 % en 1972 et 90 % en 2017.

Année	Nombre d'îles	Surface (ha)
1866	109	319
1899	79	272
1972	104	317
2017	102	558

Tab. 16 – Nombre d'îles et leur surface associée aux quatre dates étudiées.

3.2.2. Distribution spatiale à l'échelle des zones homogènes

La répartition spatiale des îles fluviales a été analysée dans le détail à l'échelle des secteurs d'étude. Le nombre, le type morphologique et la superficie totale des îles sont manifestement très variables à l'échelle spatiale et temporelle (fig. 101-103).

3.2.2.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente

La zone Z1, entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente, regroupe 57 % des îles sur les quatre jeux de données – 62 % en 1866, 65 % en 1899, 55 % en 1972 et 49 % en 2017 (fig. 101A). En revanche, leur superficie représente seulement 11 % à 21 % de la superficie totale des îles : 19 % en 1866, 18 % en 1972, 21 % en 1972 et 11 % en 2017 (fig. 101B).

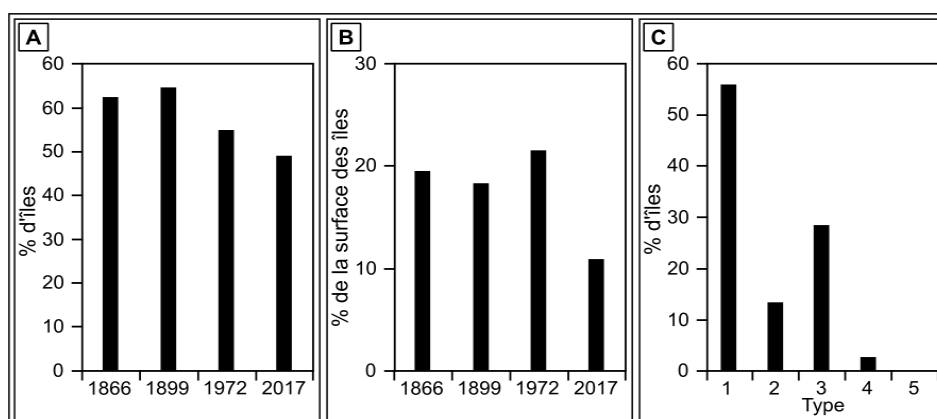


Fig. 101 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z1.

A : Nombre d'îles (%) aux quatre dates analysées ; B : Surface des îles (%) aux quatre années étudiées ; C : Type d'îles sur la totalité de la période d'étude (1866-2017).

La zone Z1 comprend principalement les types 1 (56 %), 2 (13 %) et 3 (28 %) aux quatre dates d'étude (fig. 101C). Cette section présente actuellement des paysages d'anastomoses caractérisés par des îles de petite dimension et de forme lenticulaire (24 %) associées à des îles de dimension modeste de forme plutôt arrondie (7 %) ou au contraire très allongée (17 %).

3.2.2.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Cognac

La zone Z2, entre Angeac-Charente et Cognac, englobe 37% du corpus étudié – 34 % en 1866, 32 % en 1899, 38 % en 1972 et 41 % en 2017 (fig. 102A). Leur superficie représente quant à elle plus des deux tiers de la superficie totale des îles – 75 % en 1866, 76 % en 1899, 73 % en 1972 et 65 % en 2017 (fig. 102B). La zone Z2 regroupe les cinq types d'îles de la typologie aux quatre dates d'analyse (fig. 102C). La section médiane correspond à des paysages d'anastomoses très développés. En 2017, ils se singularisent de la zone Z1 par la présence d'îles de grande dimension très allongées (4 %) ou très larges (5 %) associées à des îles de dimension plus modeste aux formes variées – 15 %, 11 % et 7 % pour les types 1, 2 et 3.

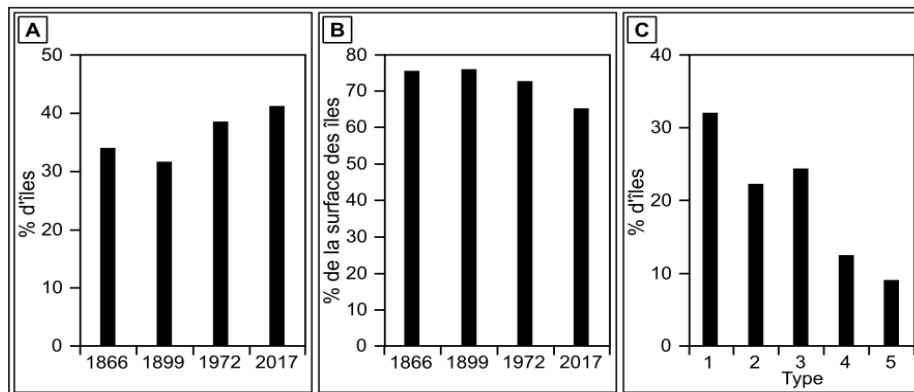


Fig. 102 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z2.

A : Nombre d'îles (%) aux quatre dates analysées ; B : Surface des îles (%) aux quatre années étudiées ; C : Type d'îles sur la totalité de la période d'étude (1866-2017).

3.2.2.3. La zone Z3 entre Merpins et Saintes

La zone Z3, entre Merpins et Saintes, inclut à peine 6 % du total des îles – 4 % en 1866, 4 % en 1899, 7 % en 1972 et 10 % en 2017 (fig. 103A). En revanche, leur superficie comprend entre 5 % et 24 % de la superficie totale des îles : 5 % en 1866, 6 % en 1899, 6 % en 1972 et 24 % en 2017 (fig. 103B). Tous les types d'îles y sont représentés aux quatre dates étudiées, mais leur faible nombre ne permet pas de distinguer une tendance paysagère propre à la section aval en raison de sa structure fluviale à chenal unique dominante (fig. 103C).

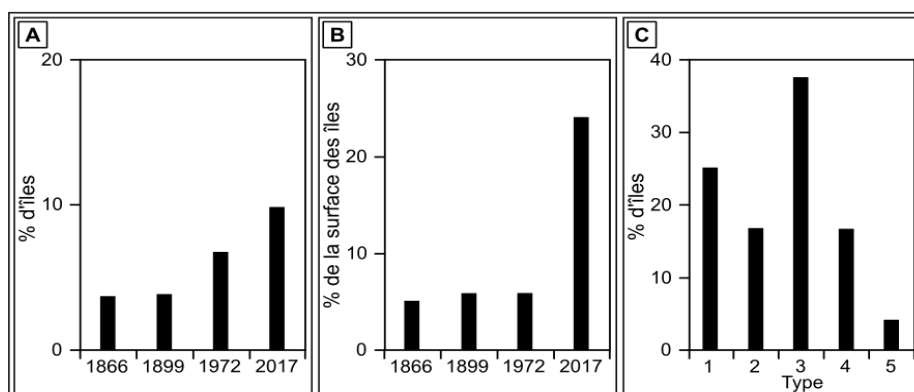


Fig. 103 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z3.

A : Nombre d'îles (%) aux quatre dates analysées ; B : Surface des îles (%) aux quatre années étudiées ; C : Type d'îles sur la totalité de la période d'étude (1866-2017).

4. Évolution des îles fluviales au cours de la période 1866-2017

4.1. Analyse spatiale de la typologie morphologique des îles fluviales

4.1.1. Analyse spatiale inter-période à l'échelle du linéaire

La répartition des cinq types morphologiques est très variable à l'échelle du linéaire fluvial aux quatre dates d'analyse (fig. 104A-D). Les îles de type 1 connaissent ainsi une réduction significative sur la période 1866-2017 (52 à 41 %). Les îles fluviales de forme plutôt arrondie (type 2) montrent quant à elles une progression relativement stable sur la période 1866-2017. Ce type d'îles est ainsi globalement constant entre 1866 et 1899 (16 %) et augmente légèrement en 2017 (19 %). Les îles de type 3 progressent entre 1866 et 2017 (23 à 28 %). Toutefois leur augmentation est plus prononcée entre 1866 et 1972 (23 à 31 %). Elles montrent une légère réduction entre 1972 et 2017 (31 à 28 %). Les îles de type 4 et de type 5 enregistrent quant à elles une évolution globalement stable sur la période d'étude (fig. 104A-D).

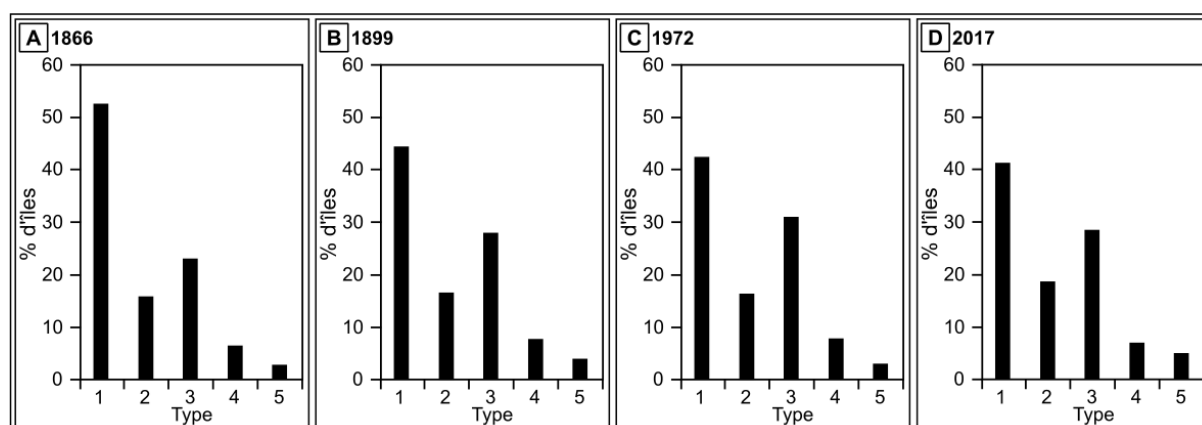


Fig. 104 – Répartition des types d'îles aux quatre dates d'analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

4.1.2. Analyse spatiale inter-période à l'échelle des zones homogènes

4.1.2.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente

La zone Z1 connaît des évolutions marquantes au cours de la période d'analyse (fig. 105A). Les îles de type 1 diminuent quasiment de moitié entre 1866 et 1899 (47 à 28), et plus légèrement en 1972 (26) et en 2017 (25). Les unités de type 2 conservent à l'inverse une relative stabilité de 7 à 8 îles selon les dates étudiées. Le type 3 observe quant à lui une augmentation progressive entre 1866 et 1972 (12 à 20) et une légère réduction en 2017 (18). Les formes de grande dimension sont elles très peu représentées sur cette section du linéaire fluvial. Seules les unités de type 4 sont observées en nombre très réduit (1 à 3) sur la période d'étude.

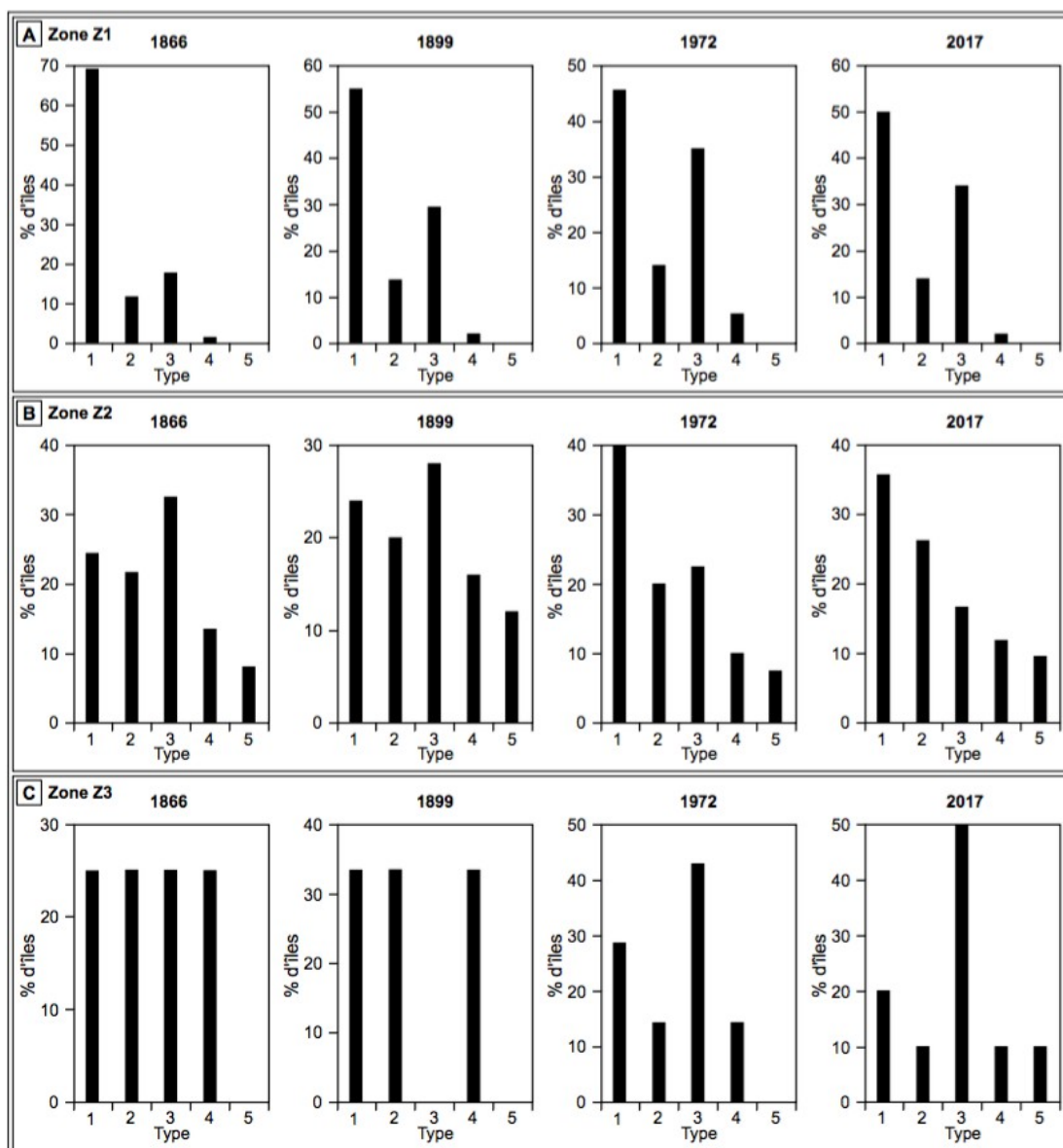


Fig. 105 – Répartition des cinq types d'îles à l'échelle des zones homogènes du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.

A : Zone Z1 ; B : Zone Z2 ; C : Zone Z3.

4.1.2.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Cognac

La zone Z2 enregistre également des évolutions significatives sur la période d'étude. Le type 1 diminue légèrement entre 1866 et 1899 (9 à 6), augmente significativement en 1972 (16) et baisse très modestement en 2017 (15). Le type 2 augmente entre 1866 et 2017 (8 à 11) bien qu'il observe une légère baisse en 1899 (5). Le type 3 montre à l'inverse une réduction prononcée entre 1866 et 2017 (12 à 7). Les îles de grande dimension sont ici les plus représentées par rapport aux zones Z1 et Z3 et tendent à observer une évolution relativement stable, entre 4 à 5 îles pour le type 4 et 3 à 4 îles pour le type 5 en fonction des dates étudiées.

4.1.2.3. La zone Z3 entre Merpins et Saintes

La zone Z3 est caractérisée par une évolution modérée du nombre d'îles fluviales entre 1866 et 2017 (4 à 10) et par conséquent des différents types morphologiques. Seules les îles de type 3 connaissent des évolutions significatives. Peu représentées en 1866 (1), elles disparaissent en 1899 et réapparaissent en 1972 (3) avant de connaître une légère augmentation en 2017 (5). Aucune unité de grande dimension n'est représentée sur ce segment fluvial avant 2017 suite au détachement d'un fragment de plaine assimilé à une île de type 5.

4.2. Analyse de l'évolution morphométrique des îles fluviales

Les résultats morphométriques démontrent une forte hétérogénéité de la taille des îles. Elle varie entre 0,02 ha et 118 ha. La répartition de leur surface s'organise globalement d'après un gradient amont-aval. Cette dernière augmente globalement de l'amont vers l'aval du segment anastomosé (zone Z1 à zone Z2) (fig. 106A-D). L'analyse de la surface moyenne aux quatre dates étudiées met en évidence trois phases majeures (fig. 108A) : 1) une augmentation notable de la taille moyenne des îles entre 1866 et 1899 ; 2) une légère réduction de leur taille entre 1899 et 1972 ; et 3) une augmentation marquée entre 1972 et 2017.

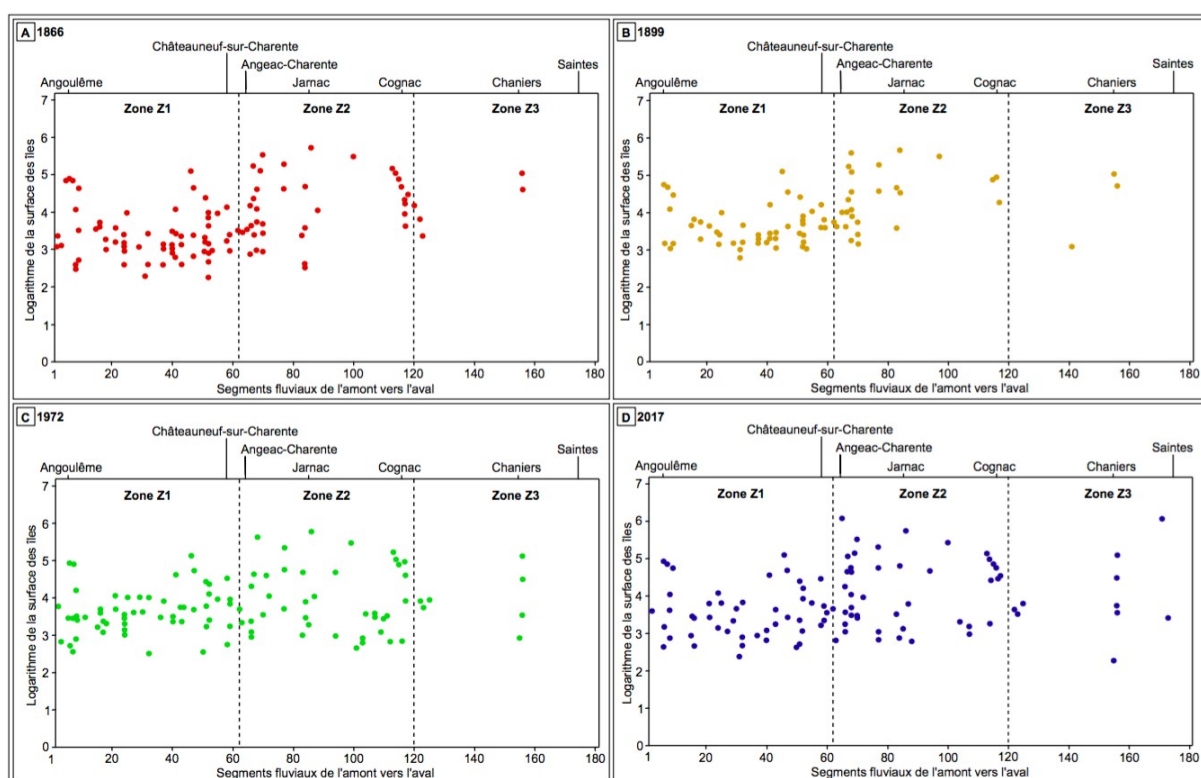


Fig. 106 – Évolution de la surface logarithmique aux quatre dates d'analyse.

A : 1866 ; B : 1899 ; C : 1972 ; D : 2017.

L'étude de la surface cumulée en île permet de faire ressortir trois évolutions notables à l'échelle du linéaire fluvial (fig. 107). La première traduit une augmentation très marquée de la surface cumulée sur l'ensemble du cours d'eau entre 1866 et 2017. Cette évolution est attribuée au détachement de larges îles suite à la reconnexion de chenaux secondaires et au

démantèlement de fragments de plaine alluviale. La seconde évolution souligne une réduction sensible de la surface cumulée entre 1866 et 1899 associée à la disparition d'un quart des îles du linéaire (cf. infra). Enfin, la troisième évolution montre une relative proximité entre les valeurs de 1866 et 1972 suite à la formation de nouvelles unités fluviales de petite dimension.

La forme globale des îles est décrite par l'indice de compacité de Gravelius. Les données morphométriques varient de 1 à 3,3. Elles mettent en évidence une prédominance des îles de forme allongée au sein du linéaire fluvial, sans organisation spatiale amont-aval claire. 50% d'entre elles ont un indice de compacité $\geq 1,32$. L'indice moyen de compacité de Gravelius connaît une augmentation significative de 1,41 à 1,50 entre 1866 et 2017 ce qui exprime une tendance globale à l'allongement des îles sur la période étudiée (fig. 108C). Toutefois l'indice moyen de compacité de Gravelius réduit en 1899 (1,33) et augmente en 1972 (1,42).

Les données de longueur maximale montrent des îles plutôt allongées (fig. 108C). 50 % d'entre elles ont ainsi une longueur maximale ≥ 130 m. La confrontation des valeurs moyennes fait ressortir une tendance à l'allongement progressif des formes entre 1866 (234 m) et 2017 (298 m). La répartition des valeurs montre une organisation selon un modèle spatial amont-aval (fig. 108C). Les îles sont ainsi plus longues de l'amont (zone Z1) vers l'aval (zone Z2) de la section anastomosée. À titre d'exemple, la longueur moyenne évolue de 177 m pour la zone Z1 à 411 m pour la zone Z2 en 2017.

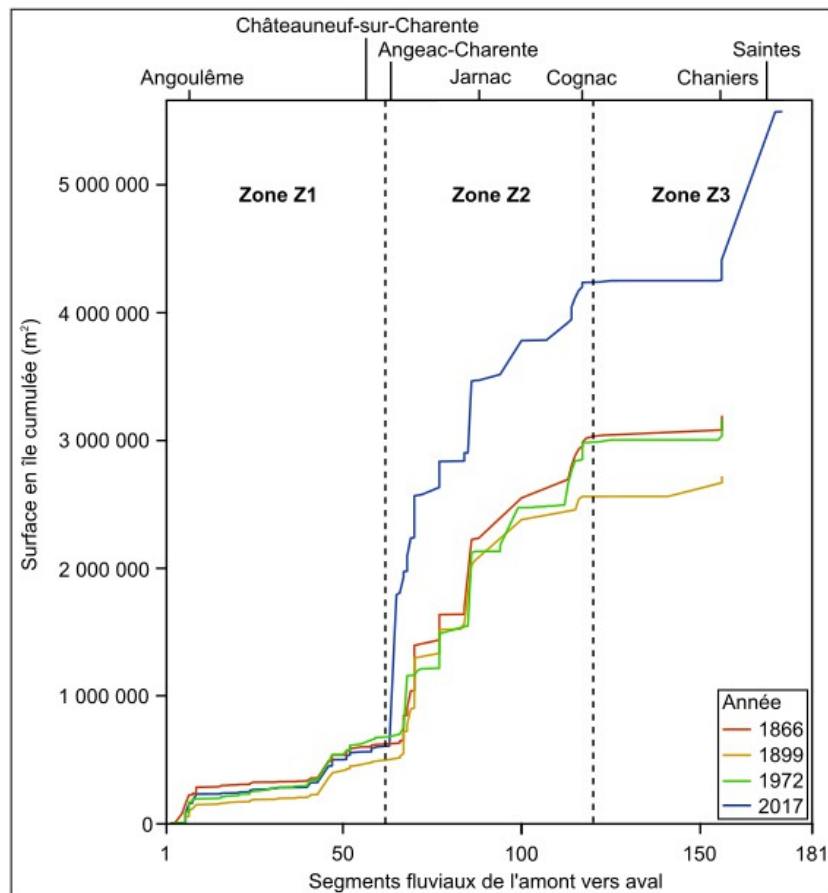


Fig. 107 – Évolution de la surface en île cumulée aux quatre dates d'analyse.

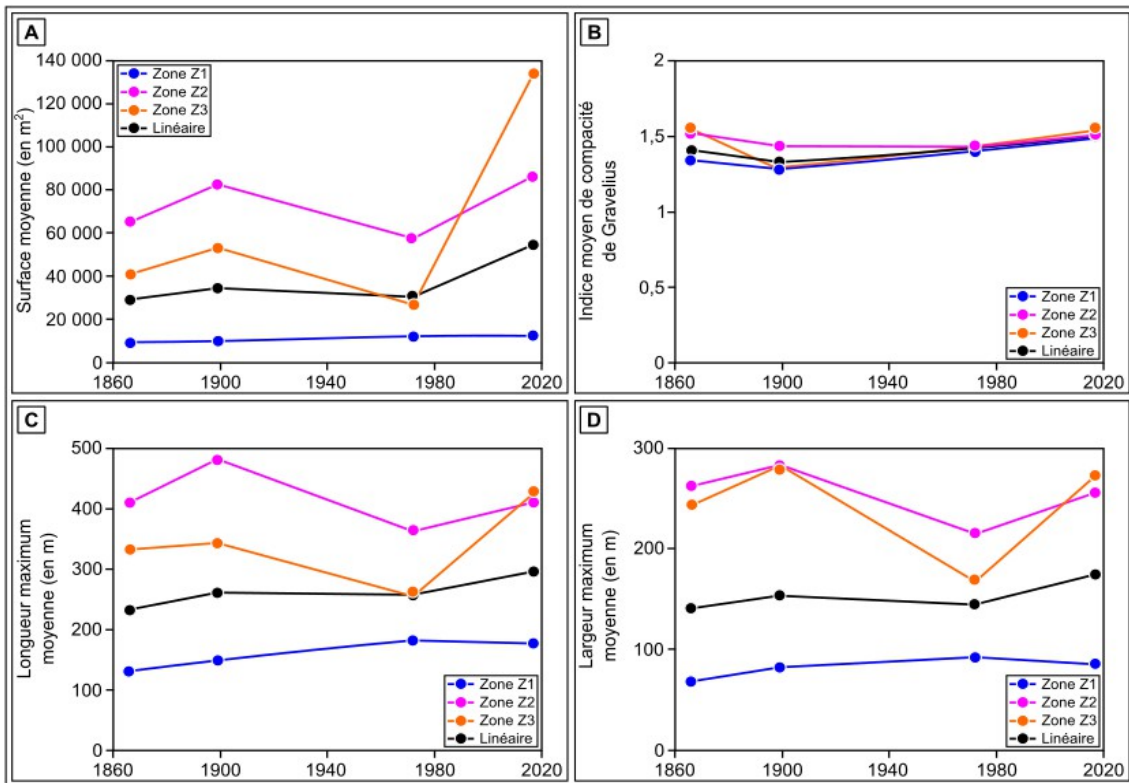


Fig. 108 – Évolution des valeurs moyennes des indices morphologiques des îles à l'échelle du linéaire et des zones aux quatre dates d'analyse.

A : Surface moyenne (en m²) ; B : Indice moyen de compacité de Gravelius ; C : Longueur maximum moyenne (en m) ; D : Largeur maximum moyenne (en m).

L'indice de largeur maximale souligne des îles de largeur relativement modeste (fig. 108D). 50 % d'entre elles ont une largeur maximale ≤ 65 m. Les valeurs moyennes soulignent toutefois un élargissement global des îles entre 1866 (141 m) et 2017 (174 m). En revanche, la largeur moyenne diminue significativement en 1972 (145 m). La largeur des îles se répartit également selon un gradient amont-aval. La largeur moyenne passe de 86 m pour la zone Z1 à 256 m pour la zone Z2 en 2017.

4.3. Évolution du taux de croissance des îles fluviales

Les processus d'érosion et d'accrétion sont décrits à l'aide du taux de croissance. Cet indice a été mesuré pour les îles dont la présence est attestée au moins sur deux des trois périodes d'étude (tab. 17).

Période	Nombre d'îles			
	Zone Z1	Zone Z2	Zone Z3	Total
1866-1899	51	25	3	79
1899-1972	57	40	7	104
1972-2017	51	42	10	103

Tab. 17 – Nombre d'îles pour lesquelles le taux de croissance a été calculé aux trois périodes d'étude.

Le taux de croissance moyen montre globalement une prédominance des processus d'accrétion sédimentaire sur les périodes 1866-1899 et 1899-1972 et une intensification des processus d'érosion sur la période 1972-2017 (tab. 18). Cette dynamique semble s'organiser selon un gradient amont-aval. Les processus d'accrétion sédimentaires sont effectivement très largement supérieurs sur la zone Z1 entre 1866 et 1899 et entre 1899 et 1972, tout comme les processus d'érosion sur la période 1972-2017. Cela pourrait s'expliquer par les types d'îles présents sur cette section du linéaire. Une grande partie des îles aux quatre dates étudiées est associée au type 1 c'est-à-dire à des formes lenticulaires de petite dimension probablement plus jeunes et plus mobiles comme en témoigne leur couverture végétale.

Période	Taux de croissance moyen (en %)			
	Zone Z1	Zone Z2	Zone Z3	Total
1866-1899	+58	+12	+40	+43
1899-1972	+72	+57	+41	+64
1972-2017	-22	-1	+11	-10

Tab. 18 – Évolution du taux de croissance moyen des îles fluviales par zone et pour l'ensemble du linéaire aux trois périodes d'étude.

4.4. Évolution du couvert végétal des îles fluviales

Le type de végétation est dépendant de la topographie du lit fluvial, du régime hydrologique et du type de formes fluviales. Deux grands faciès végétaux ont finalement été identifiés à partir des documents cartographiques : les prairies et pelouses (i.e., surface enherbée) et la forêt alluviale à bois tendre (i.e., surface boisée).

Les îles sont occupées exclusivement par des prairies en 1866 (fig. 109A) car ce sont des zones de pâture et de culture fourragère. Elles recouvrent 94 % de la surface des îles, le reste, soit 6 % est constitué de surfaces sableuses ou non végétalisées. Les surfaces enherbées connaissent une réduction entre 1866 et 1899 et une nette augmentation entre 1899 et 1972 à l'échelle du linéaire (tab. 19) à corroborer avec les périodes d'augmentation et de réduction de la surface cumulée en île (fig. 107).

Les surfaces en prairies et pelouses font ensuite l'objet d'une nette réduction en 1899 au profit d'un enforestement progressif dans les sections amont et médiane du cours d'eau qui touche particulièrement les îles de taille importante (type 4 et 5) (fig. 109A-B). Le couvert forestier tend toutefois à diminuer à l'échelle du linéaire (-18 %) sur la période 1899-1972 à un rythme annuel de -0,2 % (tab. 20). Toutefois la section amont est caractérisée par un enforestement progressif des îles, à l'inverse, la section médiane enregistre une réduction des surfaces forestières (fig. 109B).

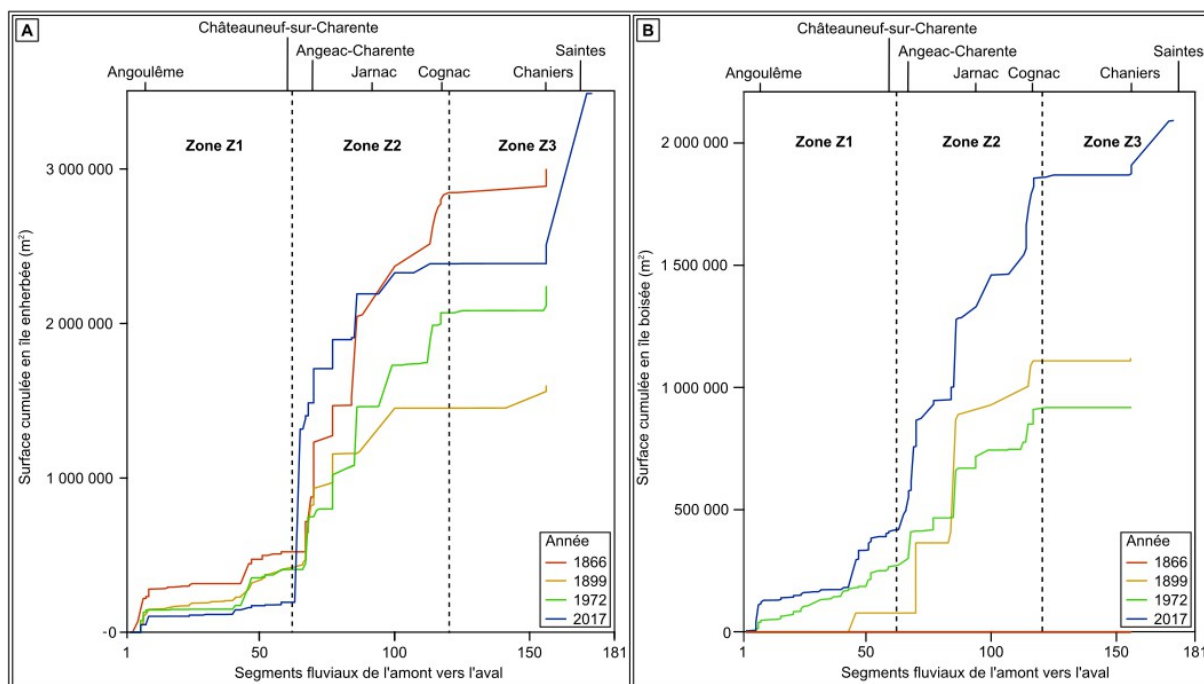


Fig. 109 – Évolution des surfaces cumulées des différents types de végétation le long du fleuve Charente aux quatre dates d’analyse.

A : Surface cumulée en m² en île enherbée ; B : Surface cumulée en m² en île boisée.

La progression des surfaces arborées entre 1972 et 2017 tend à s’accélérer à l’échelle du cours d’eau à un rythme annuel de +2,8 % (tab. 20), mais elle reste très localisée à la section médiane (fig. 109B). Cet enforestement peut être attribué à l’expansion naturelle de la forêt alluviale et à la conversion des espaces agricoles en peupleraies. Les surfaces enherbées restent toutefois très présentes sur l’ensemble du linéaire et font l’objet d’une progression notable à un rythme annuel de +1,2 % entre 1972 et 2017 (tab. 19) en liaison avec le maintien du pâturage ou des cultures céréalières sur les îles de grande dimension (types 4 et 5).

Surface enherbée (en m ²)	1866-1899	1899-1972	1972-2017	1866-2017
Taux d’évolution par période (en %)	-47	+40	+56	+16
Taux d’évolution par an (en %)	-1,4	+0,6	+1,2	+0,1

Tab. 19 – Taux d’évolution de l’indice de la surface enherbée (en m²) des îles.

Il est établi à partir des valeurs brutes

Surface boisée (en m ²)	1866-1899	1899-1972	1972-2017	1899-2017
Taux d’évolution par période (en %)	-	-18	+126	+86
Taux d’évolution par an (en %)	-	-0,2	+2,8	+0,7

Tab. 20 – Taux d’évolution de l’indice de la surface boisée (en m²) des îles.

Il est établi à partir des valeurs brutes

5. Trajectoires d'évolution des îles fluviales sur la période 1866-2017

5.1. Typologie d'évolution des îles fluviales

Une typologie d'évolution des îles fluviales a été construite afin de produire une analyse des modèles de trajectoire d'évolution. Elle permet d'identifier sept types d'évolution distincts au cours de la période d'analyse (fig. 110).

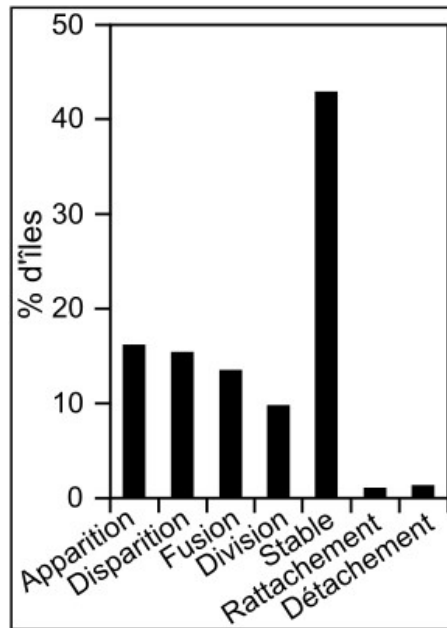


Fig. 110 – Répartition des types d'évolution des îles sur la période 1866-2017.

Le type apparition (16 %) concerne principalement les unités fluviales de type 1 apparentées aux îlots. Ainsi, ce type d'évolution n'inclut pas les îles issues d'une division ou d'un détachement de la berge.

Le mécanisme de disparition englobe les îles dont la surface a disparu totalement du linéaire fluvial (15 %). Les îles rattachées à la berge ou agglomérées à d'autres îles ne sont pas comprises dans ce type d'évolution.

Le processus de fusion comprend les îles dont la surface a augmenté par agglomération d'îles entre elles (13 %). Deux cas particuliers sont distingués : le rattachement d'une ou plusieurs petites unités à une grande île et le regroupement de plusieurs îlots en une île de taille modeste. Ils se produisent soit par comblement du chenal sous l'effet d'une action anthropique ou par l'empiétement de la végétation.

Le mécanisme de division rassemble 10 % des îles. Là aussi, deux cas s'observent : le démantèlement d'îles dont les extrémités sont étroites par rapport au chenal principal, les crues fréquentes du cours d'eau peuvent alors être à l'origine de brèches, celles-ci s'agrandissent et la partie trop mince finit par se détacher de l'île et par former des unités plus

fragiles ; et le démantèlement de grandes îles pour lesquelles il s'était opéré un processus de rattachement au XX^e siècle après le colmatage des petits chenaux.

Le type « stable » regroupe 43 % des îles. Ces îles n'ont subi aucun processus d'évolution entre 1866 et 2017 que cela soit la fusion, la division, le rattachement à la berge ou le détachement de la berge. Ces îles peuvent subir un processus de migration vers l'aval lié aux mécanismes d'érosion et de sédimentation mais ce processus de migration reste difficile à attester et à évaluer en raison de la relative stabilité de leur position (i.e., centroïde de l'île) et de la marge d'erreur globale liée à la méthode.

Le rattachement à la berge inclut les îles qui se rattachent à la berge suite au colmatage du chenal secondaire les séparant de la berge (1 %). Ce type de processus est peu observé sur le fleuve Charente sur la période 1866-2017. Mais, il semble qu'il soit néanmoins beaucoup plus présent avant 1866 d'après l'étude des toponymes des prairies de la plaine alluviale officialisés sur les plans cadastraux du début du XIX^e siècle. 22 îles auraient ainsi fait l'objet d'un rattachement à la berge sur une période antérieure au XIX^e siècle : 21 îles dans la partie amont anastomosée (zones Z1 et Z2) et 1 île dans la partie aval du fleuve (zone Z3).

Le détachement de la berge concerne seulement 1 % des îles. Il implique deux mécanismes distincts. Le premier correspond au détachement d'une grande île pour laquelle il s'était opéré un processus de rattachement à la berge au cours du XIX^e siècle suite au colmatage du chenal secondaire. Le deuxième implique le détachement de fragments de plaine alluviale sous l'effet des interventions anthropiques pour accroître la navigabilité ou améliorer l'écoulement des eaux en temps de crue.

5.2. Analyse spatiale de la typologie d'évolution

La répartition de la typologie d'évolution montre la prédominance du type « stable » aux trois périodes d'étude ce qui souligne la tendance globale à la stabilité des îles à l'échelle du fleuve Charente (fig. 111A-C). Cet état stable concerne ainsi 60 % des îles entre 1866 et 1899, 24 % entre 1899 et 1972, et 48 % entre 1972 et 2017. Les types d'évolution « apparition », « disparition », « fusion » et « division » sont représentés de manière assez variable à l'échelle du linéaire fluvial. Les processus de détachement de la berge et de rattachement à la berge sont quant à eux marginaux.

L'analyse multi-dates de la typologie d'évolution des îles à l'échelle du linéaire fait ressortir trois évolutions inter-périodes principales. La première souligne une tendance globale à la simplification de la mosaïque fluviale sur les périodes 1866-1899 et 1899-1972 (fig. 111A, B). Cette évolution est expliquée, entre 1866 et 1899, principalement par disparition des unités fluviales (25 %) et plus secondairement par agglomération des formes entre elles (7 %) et par rattachement des îles à la berge (3 %). À l'inverse, entre 1899 et 1972, le mécanisme d'agglomération (22 %) est plus significatif que le processus de disparition (8 %).

La deuxième montre une tendance générale à la complexification de la mosaïque fluviale sur les périodes 1899-1972 et 1972-2017, ce processus étant plus accentué sur la première période que sur la deuxième (fig. 111B, C). Entre 1899 et 1972, cette complexification se tra-

duit essentiellement par l'apparition de nouvelles unités fluviales (37 %) et plus faiblement par division des formes (7 %). À l'inverse, entre 1972 et 2017, l'augmentation des îles est attribuée majoritairement à la division d'unités (19 %). Le mécanisme de détachement (2 %) apparaît seulement à cette période : 2 unités se forment par détachement de fragments de plaine alluviale et 1 unité apparaît par reconnexion d'un chenal secondaire très étroit et peu profond à un affluent du fleuve Charente.

Enfin, la troisième évolution démontre une tendance générale à la stabilité des îles anciennes et à la stabilisation des nouvelles unités apparues en 1972 jusqu'à l'Actuel. Les trois grandes tendances évolutives globales observées ci-contre sont corroborées à l'échelle des trois zones (Z1, Z2 et Z3) du fleuve Charente sans pouvoir pour autant distinguer des spécificités d'évolution propres à chacune d'entre elles.

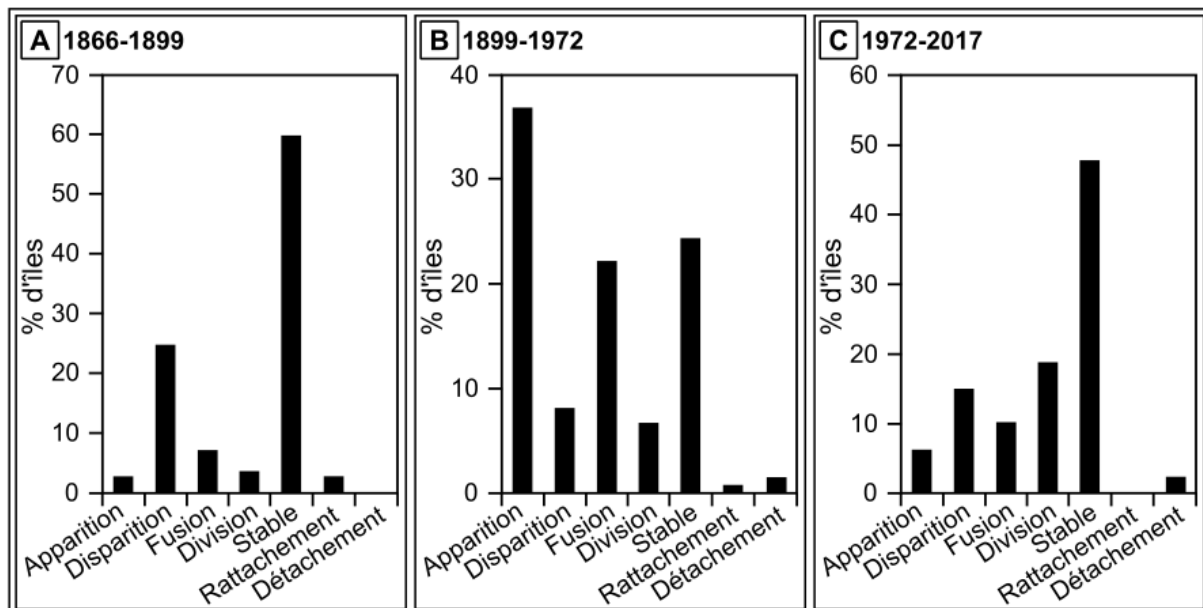


Fig. 111 – Répartition des types d'évolution des îles du fleuve Charente par période.

A : Période 1866-1899 ; B : Période 1899-1972 ; Période 1972-2017.

5.3. Trajectoire d'évolution des îles du fleuve Charente

Les îles fluviales peuvent emprunter en théorie 1 536 trajectoires d'évolution possibles au cours de la période d'étude à partir des sept types d'évolution précédemment présentés (fig. 110). Seuls 28 modèles d'évolution ont finalement été identifiés (tab. 21).

L'analyse des trajectoires d'évolution de la totalité des îles du jeu de données met en évidence la prédominance du modèle 3 ce qui souligne une tendance globale à la stabilité des îles à l'échelle du cours d'eau sur la période 1866-2017 (tab. 21). Toutefois les $\frac{3}{4}$ des îles du corpus étudié montrent des trajectoires plus complexes avec une ou deux ruptures sur la période d'analyse. Les modèles 1, 9, 12 et 18 sont les plus couramment identifiés à l'échelle du linéaire fluvial et comprennent entre 5 % et 13 % du corpus. Les autres modèles d'évolution sont quant à eux peu représentés et incluent moins de 5 % des îles.

Identifiant	1866-1899	1899-1972	1972-2017	% d'îles
1	Disparition	-*	-	7,1
2	Division	Fusion	Stable	2,5
3	Stable	Stable	Stable	26,4
4	Apparition	Stable	Stable	0,8
5	Stable	Disparition	-	4,6
6	Stable	Stable	Disparition	0,8
7	Stable	Stable	Fusion	2,8
8	Stable	Division	Stable	2,5
9	Stable	Fusion	Division	7,4
10	Fusion	Fusion	Division	1
11	Apparition	Disparition	-	0,5
12	Stable	Fusion	Stable	7,1
13	Stable	Fusion	Fusion	1,5
14	Stable	Division	Fusion	1,3
15	Stable	Stable	Division	2,5
16	Stable	Division	Fusion	1,5
17	Fusion	Fusion	Division	3,8
18	-	Apparition	Stable	12,2
19	-	Apparition	Disparition	4,6
20	-	Apparition	Fusion	1,8
21	-	Apparition	Division	0,8
22	-	-	Apparition	2
23	-	-	DB*	0,5
24	Fusion	Division	Stable	0,5
25	RB	-	-	0,3
26	Stable	RB*	DB	0,8
27	-	DB	Stable	0,5
28	RB	DB	Division	2

- : île non présente sur le linéaire

RB* : Rattachement à la berge

DB* : Détachement de la berge

Tab. 21 – Modèles de trajectoire d'évolution des îles fluviales à l'échelle du linéaire.

6. Conclusion

Ce travail sur les îles du fleuve Charente vient renforcer les études diachroniques sur la dynamique des îles fluviales à court et moyen termes et plus particulièrement sur celles des cours d'eau anastomosés en contexte tempéré océanique. Jusqu'à présent, rares sont les recherches sur les îles associées aux anastomoses car elles ont été longtemps considérées comme des formes stables sur le long terme (Nanson et Knighton, 1996). Les résultats acquis nuancent cette conclusion et tendent à démontrer que ce sont les formes fluviales les plus dynamiques au sein d'un système fluvial globalement stable. Si les îles charentaises observent visiblement des évolutions dans leur trajectoire, ces dernières s'effectuent sur des rythmes très lents (pluridécennal à centennal) abstraction faite des interventions anthropiques en accord avec la très faible énergie du fleuve Charente et conformément aux travaux précédents sur la dynamique des îles des cours d'eau anastomosés (Gautier *et al.*, 2016).

Les résultats obtenus confirment l'existence d'une très grande diversité des îles au sein des paysages d'anastomoses du fleuve Charente d'après la typologie morphologique établie. Cette typologie suggère de ce fait le caractère non exclusif des îles au profil concave en forme de « saucière » décrites par Smith (1986) sur la rivière Magdalena, par Makaske (2001) sur la rivière Tonlé Sap ou encore par Rozo *et al.* (2012) sur le fleuve Amazone. Les îles charentaises devront ainsi faire l'objet d'études supplémentaires tant d'un point de vue géomorphologiques, biogéomorphologiques que sédimentologiques afin d'affiner cette première typologie basée uniquement sur leur forme en plan.

Ce travail nécessite notamment d'être renforcé par une étude diachronique à une échelle plus fine (i.e., pluridécennale) à partir de photographies aériennes afin d'affiner les modèles de trajectoires d'évolution proposés, de mieux évaluer la dynamique de la ripisylve et d'analyser les processus hydro-sédimentaires à l'origine de la formation et de l'évolution des îles. Ce dernier point permettra de mettre en évidence les rythmes de sédimentation et d'érosion ainsi que les impacts des événements de crues sur les processus sédimentaires.

PARTIE 4

ARCHITECTURE SÉDIMENTAIRE DE LA PLAINE ALLU- VIALE DU FLEUVE CHARENTE AU COURS DE L'Holocène

Chapitre 10. Démarche méthodologique mise en place pour analyser l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale du fleuve Charente

1. Introduction

Ce chapitre présente le volet méthodologique mis en œuvre au cours de ce travail afin de documenter l'architecture, l'organisation, les faciès et la composition sédimentaires de la plaine alluviale du fleuve Charente. Après une présentation de la stratégie de sélection des sites d'étude, ce chapitre expose la démarche d'acquisition des données de terrain par tomographie de résistivité électrique (ERT), carottage et bathymétrie mono-faisceaux et les données analytiques (perte au feu, analyses granulométriques, datations ^{14}C).

2. Sélection des sites d'étude

Les travaux de terrain ont été réalisés sur deux sites d'étude : Angeac-Charente (Charente) et Chaniers/Courcoury (Charente-Maritime) (fig. 112). Leur sélection s'explique avant tout par leur localisation au sein du linéaire fluvial. Le site d'Angeac-Charente se situe dans la section amont où l'anastomose est la plus développée alors que le site de Chaniers/Courcoury est localisé dans la section aval à chenal unique à méandres. Dans les deux cas, les sites retenus incluent des îles qui constituent l'essentiel de la plaine alluviale.

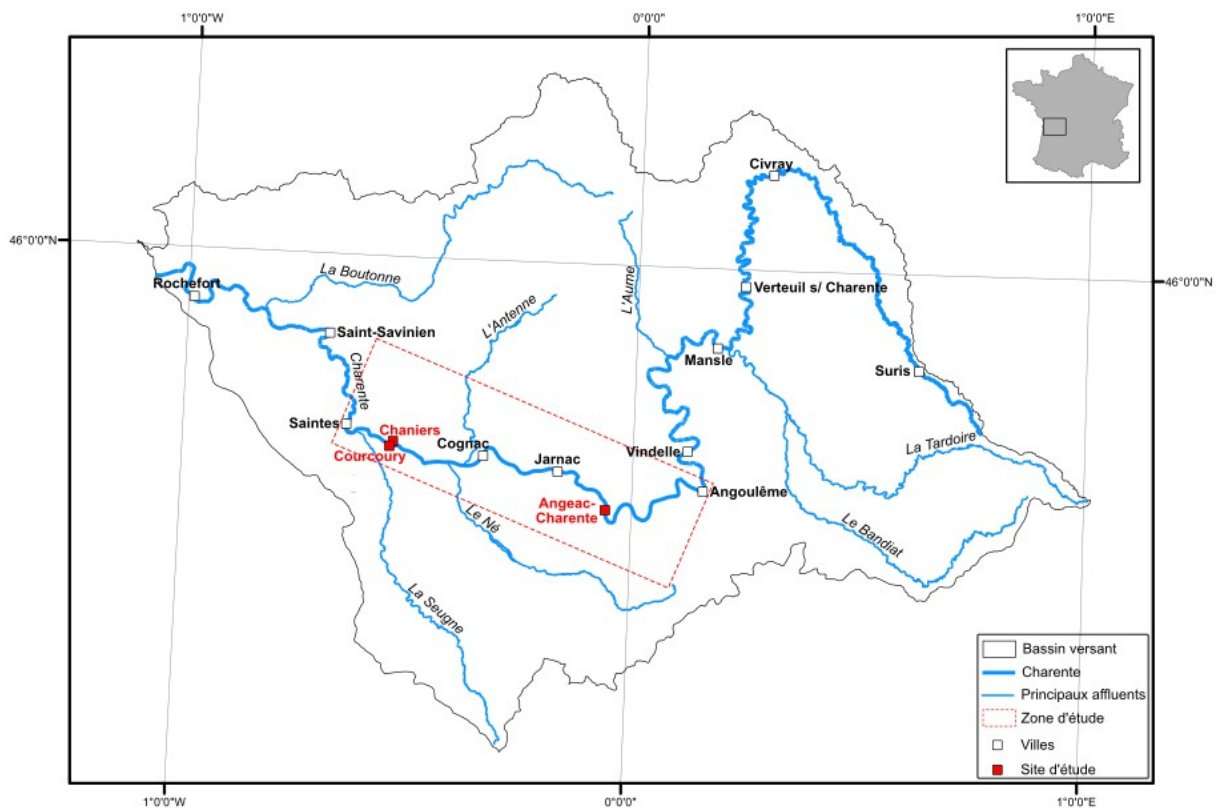


Fig. 112 – Localisation des sites d'étude à l'échelle du bassin versant du fleuve Charente.

Ce choix de site est également justifié par l'identification de paléochenaux visibles sur le terrain, sur les photographies aériennes et/ou sur le MNT LiDAR et par l'existence d'un corpus de données géohistoriques de bonne qualité aidant à la compréhension de la dynamique fluviale sur les trois derniers siècles en particulier pour le site de Chaniers. Ces deux sites représentent un enjeu de restauration fort en termes de rétablissement de la qualité des eaux et des continuités écologiques et sédimentaires et un potentiel géoarchéologique important attesté par les récentes découvertes subaquatiques notamment médiévales pour le site de Chaniers (Chapelot et Rieth, 1995, 2007) et néolithiques pour le site d'Angeac-Charente (Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019). Ces sites présentent aussi une diversité des aménagements (e.g., moulin, barrage, seuil, écluse, canal de dérivation, enrochements, etc.) répartis sur une période historique entre le Néolithique et l'Époque contemporaine susceptible d'avoir impacté la dynamique fluviale à l'échelle locale.

3. Acquisition des données de terrain

3.1. Topographie : identification des paléo-formes dans la plaine alluviale

Au cours des travaux de terrain, l'organisation topographique de la plaine alluviale du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes a été étudiée à travers une analyse diachronique des paléo-formes (paléochenaux, paléo-îles, paléo-berges) sous SIG (fig. 113A-D). Elle a impliqué la consultation de quatre types de données : 1) les plans du cadastre napoléonien récupérés auprès des Archives départementales de la Charente-Maritime et de la Charente, 2) les séries de photographies aériennes anciennes (1950-1965) et récentes (2014) de l'IGN, 3) la carte topographique actuelle au 1:25 000 (SCAN 25[®] IGN) et 4) le MNT à une résolution de 1 m fourni par l'EPTB Charente. L'objectif est ici 1) d'identifier les paléo-formes et leurs caractéristiques morphologiques (style fluvial) et 2) de déterminer spatialement jusqu'où était présente l'anastomose sur la zone d'étude. Ces travaux se sont inspirés d'études menées sur des cours d'eau italiens (Scorpio *et al.*, 2018) ou français (Lescure, 2015).

Les paléo-formes (paléochenaux, paléo-îles, paléo-berges) ont été digitalisées sous le logiciel *Qgis* à l'échelle 1:2 500 par le même opérateur à partir des photographies aériennes (1950 et 2014) (fig. 113A, B) et du MNT à haute résolution, ce dernier ayant fait l'objet d'un traitement afin de faire ressortir les anomalies susceptibles de correspondre aux paléo-formes (fig. 113C). Les paléo-chenaux sont représentés par les limites de leurs berges et dans certains cas par leur axe central lorsque la visibilité de leur empreinte est insuffisante (fig. 113D).

La structure fluviale des paléo-chenaux est déterminée à partir de la classification proposée par Scorpio *et al.* (2018) adaptée de celle de Rinaldi *et al.* (2013) et Rinaldi *et al.* (2015). Quatre styles fluviaux ont été retenus : 1) chenal unique rectiligne, 2) chenal unique méandriforme, 3) chenal unique sinueux et 4) chenaux à anabranches, ce terme étant utilisé de manière descriptive. Les paléo-formes ont été superposées aux formes fluviales actuelles de la plaine alluviale, i.e. les chenaux et les îles du SCAN 25[®] IGN, déjà digitalisées en amont de ce travail. Les résultats sont présentés plus en détail sur les deux sites ayant fait l'objet d'une approche de terrain.

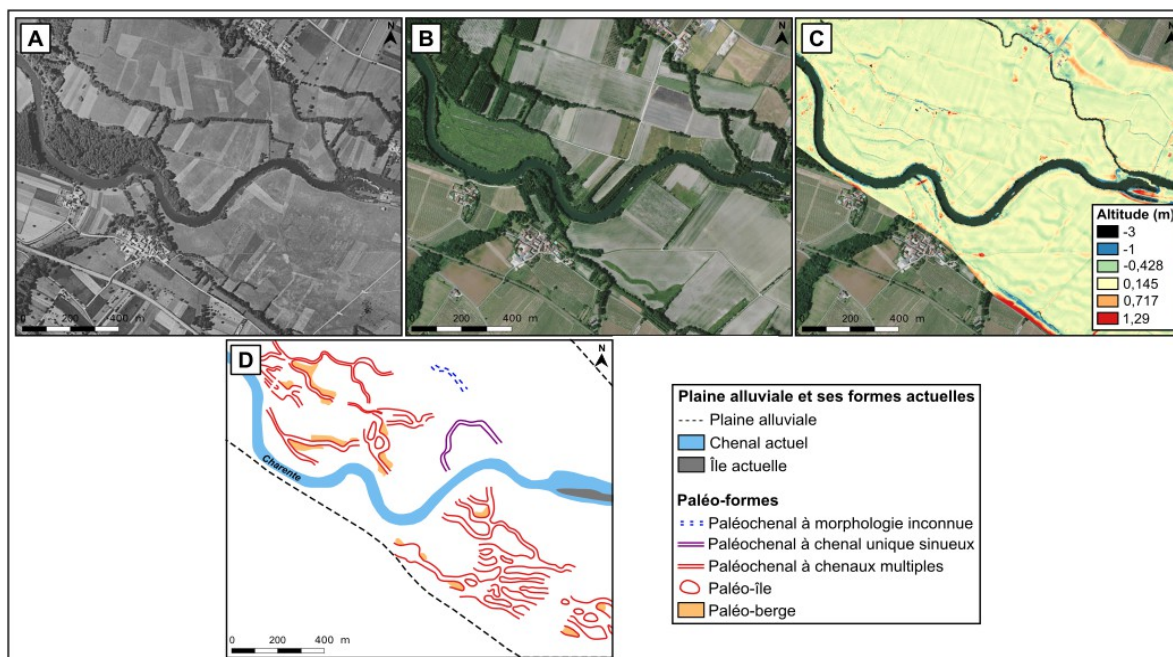


Fig. 113 – Méthode employée pour la détection des paléo-formes.

A : Photographie aérienne 1950-1965 (Source : IGN). Les empruntes de paléochenaux sont identifiées dans les champs cultivés ; B : Photographie aérienne 2014 (Source : IGN). Les empruntes des paléochenaux sont difficilement identifiables en raison de l'urbanisation et du réseau parcellaire ; C : MNT à haute résolution. Les paléochenaux correspondent aux dépressions topographiques et les paléo-îles sont assimilées aux formes bombées ; D : Cartographie des paléo-formes sur le site Bassac/Saint-Amant-de-Graves.

3.2. Tomographie de résistivité électrique

Les deux sites d'étude ont fait l'objet de prospections électriques entre 2019 et 2020 (fig. 114A-C). Ces dernières ont pour objectif 1) d'étudier la géométrie du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des îles et 2) d'identifier des paléoflumes (i.e., paléochenaux et paléo-îles) ainsi que l'organisation de leur remplissage.

Neuf sections de résistivité électrique, de longueur variable (95 à 550 m), ont été réalisées, six sur le site d'Angeac-Charente (fig. 114A) et trois sur le site de Chaniers/Courcoury (fig. 114C). Elles ont été acquises à l'aide d'un Terrameter LS 12 voies (Abem) muni de 64 électrodes (fig. 114B) en utilisant le protocole dipôle-dipôle (Reynolds, 1997). Ce dernier semble être le plus adapté pour répondre aux objectifs fixés préalablement. Les profils ERT ont été levés en travers de la plaine alluviale et dans certains cas perpendiculairement à l'axe de paléochenaux identifiés à partir du MNT LiDAR. Pour acquérir une précision suffisante et ce dès la surface, l'écartement inter-électrode a été fixé à 1 m afin d'obtenir une profondeur d'investigation maximale de l'ordre de 12 mètres. Seule une section de résistivité a été réalisée avec un espacement de 2 m entre les électrodes afin de réduire le temps de prospection.

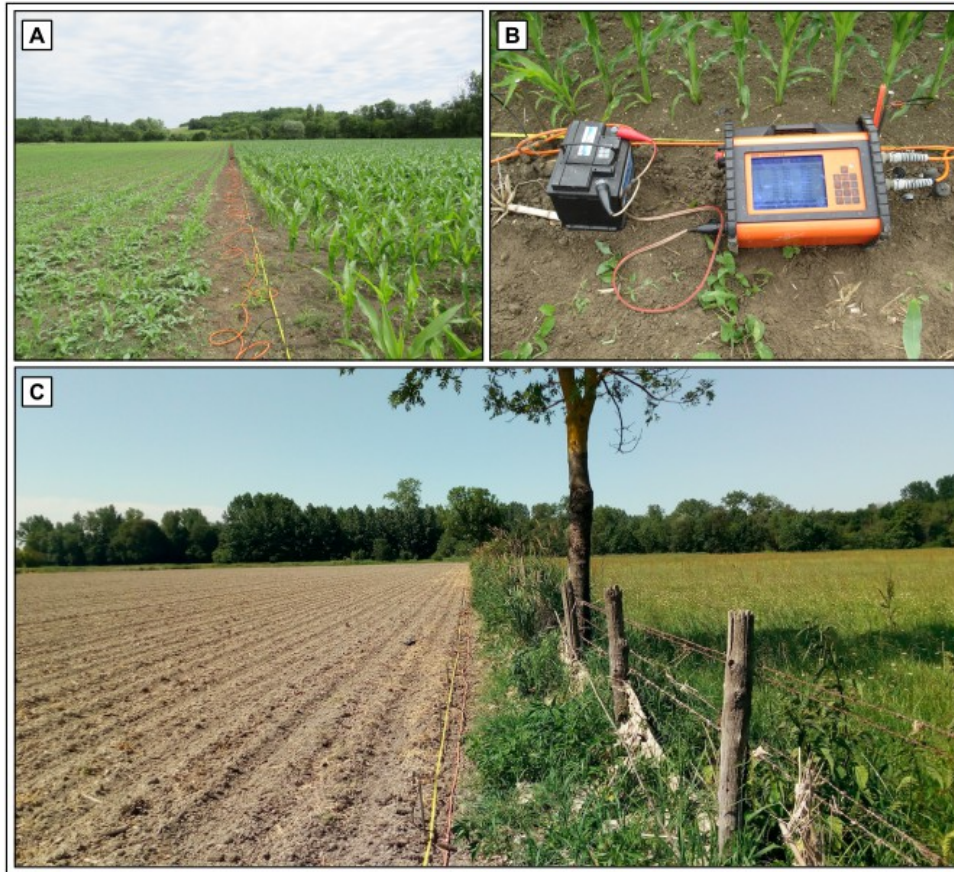


Fig. 114 – Levée des profils ERT.

A : Levée du profil ERT2-AC à Angec-Charente. Source : A. Duquesne, juin 2019 ; B : Terrameter LS 12 voies (Abem) ; C : Levée du profil ERT3-COU à Courcoury. Source : A. Duquesne, juin 2020.

Les mesures de résistivité apparente ont fait l'objet d'une inversion des données (Reynolds, 1997) à l'aide du logiciel Res2dinv (Geotomo Software) (Loke, 2000). Ce procédé consiste à déterminer la distribution des résistivités vraies (modèle) à partir des mesures de résistivité apparente. Lorsqu'un modèle est établi, le logiciel calcule les résistivités apparentes qui auraient été mesurées à l'aplomb du modèle. Ces valeurs de résistivité apparente calculées sont ensuite comparées aux valeurs mesurées. L'opération est répétée plusieurs fois selon la valeur de l'erreur RMS (Root Mean Square error) jusqu'à ce que l'écart entre les données calculées et les mesures soit acceptable (erreur RMS < 3 %). Le modèle correspondant est alors considéré à l'image du sous-sol. Lors des traitements, les signaux bruités ont été éliminés. La topographie de la surface relevée sur le terrain au DGPS a été finalement intégrée pour chacune des sections obtenues.

3.3. Carottage

Une série de carottages a été prélevée au niveau des deux sites d'étude (fig. 115A-B). Leur analyse a pour objectifs principaux 1) de déterminer la stratigraphie du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des paléochenaux (faciès, granulométrie, structures sédimentaires) ; 2) de caractériser la nature, les processus sédimentaires et les paléo-milieus de sédimentation attribués à ces séquences ; 3) d'établir la chronologie de la mise en place et

de l'évolution de la plaine alluviale et d'abandon des paléochenaux par la réalisation de datations ^{14}C et 4) d'identifier les spécificités en termes d'architecture sédimentaire entre la section amont anastomosée et la section aval méandriforme du fleuve Charente.

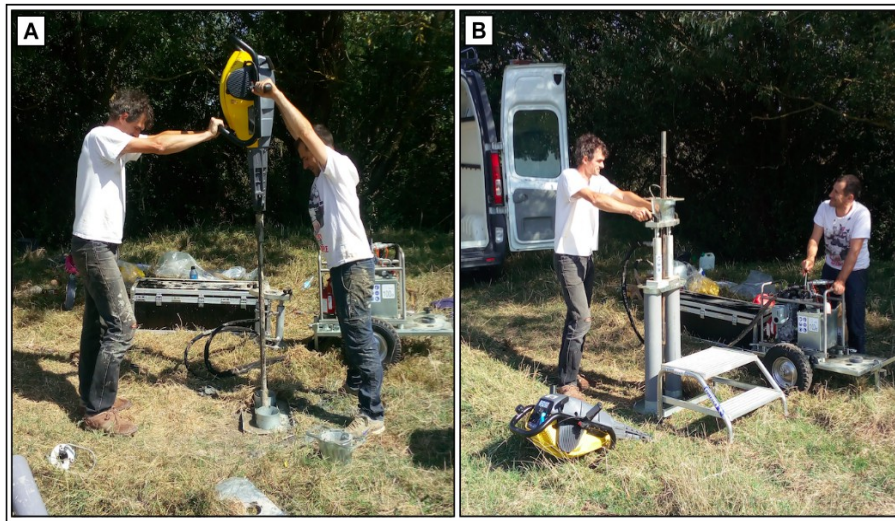


Fig. 115 – Méthode de prélèvement des carottes (prélèvement de la carotte CHA01, Chaniers).

A : Enfoncement de la gouge au vibro-percuteur ; B : Extraction de la gouge à l'extracteur mécanique. Source : A. Duquesne, août 2019.

Neuf carottages ont finalement été réalisés, six sur le site d'Angeac-Charente et trois sur le site de Chaniers/Courcoury, à l'aide d'un carottier vibro-percuteur type Cobra TT afin de préserver la stratigraphie et de procéder à des analyses en laboratoire (fig. 115A-B). Les carottages ont été extraits au moyen de tube PVC de 1 m de longueur et de 6 cm de diamètre sur une profondeur de 2 m à 9 m jusqu'à atteinte du substrat ou refus sur des sédiments grossiers. L'emplacement des prélèvements a été sélectionné d'après les données obtenues dans le cadre de ce travail (topographie, tomographie de résistivité électrique, archives géo-historiques). Les carottages ont de ce fait été acquis à l'intersection des sections de résistivité soit en travers de l'axe des paléochenaux soit au cœur de la plaine alluviale en fonction des objectifs fixés.

3.4. Bathymétrie mono-faisceaux

Ce volet méthodologique vise à obtenir une image « complète » de l'ensemble plaine alluviale, îles et chenaux compris. Les levés bathymétriques ont pour objectif 1) de déterminer les caractéristiques morphométriques des chenaux actuels afin de les comparer avec les paléochenaux (i.e., largeur, profondeur, ratio l/p) et 2) d'identifier les impacts morphologiques et hydro-sédimentaires des interventions humaines (e.g., barrage, seuil, écluse, dragage, etc.) sur les chenaux (colmatage, etc.).

Les levés bathymétriques ont été effectués sur les deux sites d'étude entre 2019 et 2020 au moyen d'un sondeur mono-faisceaux Tritech PA500 kHz (fig. 116A), avec un pas en général de 1 à 2 m. L'acquisition des données bathymétriques a été dépendante des conditions météorologiques (i.e., crue du fleuve Charente en décembre-janvier 2019) (fig. 116B, C) et

des conditions de terrain : obstacles en surface (bois morts, seuils) (fig. 116B, D), ensablement des petits chenaux (fig. 116C), végétation ou pierre en fond de lit (fig. 116F). Les données ont été ensuite géoréférencées par GPS en mode temps réel RTK (Real-Time Kinematic).

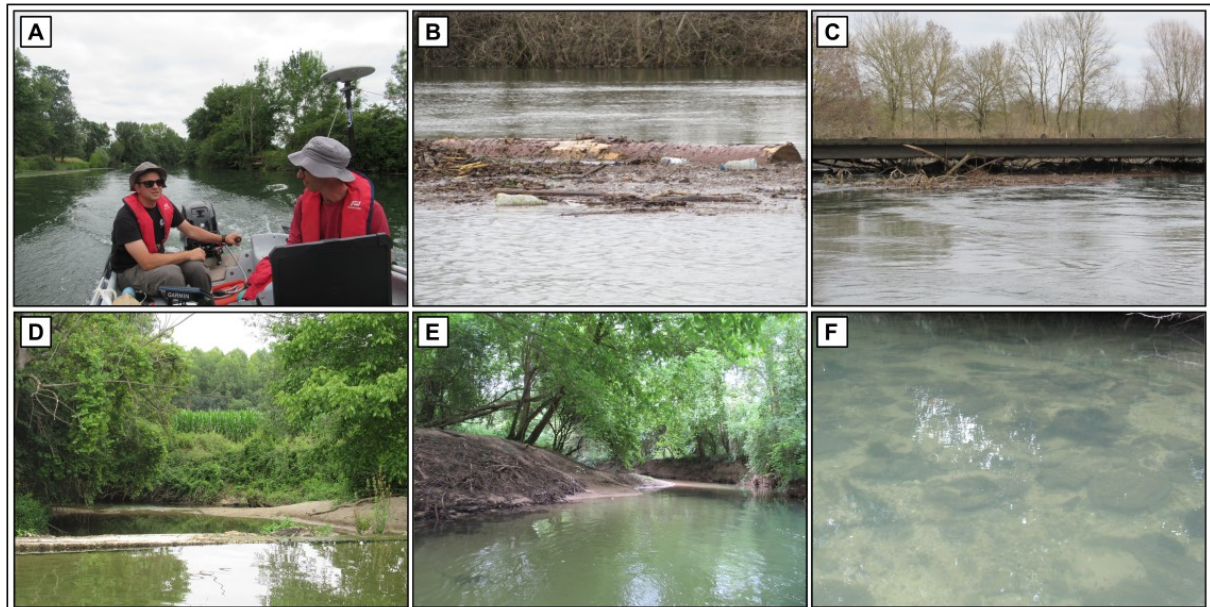


Fig. 116 – Levés bathymétriques et exemples d’obstacles rencontrés sur le fleuve Charente.

A : Levé bathymétrique avec le sondeur mono-faisceau (Angeac-Charente) ; B : Bois morts transportés lors de la crue hivernale de décembre 2019 (Chaniers) ; C : Obstacle à la navigation lors de la crue hivernale de décembre 2019 (Chaniers), D : Digue en travers d’un des chenaux du fleuve Charente (Angeac-Charente) E : Réduction de la largeur et de la profondeur du Brassiaud (Angeac-Charente) ; F : Matériel grossier en fond de lit du Brassiaud (Angeac-Charente). Source : A. Duquesne.

4. Traitement des données sédimentaires

4.1. Description des séquences sédimentaires

Après ouvertures et photographies en laboratoire, les carottes ont fait l’objet d’une description macroscopique des faciès. Un référentiel de faciès, inspiré de la classification des faciès de Miall (1996), a été construit afin d’homogénéiser les données sédimentaires et de réaliser une comparaison inter-sites (tab. 22).

La description des faciès repose sur plusieurs paramètres : la texture des sédiments (e.g., sables, argile, etc.), la structure sédimentaire (e.g., massive, laminations), la granulométrie (sableuse, mixte, etc.), les inclusions présentes (e.g., macro-restes, éléments racinaires, artefacts anthropiques, etc.) et l’architecture des dépôts (e.g., géométrie, granulométrie, localisation dans la plaine d’inondation). Chaque faciès a également été déterminé à partir des résultats de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques (texture, analyse EMMA, Image CM). Au final, dix faciès ont été identifiés au sein de ce travail (tab. 22) : un faciès correspondant au sol (S), quatre faciès à granulométrie fine (zCm, zCl, sZm, zSm), un faciès tourbeux (P), un faciès associé à un substrat calcaire (L), deux faciès sableux (Sm, Sl) et

un faciès graveleux avec une matrice sableuse (Gms). Ce dernier doit être considéré avec prudence car les formations sablo-graveleuses n'ont pu être prélevées dans leur ensemble et dans le cas contraire, les graviers n'ont pas fait l'objet d'analyses spécifiques. Les unités et sous-unités stratigraphiques (US) de chaque séquence sont associées à l'un de ces faciès. Les limites des US ont ensuite été précisées en fonction des résultats des analyses sédimentaires. Leur numérotation se fait par ordre chronologique de dépôt, de la plus ancienne à la plus récente où US1 et US1a sont respectivement l'unité et la sous-unité la plus ancienne.

Code faciès	Photographie	Faciès sédimentaire	Structure sédimentaire	Interprétation
S		Sable, limon et/ou argile (<i>soil</i>)	Massive. Éléments racinaires. Bioturbation	Dépôt de débordement en plaine alluviale distale. Formation d'un sol
P		Tourbe (<i>peat</i>)	Massive avec inclusion de macro-restes	Tourbière
L		Calcaire (<i>limestones</i>)	Massive	Substrat
zCm		Argile limoneuse (<i>silty clay</i>)	Massive	Dépôts de débordement lent en plaine alluviale distale
zCl		Argile limoneuse organique litée (<i>organic silty clay</i>)	Fines laminations horizontales. Inclusion de macro-restes	Dépôts de débordement lent en plaine alluviale distale. Origine fluvio-marine
sZm		Limon sableux fin (<i>sandy silt</i>)	Massive ou faibles laminations horizontales. Inclusion de macro-restes	Dépôt de débordement lent en plaine alluviale distale
zSm		Sable limoneux fins (<i>fine silty sand</i>)	Massive	Dépôt de débordement modéré ou dépôt de bras mort
Sl		Sable fin à grossier, laminations horizontales (<i>fine to coarse sand, horizontal laminations</i>)	Laminations horizontales	Dépôt de débordement modéré ou dépôt de bras mort
Sm		Sable fin à grossier (<i>fine to coarse sand</i>)	Massive ou faibles laminations	Dépôt de débordement dynamique ou dépôt de bras mort
Gms		Gravier massif dans une matrice sableuse (<i>matrix-supported massive gravels</i>)	Massive ou faibles laminations. Gradient normal	Charge de fond de chenal de forte compétence

Tab. 22 – Inventaire des faciès sédimentaires identifiés.

4.2. Méthodes d'analyse des séquences sédimentaires

4.2.1. Teneur en matière organique (perte au feu)

Le pourcentage de teneur en matière organique est obtenu à partir des analyses de la perte au feu d'après le protocole proposé par Dean (1974) et modifié par Heiri et al. (2001). Ce procédé a été réalisé sur les neuf carottes.

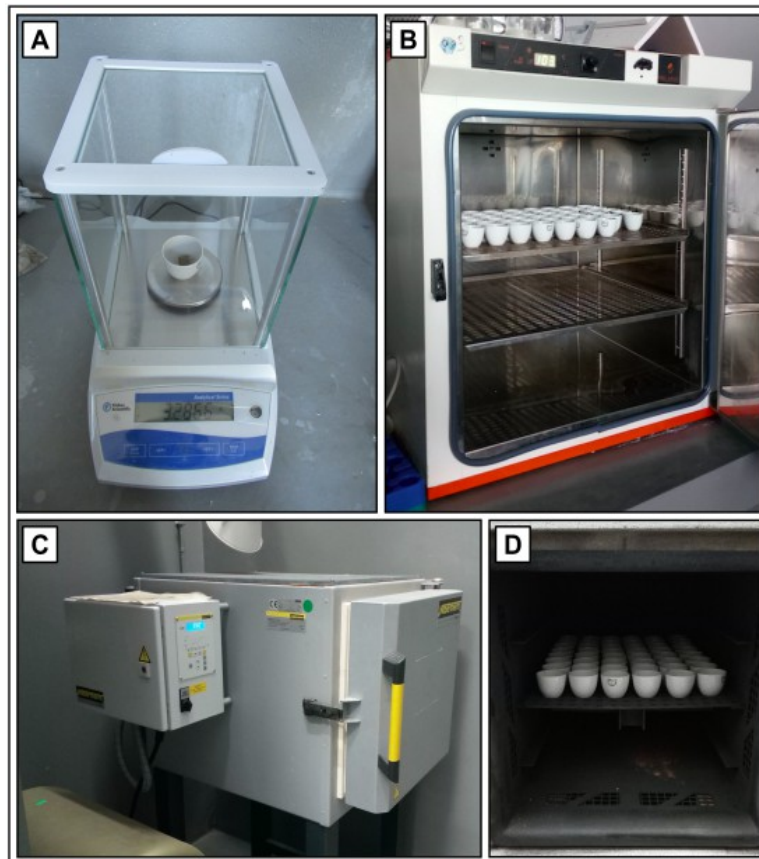


Fig. 117 – Perte au feu.

A : Pesée des échantillons avant le passage à l'étuve à 55°C ; B : Refroidissement des échantillons après séchage à 105°C dans l'étuve (24 h) ; C : Cuisson des échantillons à 550°C au four à moufle ; D : Refroidissement des échantillons après cuisson à 550°C au four à moufle. Source : A. Duquesne.

760 échantillons ont donc été prélevés sur un pas d'échantillonnage systématique de 5 cm (2 cm³). Après avoir été pesés (fig. 117A) et séchés à l'étuve à 55°C pendant 24 h, les échantillons sont séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h (fig. 117B) et pesés une deuxième fois après refroidissement. Les échantillons sont ensuite chauffés pendant 4 h à 550°C dans un four à moufle et pesés après refroidissement (fig. 117C, D). Le pourcentage de la teneur en matière organique est calculé selon la formule donnée par Heiri et al. (2001) :

$$LOI_{550} = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) * 100$$

où LOI₅₅₀ équivaut à la perte au feu à 550°C, DW₁₀₅ est le poids sec de l'échantillon après le passage à 105°C et DW₅₅₀ est le poids sec de l'échantillon dépourvu de matière organique après le passage à 550°C.

4.2.2. Analyses granulométriques

Le prélèvement des sédiments a été effectué sur les neuf carottes sur un pas d'échantillonnage systématique de 5 cm (2 cm³). 760 échantillons ont fait l'objet d'une analyse granulométrique à l'aide d'un granulomètre laser Horiba LA-960V2 au laboratoire LIENSs – CNRS – UMR 7266 de La Rochelle Université (fig. 118). Les échantillons ont été préalablement séchés à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Les échantillons inférieurs à 2 mm ont été broyés et ensuite hydratés à l'hexamétaphosphate de sodium pendant 15 minutes afin de disperser les particules. Les échantillons supérieurs à 2 mm ont quant à eux été pesés et tamisés (2 000 µm) avant d'être hydratés.

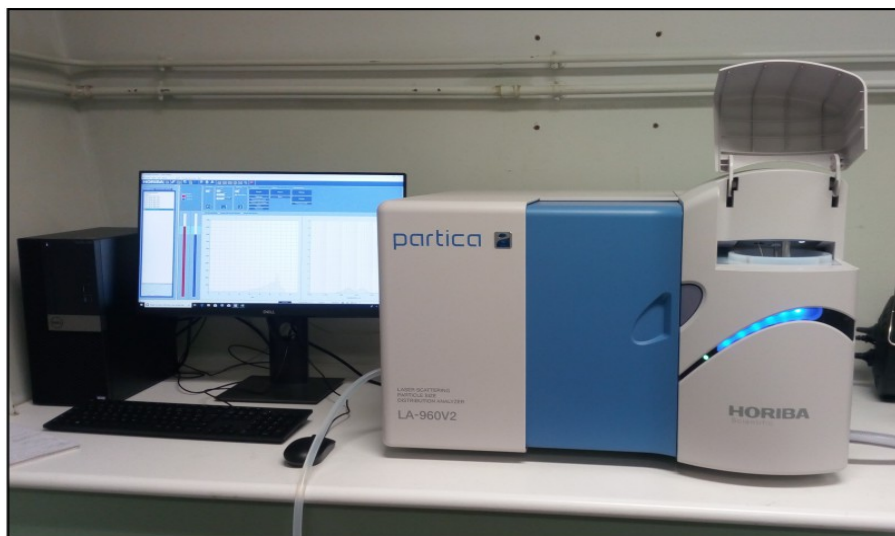


Fig. 118 – Mesure granulométrique au moyen du granulomètre laser Horiba LA-960V2.
Source : A. Duquesne.

4.2.3. Traitement des données granulométriques

4.2.3.1. Caractérisation de la texture granulométrique des séquences

Le traitement des données granulométriques a été réalisé à l'aide du logiciel GRADISTAT (Blott et Pye, 2001) sous le logiciel Excel. Les résultats obtenus ont permis de renseigner la texture de la séquence par distinction des fractions argileuse, limoneuse et sableuse, de construire le triangle des textures et de caractériser les échantillons d'un point de vue textural selon la classification de Wentworth (1922). Au final, cette méthode vise à affiner la description texturale des faciès sédimentaires et les limites des unités stratigraphiques.

4.2.3.2. Interpolation des données granulométriques

La résolution fine de l'échantillonnage (pas de 5 cm) permet une représentation « en continu » par interpolation de la granulométrie de chaque séquence afin de faciliter la visualisation et l'interprétation. Les données granulométriques (q en %) ont ainsi fait l'objet d'une interpolation à partir d'une fonction de puissance gaussienne sous le logiciel ArcGis à l'aide du jeu d'outils Analyse géostatistique.

4.2.3.3. Modélisation des membres finaux (EMMA)

La modélisation des membres finaux est une approche plus expérimentale qui considère les données cumulées comme des mélanges de populations. Elle cherche à aller au-delà des méthodes usuelles et de leur biais, i.e. les moments statistiques de 1^{er} et 2^e ordre qui n'ont de sens que si la population observée présente une distribution gaussienne (Mercier, 2013). Les données acquises dans le cas de ce travail montrent fréquemment une distribution granulométrique multimodale (fig. 119A-D).

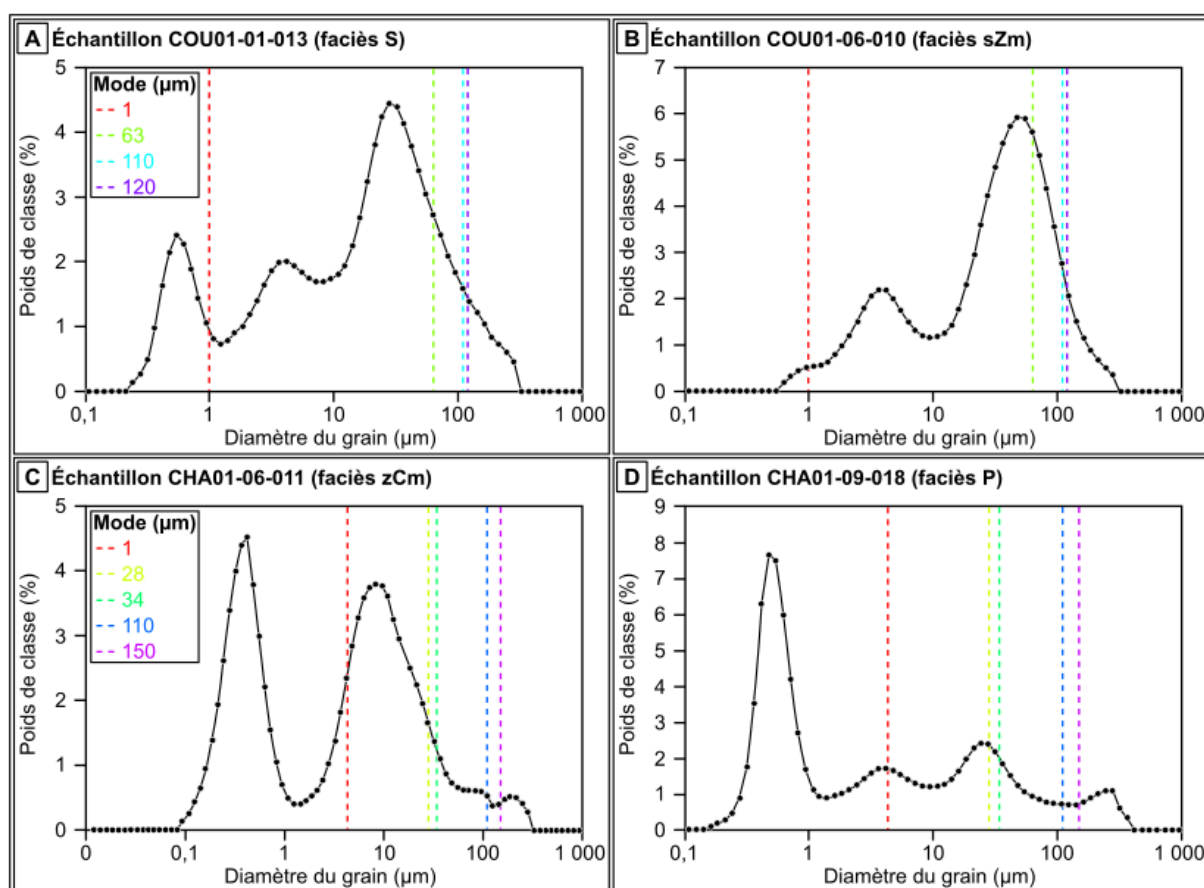


Fig. 119 – Exemple de courbes granulométriques de quelques échantillons sur lesquelles ont été indiqués les modes des classes granulométriques déterminés par l'algorithme EMMA.

A : Échantillon COU01-01-013 (faciès S) ; B : Échantillon COU01-06-010 (faciès sZm) ; C : Échantillon CHA01-06-011 (faciès zCm) ; D : Échantillon CHA01-09-018 (faciès P).

Une approche statistique EMMA (end-member modelling analysis) a de ce fait été envisagée afin d'identifier et de quantifier les processus de sédimentation et de transport des dépôts au sein de la plaine alluviale du fleuve Charente. Jusque-là principalement appliquée en milieu éolien (Varga *et al.*, 2019 ; Yang *et al.*, 2020) et lacustre (Dietze *et al.*, 2013 ; Dietze *et al.*, 2014), cette méthode statistique consiste à extraire les membres finaux (q) d'un jeu de données avec m échantillons renseignés par n variables décomposées par une analyse en espace propre, assez analogue à celle d'une ACP. L'algorithme EMMA a été réalisé en utilisant le package « EMMAgeo » (Dietze *et al.*, 2012 ; Dietze et Dietze, 2019) sous le logiciel R. Les résultats sont présentés à l'échelle de chaque carotte et les classes granulométriques sont

définies d'après leur mode (fig. 119A-D). L'algorithme EMMA permet d'identifier le nombre de membres finaux, de les caractériser et de quantifier leur contribution à l'échelle de chaque échantillon (i.e., les scores). Une prudence doit être accordée lors de l'interprétation des résultats car l'algorithme EMMA sous-estime les valeurs les plus faibles et surestime les valeurs les plus élevées (Dietze et Dietze, 2019).

4.2.3.4. Caractérisation des processus de transport/dépôt (Image CM)

Passega (1957 ; 1964) propose une méthode d'interprétation des données granulométriques à l'aide de deux indices statistiques, la médiane (D_{50}) et le percentile le plus grossier (D_{99}), afin de distinguer les modes de transport et les conditions de sédimentation en contexte fluvial et de déterminer les faciès sédimentaires dans lesquels les dépôts se forment (Houbrechts *et al.*, 2013). Cette méthode s'appuie sur la réalisation d'un graphique logarithmique à deux axes, D_{50} en abscisse et D_{99} en ordonnée (i.e., Image CM), où les points constituent des segments auxquels sont attribués des modes de transports et des processus de sédimentation (fig. 120).

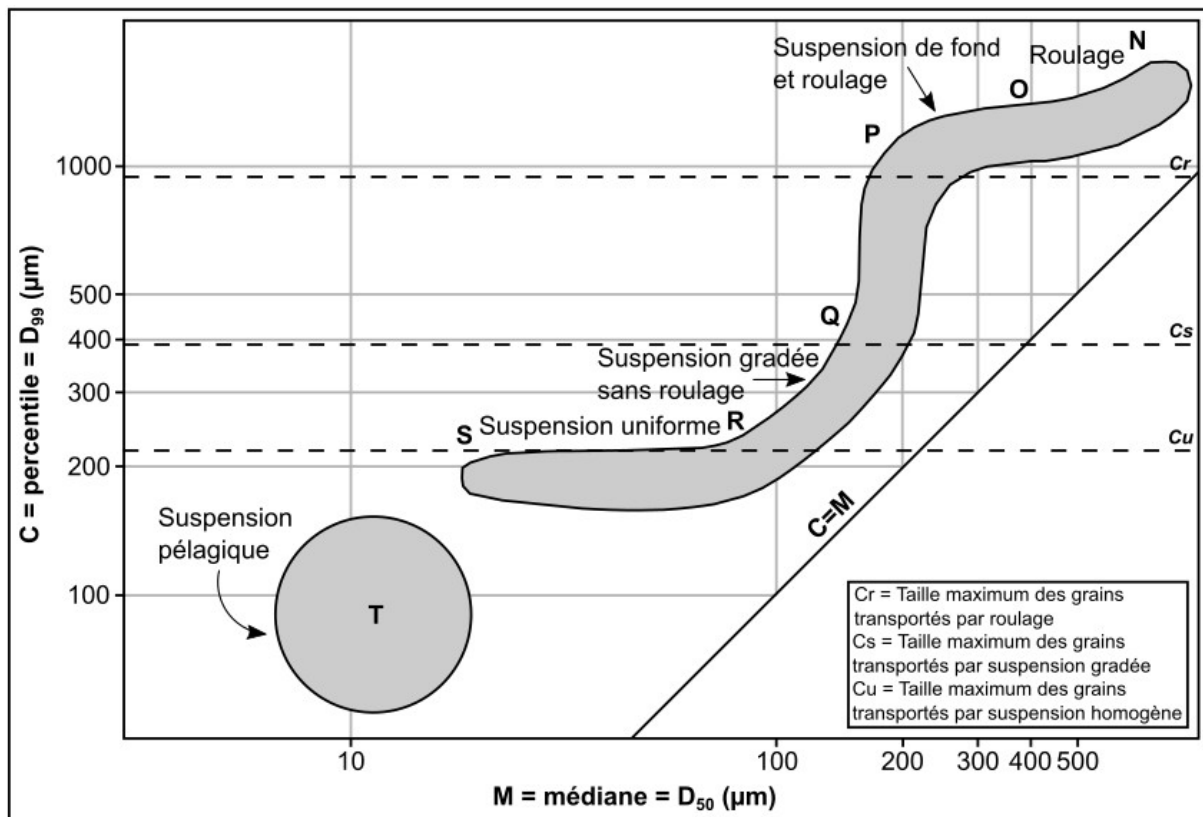


Fig. 120 – Image CM théorique de Passega (adaptée de Houbrechts *et al.*, 2013 modifiée de Passega, 1964).

L'Image CM est composée de six segments attribués à différents modes de transport. Ils sont délimités par des flexures associées aux points N, O, P, Q, R et S. Chaque segment se rapporte alors à un mode de transport et de dépôt : ON (dépôts par roulage), PO (dépôts par roulage et suspension graduée), QP (dépôts par suspension graduée et roulage), RQ (dépôts par suspension graduée), SR (dépôts par suspension uniforme) et T (dépôts de décantation). D'autres segments peuvent également être ajoutés à l'Image CM tels que les segments R'S',

Q'R' et P'Q' (Arnaud-Fassetta *et al.* 2003 ; Lescure, 2015). Le segment R'S' comprend les dépôts transportés par suspension uniforme en mode énergétique à la différence du segment RS qui incorpore les dépôts transportés par suspension uniforme en mode calme. Les segments Q'R' et P'Q' incluent les processus de transport par suspension graduée de moyenne énergie et par saltation et suspension graduée. Les limites Cr, Cs et Cu correspondent respectivement à la taille maximale des grains transportés par roulage, par suspension graduée et par suspension uniforme (fig. 120). Les Images CM évoluent d'un cours d'eau à un autre et au sein même de ce dernier d'où l'existence de multiples versions (e.g., Bravard, 1983 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2003 ; Houbrechts *et al.*, 2013 ; Lescure et Arnaud-Fassetta, 2015, etc.).

Aucune étude n'a été jusqu'à présent réalisée sur les modes de transport et de dépôt au sein de la plaine alluviale du fleuve Charente, et les données acquises dans ce travail n'ont toutefois pas permis de produire un référentiel actuel des sédiments. Ces dernières ont été reportées uniquement sur une Image CM afin de délimiter les segments, de déterminer les limites Cu et Cs et d'identifier les modes de transport et de dépôt pour chacune des séquences étudiées. Les résultats sont présentés en détail dans les chapitres 11 et 12.

5. Chronologie : datation ^{14}C et modèle d'âge/profondeur

La chronologie des séquences s'est appuyée sur des datations ^{14}C par spectrométrie de masse par accélérateur (AMS) réalisées sur du matériel organique : fragments de végétaux, sédiments organiques et tourbe. Vingt-deux datations ^{14}C ont finalement été obtenues, dix-sept pour le site de Chaniers/Courcoury (tab. 23) et cinq pour le site d'Angeac-Charente (tab. 24). Les dates ont ensuite été calibrées à 2σ à partir du package CLAM (Blaauw, 2010) sous le logiciel R en utilisant la courbe de calibration atmosphérique Intcal20.14C (Reimer *et al.*, 2020). Les dates sont exprimées en années cal. BP (Before Present). Les datations ^{14}C considérées comme cohérentes ont été utilisées pour la construction d'un modèle âge/profondeur extrapolé, pour l'estimation des vitesses de sédimentation (cm.an^{-1}) et pour la datation d'évènements extrêmes assimilés ici à des crues dynamiques.

Carotte	Code échantillon	Profondeur (m)	Matériel daté	Âge ^{14}C BP	Âge cal. BP (2σ)	Code laboratoire
AC03	AC03 1,83	1,80	Fragment végétal	2935 ± 15	3004 - 3020 (6,4) 3026 - 3049 (8,4) 3053 - 3162 (80,1)	ULA-9252
AC03	AC03 0,96	0,95	Fragment végétal	980 ± 15	799 - 811 (8) 820 - 868 (45,3) 902 - 926 (41,5)	ULA-9253
AC04	AC04 2,75	2,70	Fragment végétal	4470 ± 15	4982 - 5005 (4,9) 5037 - 5083 (13,9) 5099 - 5137 (15) 5165 - 5281 (61)	ULA-9256
AC04	AC04 1,72	1,61	Fragment végétal	2800 ± 15	2857 - 2952	ULA-9250
AC04	AC04 1,56	1,39	Fragment végétal	2615 ± 15	2736 - 2757	ULA-9251

Tab. 23 – Datations radiocarbone des séquences du site d'étude d'Angeac-Charente.

Carotte	Code échantillon	Profondeur (m)	Matériel daté	Âge ¹⁴ C BP	Âge cal. BP (2σ)	Code laboratoire
CHA01	CHA01 8,81	8,80	Matériel organique	6920 ± 30	7677 - 7795 (88) 7811 - 7832 (6,9)	ULA-539073
CHA01	CHA01 8,13	8,10	Fragment végétal	6220 ± 25	7009 - 7130 (66,5) 7151 - 7170 (11,4) 7206 - 7247 (16,9)	ULA-8848
CHA01	CHA01 7,42	7,34	Fragment végétal	6180 ± 15	7001 - 7134 (89,1) 7149 - 7160 (5,7)	ULA-9254
CHA01	CHA01 6,30	6,17	Fragment végétal	5865 ± 15	6652 - 6739	ULA-9257
CHA01	CHA01 5,61	5,53	Fragment végétal	5175 ± 20	5904 - 5944 (67,6) 5965 - 5991 (27,3)	ULA-8846
CHA01	CHA01 4,88	4,85	Fragment végétal	5080 ± 20	5749 - 5829 (64,1) 5847 - 5904 (30,7)	ULA-8845
COU01	COU01 894,5	8,93	Matériel organique	2200 ± 30	2123 - 2314	ULA-539370
COU01	COU01 6,93	6,92	Fragment végétal	2035 ± 15	1929 - 2001 (92) 2030 - 2038 (2,8)	ULA-9255
COU01	COU01 3,48	3,35	Fragment végétal	1585 ± 20	1407 - 1522	ULA-8844
COU01	COU01 2,72	2,70	Fragment végétal	1625 ± 20	1414 - 1457 (35,4) 1471 - 1502 (20,8) 1508 - 1542 (38,7)	ULA-8847
COU01	COU01 1,95	1,94	Sédiments organiques	1885 ± 20	1733 - 1832 (92,1) 1856 - 1864 (2,7)	ULA-8849
COU02	COU02 5,64a	5,60	Sédiments organiques	5995 ± 20	6747 - 6767 (6) 6778 - 6894 (89)	ULA-9290
COU02	COU02 5,44	5,37	Matériel organique	5965 ± 20	6736 - 6856 (92,2) 6869 - 6882 (2,8)	ULA-9293
COU02	COU02 5,24	5,15	Matériel organique	6010 ± 15	6787 - 6900 (93,1) 6922 - 6933 (1,8)	ULA-9292
COU02	COU02 2,31	2,26	Matériel organique	4625 ± 15	5311 - 5328 (23,9) 5388 - 5394 (1,9) 5401 - 5444 (69)	ULA-9291
COU02	COU02 2,13	2,07	Fragment végétal	4810 ± 15	5479 - 5532 (68) 5571 - 5589 (26,9)	ULA-9289
COU02	COU02 1,71	1,66	Matériel organique	3450 ± 15	3641 - 3668 (22,1) 3683 - 3725 (40,6) 3747 - 3769 (7,7) 3793 - 3822 (24,4)	ULA-9270

Tab. 24 – Datations radiocarbone des séquences du site d'étude de Chaniers/Courcoury.

6. Traitement des données bathymétriques

6.1. Cartographie bathymétrique

Le traitement des mesures bathymétriques a été réalisé sous le logiciel *Qgis*. Les données bathymétriques, sous la forme d'une couche vectorielle de points, ont fait l'objet d'une In-

terpolation Triangulaire (Triangulated Irregular Network) ce qui a permis de produire un résultat cartographique pour chaque site d'étude sous la forme d'une image en isovaleurs colorées. Cette dernière permet d'avoir un aperçu satisfaisant de la topographie actuelle du fond des chenaux (cf. Annexes E et F).

6.2. Calcul du rapport largeur/profondeur

Le croisement des données bathymétriques et géomorphométriques a permis de calculer le ratio largeur/profondeur à l'échelle des deux sites d'étude. Cet indice est un indicateur de la dynamique du cours d'eau et de la cohésion des berges et est utilisé dans certains cas comme métrique de caractérisation des cours d'eau à faible énergie (Candel, 2020). Pourtant, il n'existe jusqu'à présent aucune valeur de référence pour le fleuve Charente.

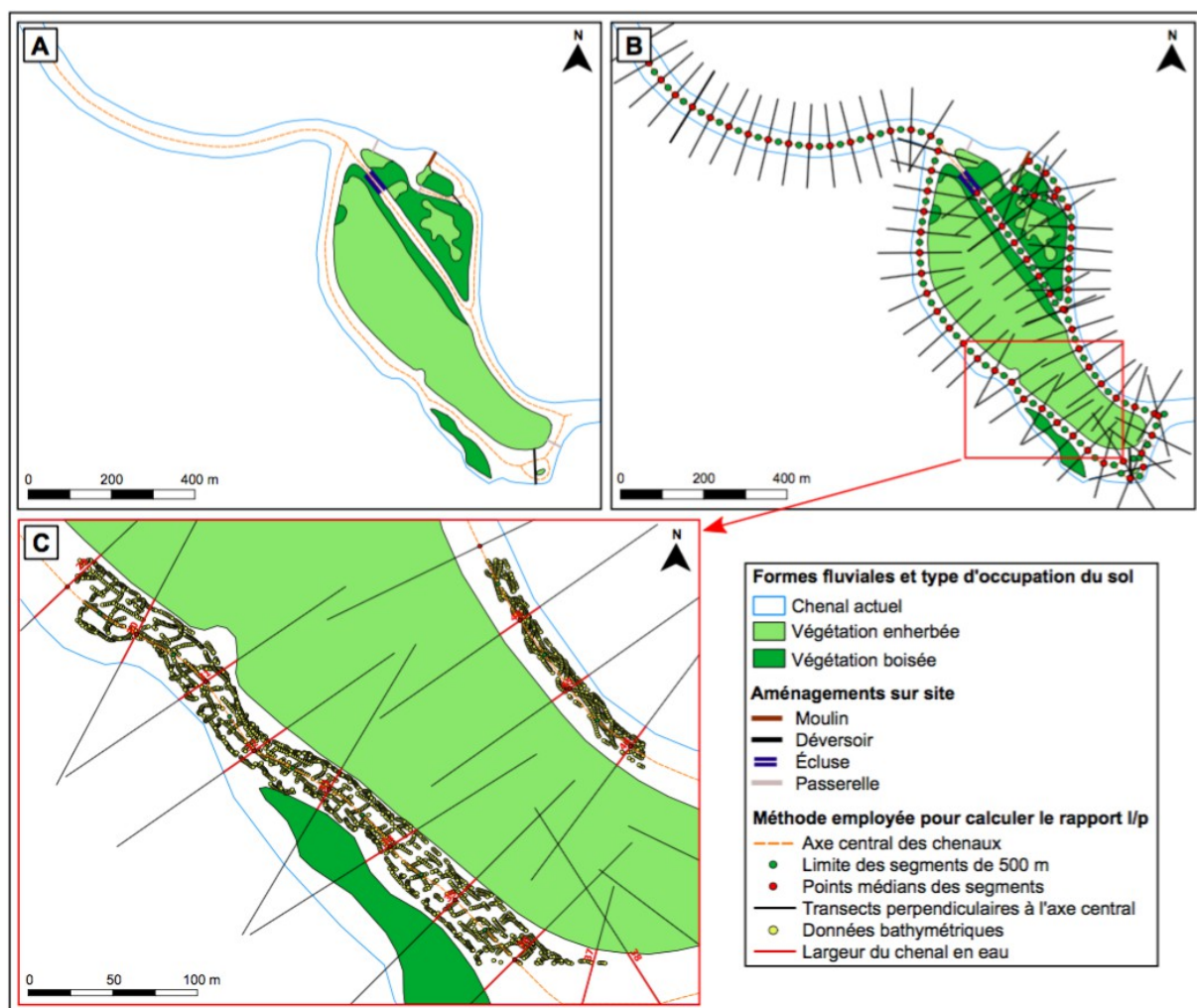


Fig. 121 – Méthode utilisée pour calculer le rapport largeur/profondeur à travers l'exemple du site d'étude de Chaniers/Courcoury.

A : Génération d'un axe central des chenaux calculé par squelettisation de leur enveloppe ; B : Création des segments de 50 m à partir de leurs limites (points verts), des points médians des segments et des transects perpendiculaires à l'axe central passant par le point médian ; C : Mesure de la largeur du chenal en eau et identification de la valeur de profondeur au niveau des transects 29 à 36 pour le calcul du rapport l/p.

Le protocole de mesure du ratio largeur/profondeur utilisé sous le logiciel *Qgis* s'est traduit par 1) la création d'un axe central des chenaux calculé par squelettisation de leur enveloppe (fig. 121A) ; 2) le découpage de l'axe central en segments de 50 m de long ; 3) la génération de points médians pour chaque segment de l'axe central (fig. 121B) ; 4) la création de transects tous les 50 mètres perpendiculaires à l'axe central des chenaux et passant par le point médian du segment ce qui permet la mesure de la largeur du chenal (fig. 121C) et enfin 6) le calcul du ratio largeur/profondeur suivant la méthode de Malavoi et Bravard (2010). La valeur obtenue au point médian est attribuée à son segment.

Chapitre 11. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site d'Angeac-Charente

1. Introduction

Ce chapitre expose les résultats topographiques, géophysiques, stratigraphiques et chronologiques recueillis à l'échelle du site d'Angeac-Charente. Tout d'abord, le site d'étude est présenté tant d'un point de vue géomorphologique que géohistorique. L'analyse des données se décompose ensuite par 1) une analyse qualitative de la topographie actuelle afin d'identifier des dépressions susceptibles de correspondre à des paléochenaux, 2) la description et l'interprétation des données de résistivité afin de mieux appréhender l'architecture de la plaine alluviale et de ses formes et 3) la description et l'interprétation des séquences sédimentaires acquises afin de documenter la dynamique d'évolution de la plaine alluviale et les processus de colmatage des anciens chenaux sur le temps long, pluriséculaire à plurimillénaire. La chronologie de l'abandon des chenaux est renseignée par des datations ^{14}C . Enfin, une synthèse des données obtenues est proposée afin de préciser dans ses grandes lignes l'évolution de la plaine alluviale au cours de l'Holocène et de restituer les évolutions post-déconnexion des paléochenaux.

2. Présentation du site d'étude

2.1. Site d'étude

Le site d'étude de l'île Domange est localisé à cheval sur la commune d'Angeac-Charente et de Saint-Simeux dans la section médiane du fleuve Charente à environ 30 km au S-SE de Cognac, dans le département de la Charente. Le fleuve Charente se développe ici sur des formations détritiques argilo-sableuses déposées sur des terrains du Crétacé eux-mêmes recouvrant les assises du Jurassique (fig. 122). Le site et ses environs sont marqués par un paysage de plaines et de pays-bas sans contraste topographique (Enjalbert, 1952) avec une altitude faible, de 18 m. Le fleuve Charente affiche au droit du site étudié une pente moyenne très faible, évaluée à $0,00017 \text{ m.m}^{-1}$ et un débit de type Q_2 modeste, estimé à $383 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ d'après extrapolation. La puissance spécifique est très faible de l'ordre de $9,6 \text{ W.m}^{-2}$.

Le fleuve Charente sur site et hors site immédiat présente une structure fluviale à faible énergie anastomosée constituée d'un système à chenaux multiples avec îles telle que définie par Nanson et Croke (1992). La plaine alluviale est très étendue de 1,1 à 1,7 km. Les chenaux sont sinueux avec un indice moyen de 1,05. Leur largeur est modeste et leur profondeur est très réduite. Le chenal principal observe une largeur moyenne de 36 m et le chenal secondaire (le Brassiaud) de 22 m. Quant aux données bathymétriques, elles montrent des chenaux globalement peu profonds. La profondeur moyenne du chenal principal est de 2,5 m et celle du chenal secondaire de 1,8 m. Le ratio largeur/profondeur moyen est faible (tab. 25).

	Largeur moyenne du chenal (m)	Profondeur moyenne du chenal (m)	Ratio l/p moyen
Chenal principal	36	2,5	14,4
Chenal/chenaux secondaire(s)	22	1,8	12,2

Tab. 25 – Caractéristiques morphométriques des chenaux actuels du site d'Angeac-Charente.

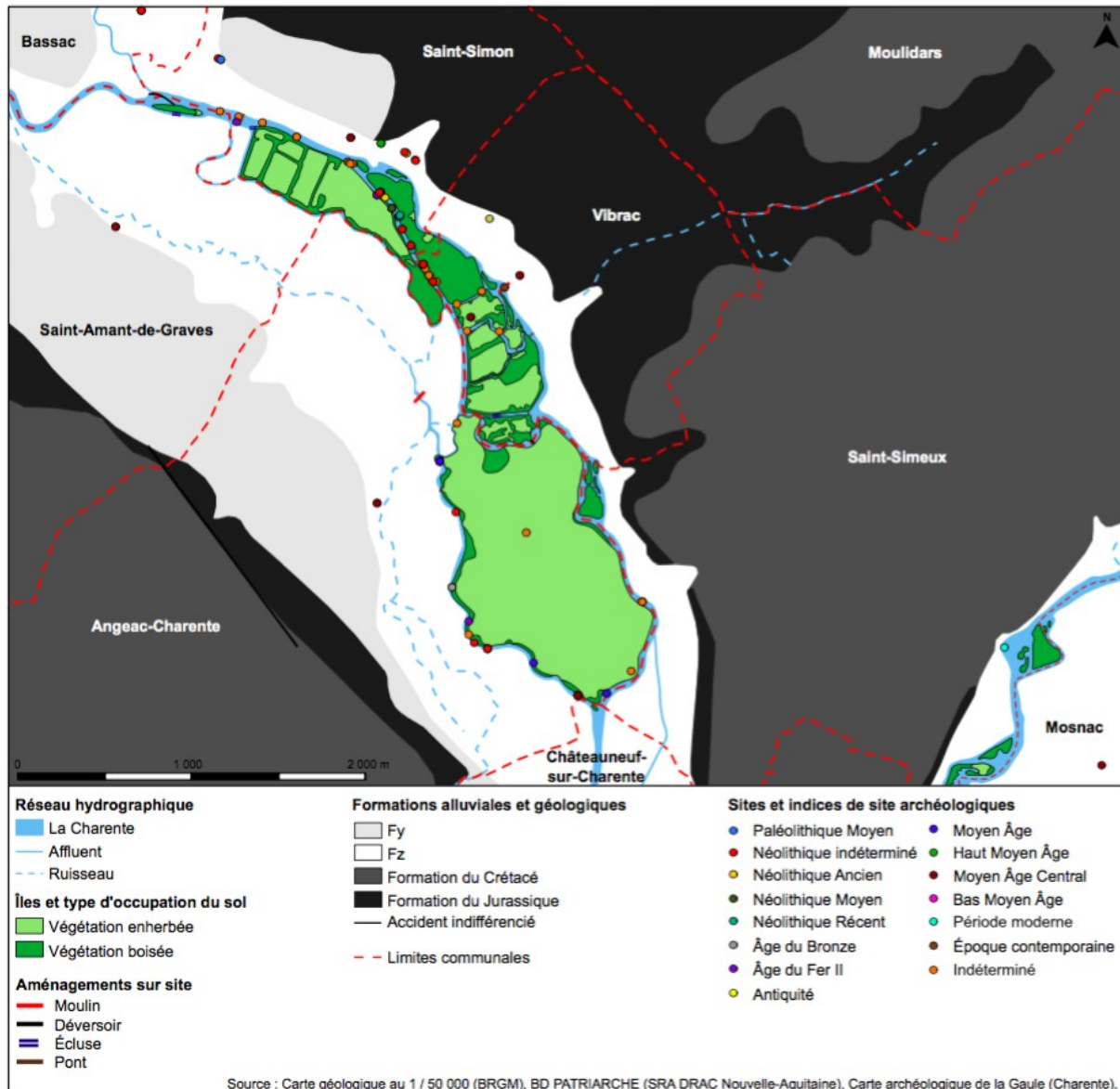


Fig. 122 – Carte géologique et archéologique du site d'étude d'Angeac-Charente.

Les données archéologiques de la BD PATRIARCHE ont été réactualisées à l'aide de la Carte archéologique de la Gaule de Charente (Vernou, 1993) et des publications scientifiques du SRA de la DRAC Nouvelle-Aquitaine (Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019).

La plaine alluviale est constituée pour l'essentiel d'îles. Ces dernières sont associées à des morphologies très variées d'après la typologie morphologique établie dans ce travail et présentée dans le chapitre 9. Quatre types d'îles ont finalement été identifiés sur site (tab. 26) : 1) quatre îles de forme lenticulaire et de petite dimension apparentées à des îlots, 2) une île

de dimension moyenne de forme plutôt arrondie au centre du chenal, 3) une île allongée de taille modeste en position marginale du chenal et 4) une île de très grande dimension, large et allongée qui peut être qualifiée de « *mini-plaine alluviale* ». Cette dernière, l'île Domange, attestée par la carte anonyme de 1689 (cf. fig. 69A p. 131), peut être assimilée à une île *stricto-sensu* au profil concave en forme de « saucière » parcourue par un système complexe de paléo-formes. Cette île est recouverte par une végétation mixte, i.e. prairiale et cultures céréalières, et est délimitée par des levées de berges proéminentes colonisées par la ripi-sylve. C'est sur cette dernière que la majorité des travaux de terrain ont été réalisés (cinq sections ERT et quatre carottages acquis) car elle est un élément caractéristique de l'anastomose du fleuve Charente.

Identifiant Îles	Surface (m ²)	Périmètre (m)	Longueur maximum (m)	Largeur maximum (m)	Indice de compacité de Gravelius	Surface enherbée (m ²)	Surface boisée (m ²)	Plus proche distance à la berge (m)
1	641	102	34	33	1,13	0	641	13
2	1 183 608	5 327	1 657	1 223	1,37	1 121 016	62 592	5
3	17 273	545	189	139	1,16	0	17 273	17
4	1 106	220	99	33	1,85	0	1 106	19
5	3 601	314	136	41	1,47	0	3 601	25
6	1 705	179	76	29	1,22	0	1 705	8
7	42 989	904	326	167	1,22	18 721	24 269	64

Tab. 26 – Caractéristiques géomorphométriques des îles du site d'Angeac-Charente.

Les identifiants des îles sont indiqués sur la Fig. n°142.

2.2. Historique de l'aménagement hydraulique du site

Le site d'étude d'Angeac-Charente et la partie aval hors site entre Vibrac et Bourg-Charente, ont fait l'objet d'une occupation humaine très ancienne depuis au moins le Néolithique Ancien d'après les nombreuses découvertes archéologiques fortuites (Vernou, 1993) et les fouilles subaquatiques (la Haute-Moure, le Brassiaud) menées notamment par le SRA de la DRAC Nouvelle-Aquitaine (Gomez de Soto, 1982 ; Billaud et Burnez, 2000 ; Burnez *et al.*, 2003 ; Billaud, 2010 ; Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019) (fig. 122). Ces dernières ont mis au jour divers artefacts témoignant d'une utilisation ancienne du fleuve comme voie de navigation (e.g., pirogues monoxyles) et comme moyen de subsistance (e.g., système de pêcheries) (Gomez de Soto, 1982 ; Gailledreau, 2019). En revanche, les aménagements hydrauliques récents (1700-Actuel) en particulier ceux liés aux moulins ont produit très peu d'archives. Seuls quelques textes et plans anciens des Archives départementales de la Charente (i.e., série 3 Sprov 409 et séries numérisées 1C92 et 1C93) ont permis de documenter l'histoire du site entre la fin du XVIII^e siècle et le milieu du XIX^e siècle.

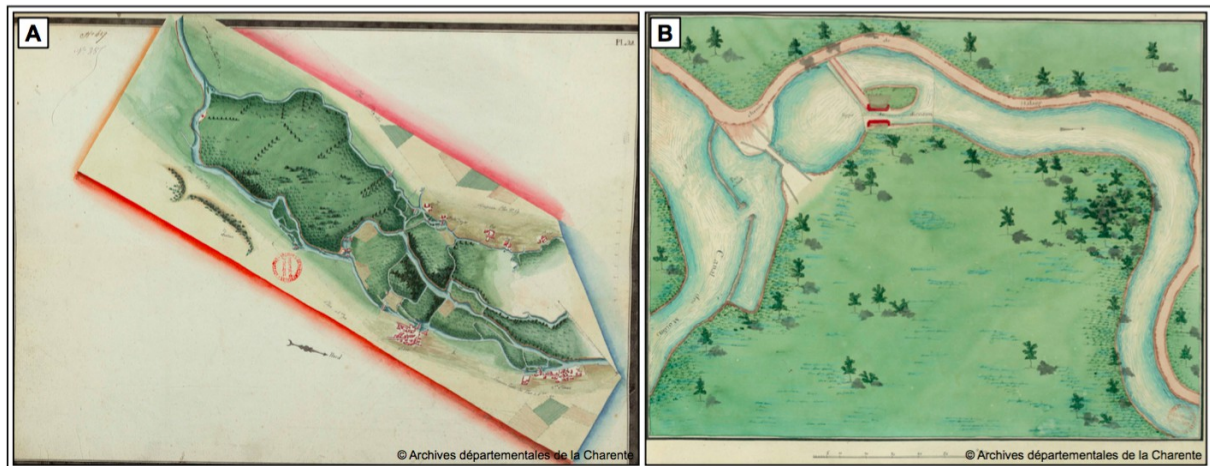


Fig. 123 – Plans du projet d’amélioration de la navigation du fleuve Charente de Trésaguet.

A : Planche n°28 de Châteauneuf-sur-Charente à Saint-Simon (AD16, 1C93, 1773) ; B : Plan n°69 Écluse de Vibrac ou du pont Bonet (AD16, 1C92, 1773).

À la fin du XVIII^e siècle, le réseau hydrographique au droit du site étudié est constitué d’un chenal principal et de multiples chenaux secondaires étroits et peu sinueux dont le Brassiaud (fig. 123A). Ce dernier remonte jusqu’aux moulins d’Angeac-Charente. Le lit mineur est très large et se décompose en plusieurs îles de taille et de forme variées avec en particulier des îles apparentées à des « *mini-plaines alluviales* » (e.g., île Domange) accompagnées d’îles de dimension plus modeste et de forme allongée et de plus petites îles de forme lenticulaire assimilées à des îlots. Lors des étiages sévères, les gabariers sont contraints de réduire le chargement de leur bateau en raison des hauts fonds et passent difficilement le chenal principal. Une écluse à sas a été aménagée en aval de l’île Domange sur la commune de Vibrac entre 1773 et 1801 dans le cadre du projet d’amélioration de la navigation sur la section Angoulême-Cognac mené par Trésaguet (1773) (fig. 123B, 124A).

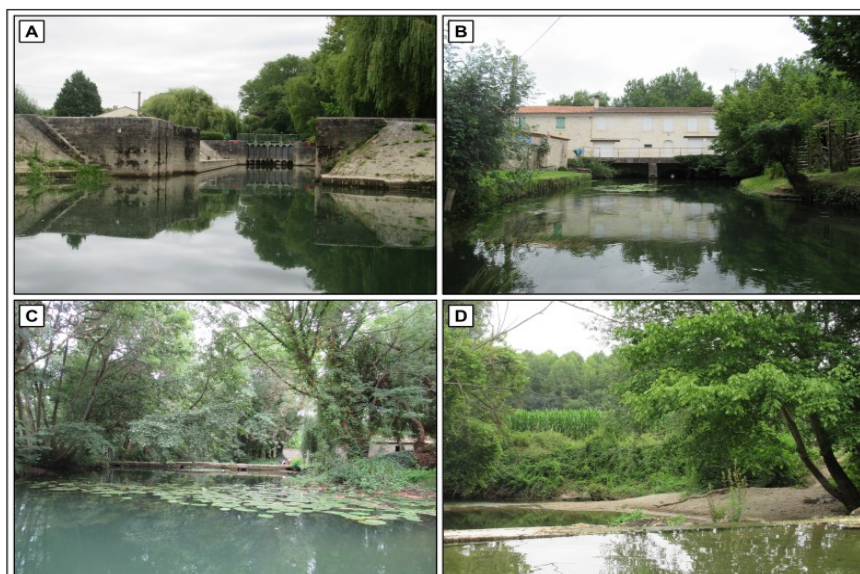


Fig. 124 – Aménagements hydrauliques au niveau du site d’Angeac-Charente.

A : Écluse de Vibrac ; B : Moulin d’Angeac-Charente ; C : Première digue en amont du moulin en rive droite du Brassiaud ; D : Deuxième digue en amont du moulin en rive droite du Brassiaud. Source : A. Duquesne, juin 2020.

Le moulin d'Angeac-Charente a laissé peu de traces dans les Archives départementales de la Charente (série 3 Sprov 409). Ce dernier est situé en aval d'un bras secondaire nommé le Brassiaud (fig. 125) et sert exclusivement pour la mouture du blé (fig. 124B). Au milieu du XIX^e siècle, son fonctionnement est garanti par l'aménagement de cinq digues installées en rive droite du Brassiaud afin de concentrer les écoulements dans le chenal d'alimentation (fig. 124C, D). La quatrième digue a fait l'objet d'un réaménagement par les propriétaires du moulin afin de faciliter l'écoulement des eaux en temps de crue par l'installation d'une vanne de décharge apparentée à un essac ou à une vanne de pêche.

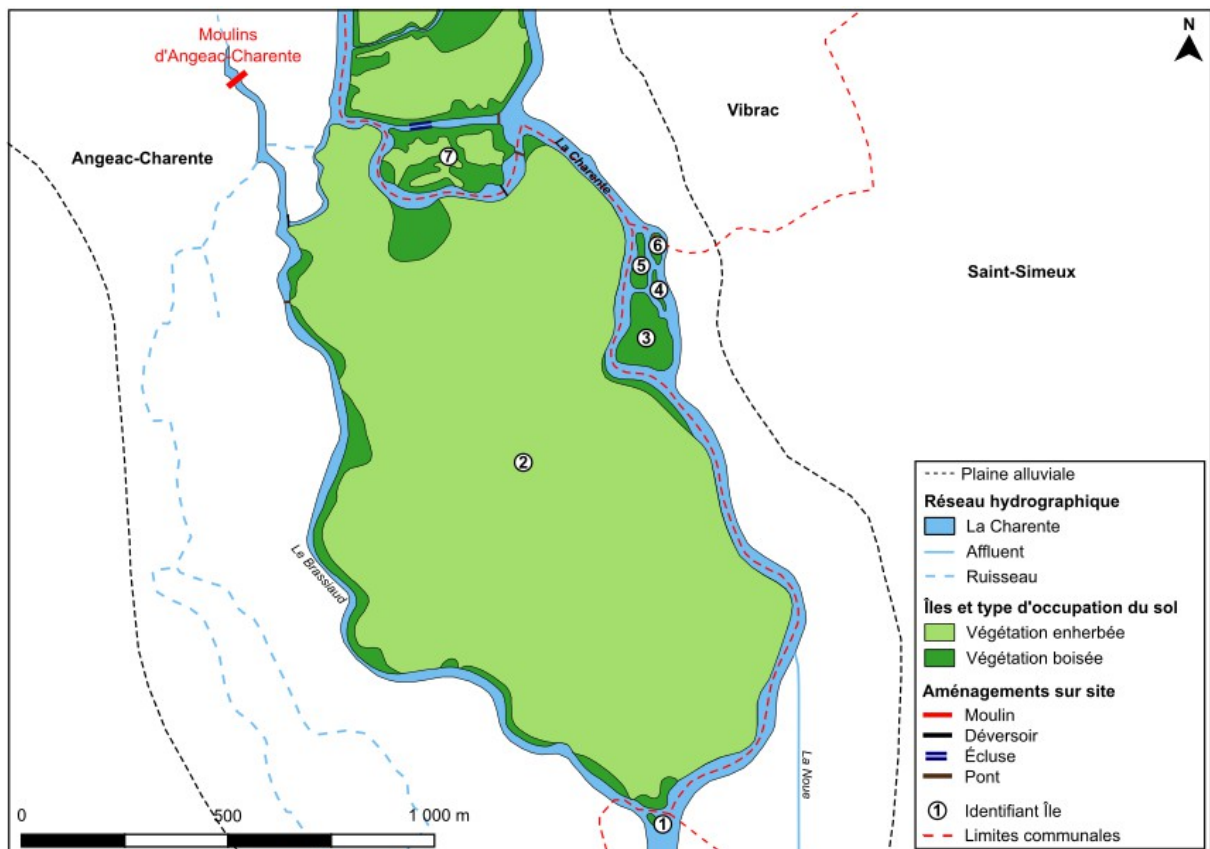


Fig. 125 – Localisation des principaux aménagements hydrauliques actuels attribués au moulin et à la navigation sur le site d'Angeac-Charente.

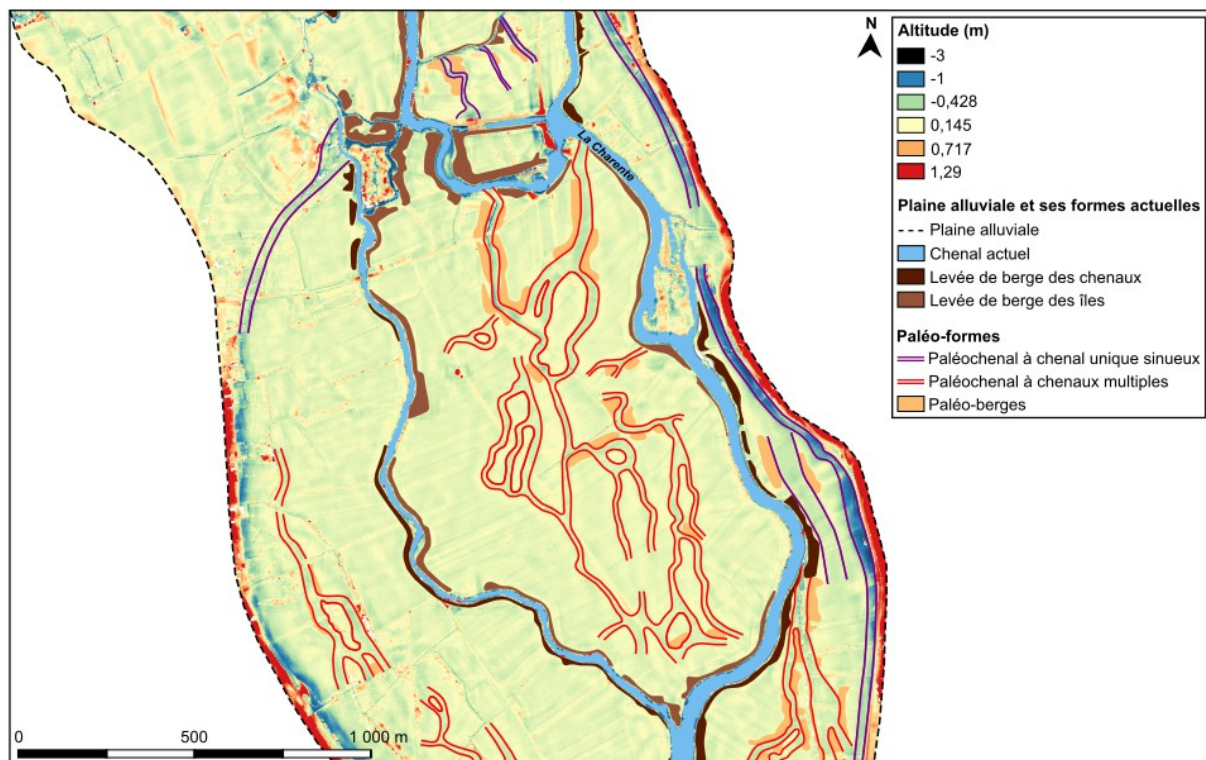
3. Analyse des paléo-formes dans la topographie actuelle

L'analyse qualitative des paléo-formes à partir du MNT à haute résolution et des cartes anciennes met en évidence la présence d'un vaste réseau complexe de paléochenaux (tracés linéaires dépressionnaires) délimitant ponctuellement des formes plus bombées susceptibles de correspondre à des paléo-îles sur le site étudié (fig. 126). Les empreintes des paléochenaux ont parfois été difficilement identifiables dans la topographie actuelle sur cette partie du linéaire en raison d'éléments perturbateurs : organisation du parcellaire, mise en culture céréalière, présence de haies et de ruisseaux, aménagements d'infrastructures routières.

Au niveau de l'île Domange, les paléochenaux correspondent à des linéaires longs de largeur globalement modeste. Ils sont peu incisés dans l'île et sont délimités dans certains cas par d'anciennes levées de berges bien développées mais très discontinues. Le gabarit de ces chenaux suggère qu'il s'agit probablement de chenaux secondaires. Une partie d'entre eux ont été couverts par les sections ERT1-AC à ERT5-AC sur les parties NE, SO et SE de l'île et quatre d'entre eux ont fait l'objet d'un carottage afin de documenter leur remplissage.

Les autres paléochenaux situés hors de l'île Domange sont associés soit à des systèmes multichenaux très longs et plus larges dont les berges sont plus difficiles à délimiter en raison des éléments précédemment énoncés soit à des systèmes supposés être à chenal unique peu sinueux. Ces derniers sont très longs et très marqués dans la topographie actuelle. L'un d'entre eux a été couvert par la section ERT6-AC et a fait l'objet de deux carottages.

Fig. 126 – Cartographie des paléo-formes au niveau du site d'Angeac-Charente identifiées à partir du MNT LiDAR.



L'analyse de la topographie de la plaine alluviale tend à démontrer que ces paléo-formes s'insèrent dans un système fluvial anastomosé plus développé qu'actuellement (fig. 126). La mosaïque fluviale anastomosée actuelle pourrait ainsi n'être que relictuelle et déjà très simplifiée au droit du site étudié et plus largement à l'échelle de la section médiane, entre Angeac-Charente et Cognac. Cette simplification de l'anastomose du fleuve Charente s'est traduite par la réduction du nombre de chenaux en particulier les chenaux secondaires de gabarit modeste. Le chenal principal semble quant à lui avoir peu évolué au cours du temps. Aucun paléo-tracé n'atteste en effet d'une éventuelle migration latérale du chenal principal ce qui tend à démontrer son extrême stabilité en accord avec les données archéologiques.

4. Les données de résistivité

Les données de résistivité sont constituées de six profils ERT levés en travers de paléochenaux identifiés d'après la topographie actuelle (fig. 127). Ce type de données permet d'obtenir une vision globale de l'organisation et de l'épaisseur du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et de l'île Domange. Les sections de résistivité, de longueur variable, ont été acquises avec un espacement des électrodes de 1 m ce qui a permis d'imager les données sur une profondeur maximale de 12 m. Les profils affichent des gammes de valeurs de résistivité similaires. Un intervalle commun relativement peu étendu a donc été fixé entre 6 et 120 $\Omega.m$ afin d'homogénéiser les données en vue de faciliter l'interprétation des sections et leur comparaison. Chaque section de résistivité est associée à son profil topographique levé à partir du MNT à haute résolution et d'une proposition d'interprétation. Les informations relatives aux profils ERT sont résumées dans le Tab. N°27.



Fig. 127 – Profils ERT et carottages acquis sur le site d'Angeac-Charente.

Source : MNT à haute résolution (EPTB Charente), Photographie aérienne 2014 (IGN).

Commune	Profil ERT	Nombre de dépressions intersectées	Largeur des dépressions (m)	Longueur (m)	Écartement inter-électrodes (m)	Profondeur maximale (m)	Gamme de résistivité ($\Omega.m$)
Angeac-Charente	ERT1-AC	1	25	95	1	12	6-120
Angeac-Charente	ERT2-AC	1 à 2*	55	95	1	12	6-120
Angeac-Charente	ERT3-AC	2	19 (n°1)/24 (n°2)	191	1	12	6-120
Angeac-Charente	ERT4-AC	1 à 2	62	127	1	12	6-120
Angeac-Charente	ERT5-AC	2	27 (n°1)/27 (n°2)	127	1	12	6-120
Saint-Simeux	ERT6-AC	1 à 2	45	159	1	12	6-120

* Les limites des paléochenaux n'ont pas pu être clairement identifiées à partir du MNT à haute résolution.

Tab. 27 – Caractéristiques des profils ERT acquis sur le site d'étude d'Angeac-Charente.

4.1. Profil ERT1-AC

4.1.1. Description

Le transect ERT1-AC, de 95 m de long et d'orientation SO-NE, se situe au NE de l'île Domange à environ 100 m en amont du profil ERT2-AC avec lequel il est parallèle sur une partie de son tracé. Le profil ERT1-AC est marqué par une organisation horizontale en trois unités majeures successives (fig. 128).

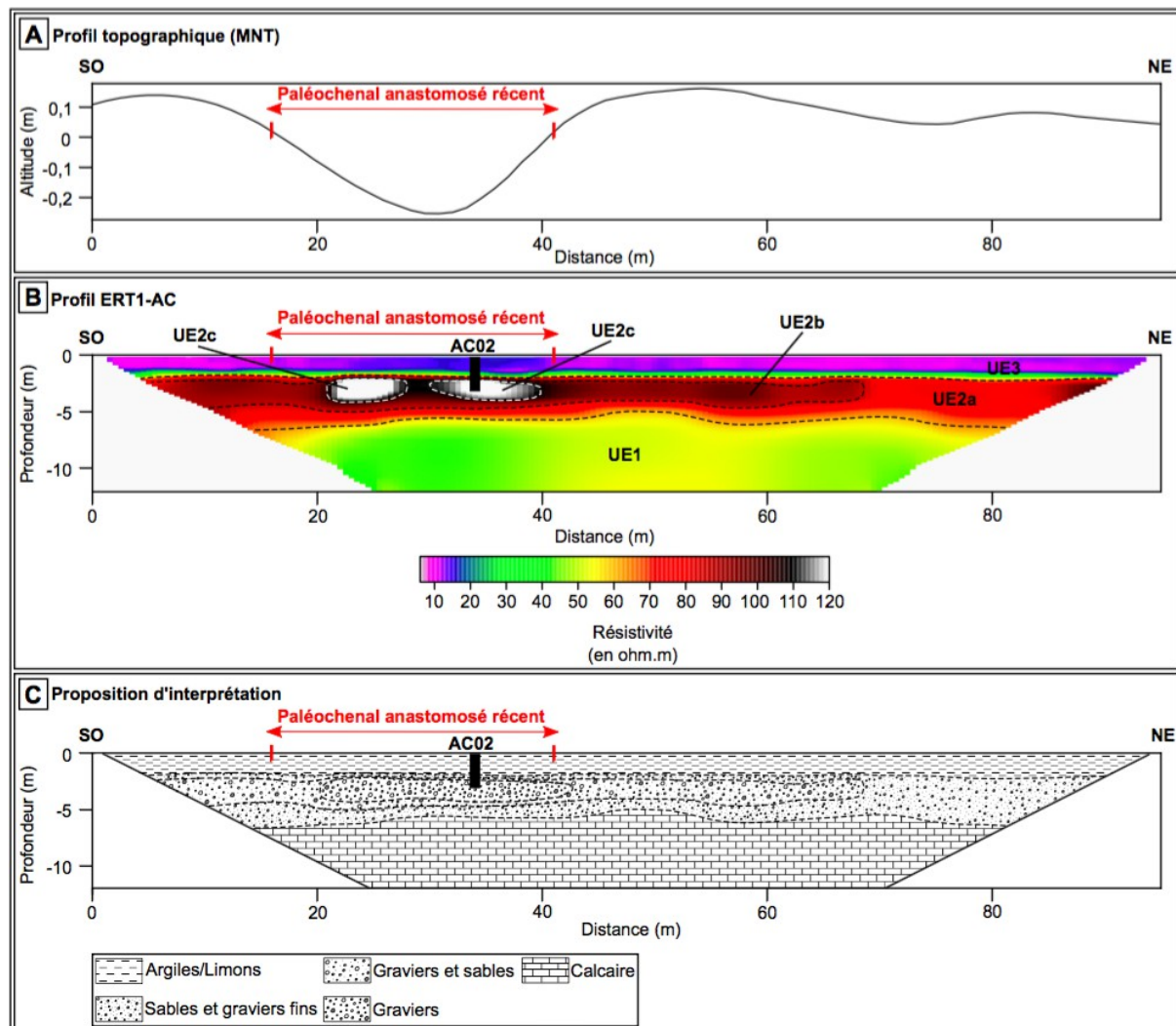


Fig. 128 – Section ERT1-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT1-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

À la base de la section, la première unité (UE1), de sommet irrégulier, présente une résistivité modérée, comprise entre 40 et 60 Ω .m, sur une épaisseur de 5 à 6 m. L'UE2, épaisse de 5 m environ, est caractérisée par une forte hétérogénéité des valeurs de résistivité et par leur augmentation globale selon un gradient NE-SO, de 70 à 120 Ω .m. Cette dernière se décompose en trois sous-unités distinctes. L'UE2a, de résistivité proche de 80-85 Ω .m, est inci-

sée dans sa partie SO, entre 0 et 68 m, par un corps sédimentaire résistant lobé, épais de 2 m, de longueur plurimétrique. Il est associé à une résistivité élevée, entre 95 et 105 Ω .m. Les zones de plus forte résistivité (UE2c) sont des lentilles de longueur plurimétrique incisées dans l'UE2b entre 21 et 28 m et entre 31 et 39 m. Leur résistivité est voisine de 120 Ω .m. La dernière unité (UE3), épaisse de 2 m, correspond à la couche la plus superficielle de la section dont la base est très horizontale, et montre une résistivité faible et décroissante de sa base vers son sommet, comprise entre 10 et 40 Ω .m. Elle observe de fines variations latérales et verticales de sa résistivité, proche de 15 Ω .m au centre de la dépression identifiée comme un paléochenal récent et autour de 12 Ω .m sur le reste de la section. La base de l'unité enregistre quant à elle des valeurs un peu plus élevées comprises entre 25 et 40 Ω .m sur à peine 0,5 m d'épaisseur.

4.1.2. Interprétation

L'UE1 correspond au substrat calcaire marneux d'après les données des carottages de la BSS acquises sur site et hors site (fig. 128C). L'UE2 est quant à elle associée à un remplissage grossier dont la taille augmente selon un gradient NE-SO ce qui induit une plus grande variabilité de la nature et/ou de la porosité des sédiments. L'UE2a peut être attribuée à une formation sableuse, l'UE2b à une formation sablo-graveleuse et l'UE2c à une formation à dominante graveleuse conformément aux gammes de résistivité affichées. L'UE2b semble correspondre à une bande de tressage ancienne plurimétrique incisée dans une formation sableuse antérieure (UE2a). Cette bande de tressage se décompose au moins de deux chenaux (UE2c) à remplissage grossier comme en témoigne l'augmentation significative de la résistivité. Le MNT à haute résolution (cf. fig. 126 p. 203) met en évidence l'existence d'un paléochenal plus récent attribué à un style anastomosé et faiblement enfoncé dans la topographie (fig. 128A). Ce dernier réemprunte l'ancienne bande de tressage d'un style en tresses et n'est en revanche pas identifié par la géophysique. Enfin, l'UE3 est compatible avec des argiles et des limons. Les limons sont plus sableux à la base de l'unité. Les variations latérales de la résistivité de l'UE3 font ressortir des dépôts de débordement à composition limoneuse dominante au centre du paléochenal récent et à composition argileuse dominante sur le reste de la section.

4.2. Profil ERT2-AC

4.2.1. Description

Le profil ERT2-AC, d'une longueur totale de 95 m et de direction SO-NE, est localisé dans la partie NE de l'île Domange. La section de résistivité électrique montre une organisation en trois unités horizontales principales (fig. 129B).

À la base, la première unité (UE1) est épaisse de 6 m et présente un sommet globalement régulier excepté entre 26 et 31 m. Sa résistivité est très hétérogène avec des valeurs modérées incluses entre 25 et 65 Ω .m. La deuxième unité (UE2), de résistivité hétérogène, montre un sommet relativement horizontal et met en évidence une rupture très nette avec l'unité supérieure (UE3). L'UE2 est composée de trois motifs distincts. Située dans la partie NO de la

section, l'UE2a se singularise par une résistivité moins élevée entre 75 et 85 $\Omega.m$. Elle est incisée par l'UE2b, de résistivité élevée comprise entre 100 et 110 $\Omega.m$. L'UE2b contient deux corps sédimentaires résistants (UE2c), proches de 120 $\Omega.m$, de forme allongée sur une épaisseur de 2 m. Ils se situent entre 0 et 27 m et entre 31 et 76 m. Enfin, la dernière unité (UE3) est la couche la plus superficielle de la section. C'est un ensemble de 1 m d'épaisseur globalement homogène. Sa résistivité est faible, inférieure à 15 $\Omega.m$.

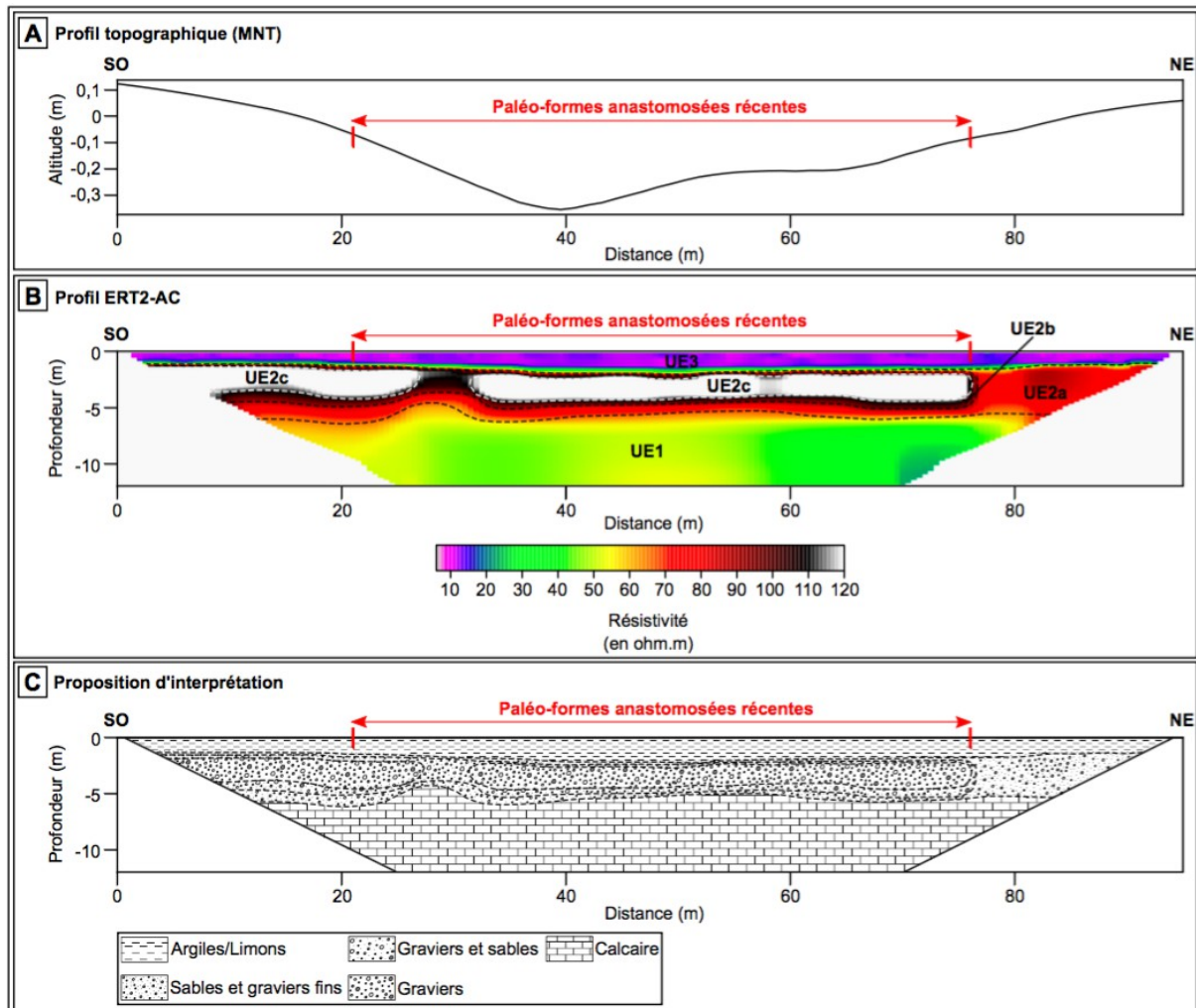


Fig. 129 – Section ERT2-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT2-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

4.2.2. Interprétation

L'UE1 est associée à un substrat calcaire marneux selon les données des carottages de la BSS acquises sur site et hors site (fig. 129C). L'UE2 est quant à elle attribuée à un remplissage grossier. L'UE2a se singularise alors par une formation sableuse, l'UE2b par une formation sablo-graveleuse et l'UE2c par une formation à dominante graveleuse en accord avec les données de résistivité. Cette large structure grossière (UE2b) correspond à une ancienne bande de tressage incisée dans une formation sableuse plus ancienne (UE2a). Cette structure inclut deux motifs plurimétriques de forte résistivité apparentés ici à deux anciens che-

naux très larges (UE2c). Enfin, l'UE3 se réfère aux argiles et aux limons. Les variations verticales de la résistivité montrent des dépôts plus sableux à la base de l'unité et plus argileux vers le sommet. Le MNT à haute résolution (cf. fig. 126 p. 203) montre la surimposition d'une zone anastomosée plus récente dont les bordures des paléochenaux n'ont pu être identifiées d'après le MNT et la géophysique (fig. 129A). Cette zone anastomosée est peu incisée et se situe sur la bande de tressage d'un ancien style en tresses.

4.3. Profil ERT3-AC

4.3.1. Description

La section ERT3-AC, d'une longueur de 191 m et de direction NO-SE, est située dans la partie médiane de l'Île Domange. L'étude des valeurs de résistivité électrique met en évidence une organisation en trois unités horizontales principales (fig. 130B).

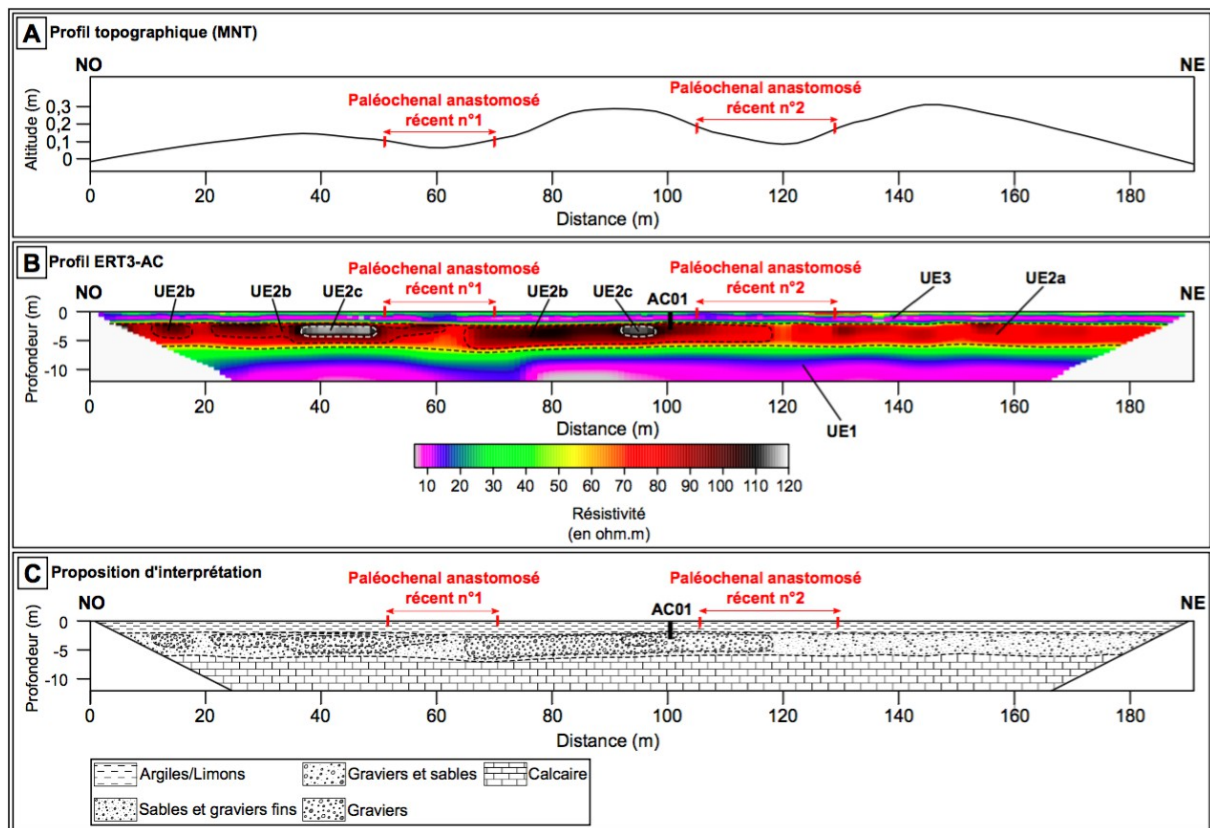


Fig. 130 – Section ERT3-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT3-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

À la base, la première unité (UE1), de résistivité faible inférieure à 50 $\Omega.m$, mesure en moyenne 5 à 6 m d'épaisseur. Son sommet est globalement horizontal excepté sur la partie NO où il s'abaisse entre 55 et 75 m. La deuxième unité (UE2) comprend un ensemble de résistivité hétérogène, entre 75 et 115 $\Omega.m$, d'une épaisseur de 4 m. Son sommet est globalement horizontal et marque une coupure nette avec l'unité supérieure (UE3). L'UE2 est constituée de trois sous-unités spécifiques. L'UE2a est ainsi caractérisée par des valeurs de

résistivité modérée entre 75 et 85 Ω .m. Cette dernière est incisée par l'UE3b, épaisse de 2 à 3 m et de résistivité plus élevée autour de 100 Ω .m, sur la partie NO de la section. Elle est composée de deux fines lentilles de forte résistance autour de 100-115 Ω .m. Elles sont localisées sur la partie NO de la section. La troisième unité (UE3), épaisse de 2 m, est la couche la plus superficielle du profil dont la base est horizontale. Sa résistivité est globalement inférieure à 40 Ω .m. Toutefois une zone très fine affleure à la surface sur la partie SE, entre 120 et 135 m avec des valeurs de résistivité très hétérogènes, incluses entre 50 et 80 Ω .m.

4.3.2. Interprétation

L'UE1 est associée à un substrat calcaire selon les données de carottages issues de la BBS au niveau du site d'étude (fig. 130C). L'UE2 correspond à un remplissage grossier. L'UE2a est caractérisée par une formation à dominante sableuse, l'UE2b par une formation sablo-graveleuse et l'UE2c par une formation à dominante graveleuse. L'UE2b est incisée dans l'UE2a. Elle est interprétée comme correspondant à une bande de tressage dans laquelle se sont développés plusieurs chenaux, l'UE2c étant caractéristique de remplissages de paléochenaux. Enfin, l'UE3 est compatible avec des limons et des argiles de débordement. La topographie (cf. fig. 126 p. 203) montre la superposition de deux paléochenaux anastomosés récents, entre 55 et 68 m et entre 120 et 135 m, sur l'ancienne bande de tressage héritée d'un style en tresses (fig. 130A).

4.4. Profil ERT4-AC

4.4.1. Description

Le transect ERT4-AC est localisé dans la partie nord-ouest de l'île Domange. Il est perpendiculaire à l'extrémité SO de la section ERT1-AC. De direction NE-SO, il mesure 127 m de longueur et couvre toute la largeur d'une dépression supposée comprendre plusieurs paléochenaux. Les données de résistivité électrique mettent en évidence une succession horizontale de trois ensembles majeurs (fig. 131B).

À la base, la première unité (UE1) montre un sommet irrégulier. Les valeurs de résistivité sont modérées et varient entre 55 et 65 Ω .m. La deuxième unité (UE2), épaisse en moyenne de 5 m, est la plus résistante de la section. Sa résistivité est très hétérogène et augmente selon un gradient SO-NE de 75 à 120 Ω .m. L'UE2 se décompose en trois sous-unités. L'UE2a est une formation de résistivité modérée entre 75 et 95 Ω .m. Elle est incisée par l'UE2b de résistivité plus élevée autour de 100-110 Ω .m. Cette dernière contient deux corps sédimentaires de résistivité très élevée proche de 120 Ω .m, localisés entre 0 et 25 m et entre 30 et 85 m. La troisième unité (UE3), épaisse en moyenne de 2 m, est un ensemble de résistivité hétérogène. Sa résistivité est faible, comprise entre 10 et 40 Ω .m.

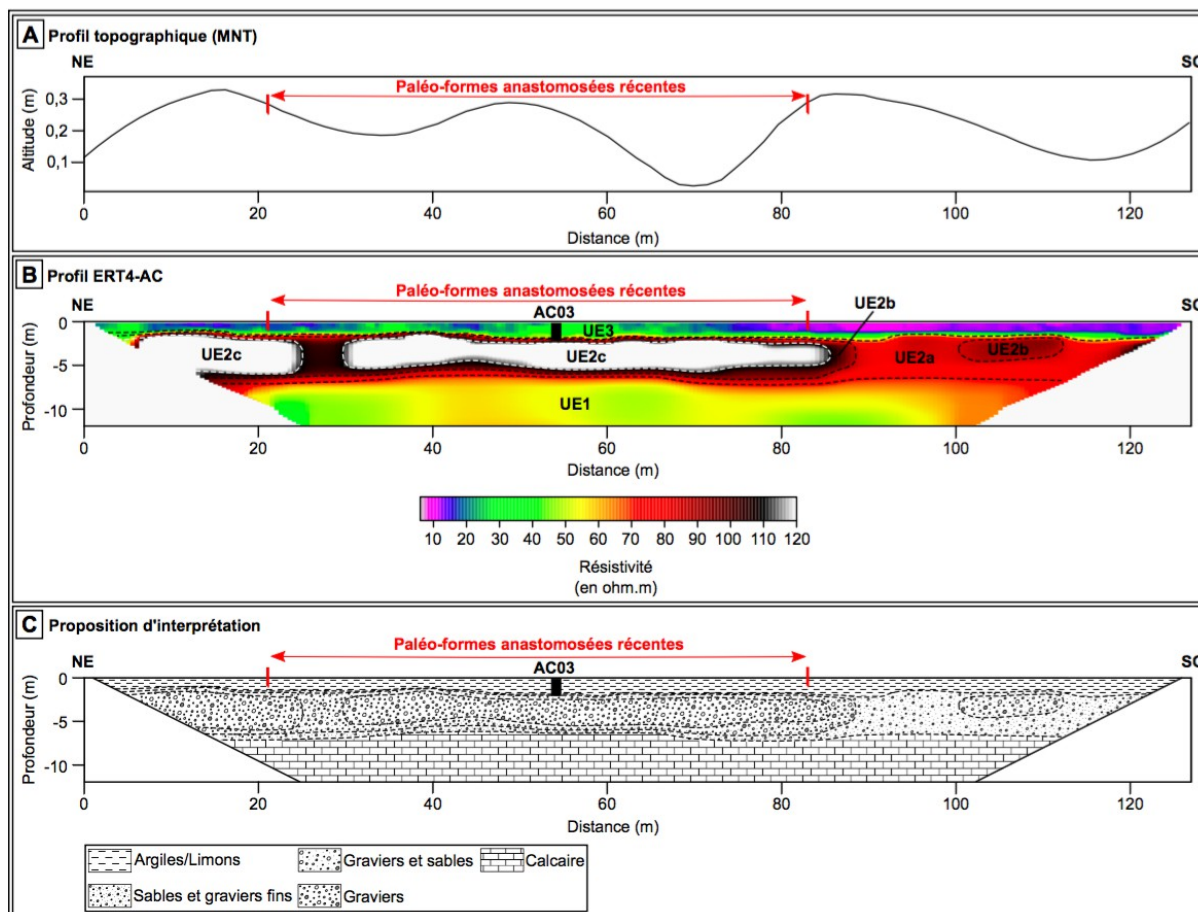


Fig. 131 – Section ERT4-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT4-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

4.4.2. Interprétation

L'UE1 correspond au substrat calcaire marneux (fig. 131C). L'UE2 est quant à elle associée à un remplissage grossier. L'UE2a se singularise par une formation à dominante sableuse, l'UE2b par une formation sablo-graveleuse et l'UE2c par une formation à dominante graveleuse en accord avec les données de résistivité. Ces dernières mettent en évidence une structure très large (UE2b) qui semble correspondre à une ancienne bande de tressage d'un style en tresse incisée dans une formation sableuse antérieure (UE2a). Cette bande de tressage semble être constituée de deux anciens chenaux comme l'indique l'augmentation de la résistivité (UE2c). Le MNT à haute résolution (cf. fig. 126 p. 203) montre la présence de paléo-formes anastomosées récentes dans la topographie actuelle (fig. 131A), les limites des paléochenaux n'ayant pas pu être identifiées. Les paléo-formes sont superposées sur l'ancienne bande de tressage. Enfin, l'UE3 est associée aux argiles et aux limons. Les limons sont plus sableux à la base de l'unité et dans la partie NE de la section et à l'inverse sont plus argileux dans la partie SO.

4.5. Profil ERT5-AC

4.5.1. Description

Le profil ERT5-AC a été réalisé dans la partie sud-est de l'île Domange et couvre dans toute leur largeur deux dépressions assimilées à des paléochenaux. De direction NE-SO, il mesure 127 m de long. Les données de résistivité montrent la succession horizontale de trois unités principales (fig. 132B).

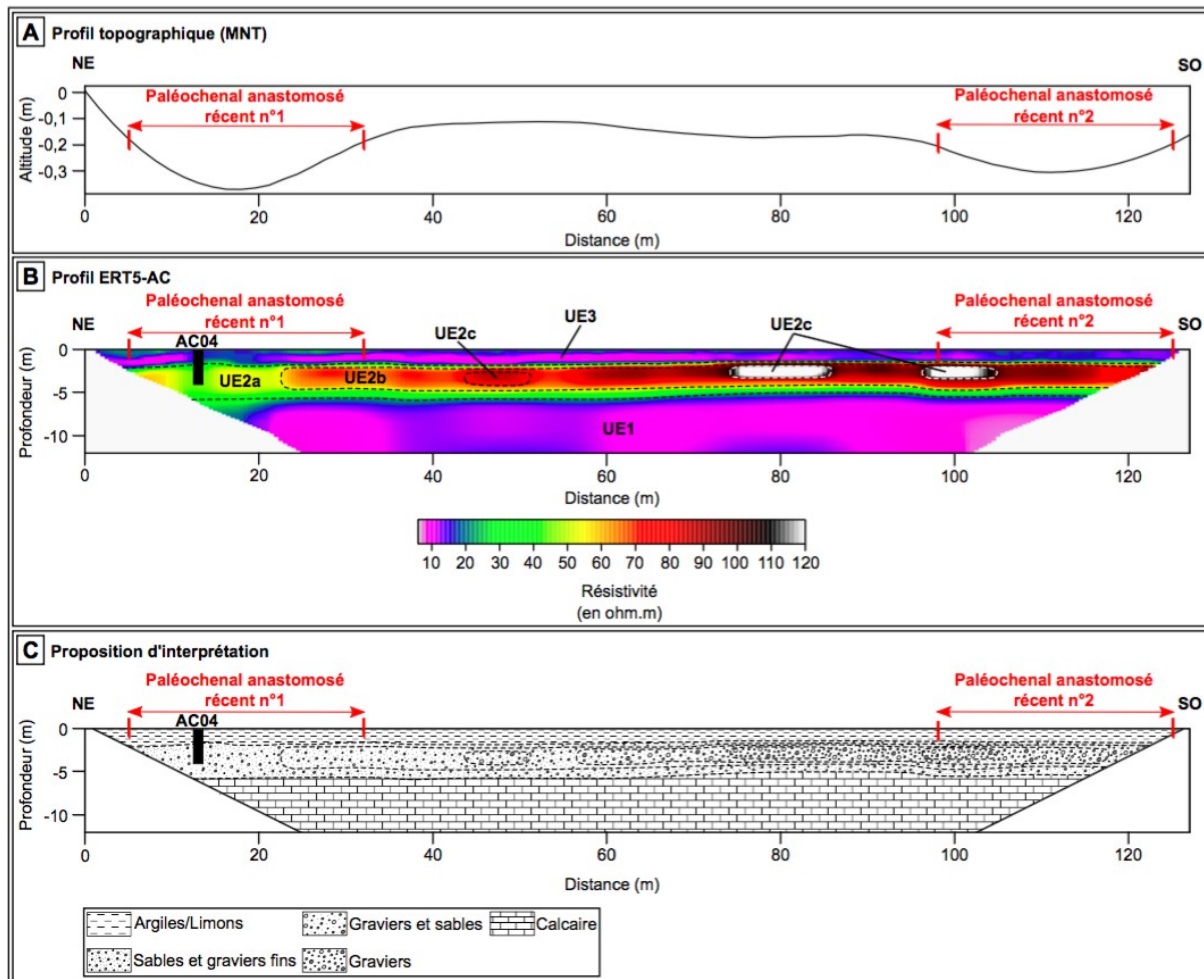


Fig. 132 – Section ERT5-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT5-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

À la base, la première unité (UE1), de sommet très régulier, constitue l'unité la plus épaisse de la section. Sa résistivité est faible et globalement homogène avec des valeurs voisines de 15 Ω .m. La deuxième unité (UE2) est caractérisée par une résistivité très hétérogène avec des valeurs comprises entre 30 et 120 Ω .m. Son épaisseur mesure en moyenne 4 m. Cet ensemble est constitué d'une série horizontale de trois corps sédimentaires au sommet régulier. L'UE2a est marquée par une résistivité modérée de 30 à 55 Ω .m. Elle est incisée par l'UE2b sur les trois-quarts de la section, entre 23 et 127 m. Sa résistivité est élevée et aug-

mente globalement selon un gradient NE-SO, de 65 à 100 Ω .m. L'UE2b est composée de deux lentilles plurimétriques (UE2c) de résistivité élevée voisine de 120 Ω .m situées entre 75 et 85 m et entre 97 et 103 m. La dernière unité (UE3), épaisse en moyenne de 2 m, correspond à la couche la plus superficielle de la section. Elle montre une base très régulière. Sa résistivité est faible et reste proche de 15 Ω .m.

4.5.2. Interprétation

L'UE1 est interprétée comme correspondant à un substrat calcaire marneux conformément aux données de carottage de la BSS acquises sur site et hors site (fig. 132C). L'UE2 est quant à elle assimilée à un remplissage grossier. L'UE2a est caractérisée par une formation à dominante sableuse, l'UE2b par une formation sablo-graveleuse et l'UE2c par une formation à dominante graveleuse. Les données de résistivité indiquent une structure très large sablo-graveleuse (UE2b) analogue à une bande de tressage d'un style en tresses incisée dans une formation sableuse antérieure (UE2a). Cette bande de tressage est constituée d'au moins trois paélochenaux (UE2c) comme le suggère l'augmentation de la résistivité. Ils sont de gabarit relativement modeste. L'UE3 est assimilée aux argiles et aux limons. Le MNT à haute résolution (cf. fig. 126 p. 203) indique la présence de deux paléochenaux récents associés à un style anastomosé (fig. 132A). Ces derniers sont peu encaissés et se superposent en partie sur l'ancienne bande de tressage mais leurs limites n'ont pas été identifiées par la géophysique.

4.6. Profil ERT6-AC

4.6.1. Description

La section ERT6-AC a été acquise dans la plaine alluviale du fleuve Charente au niveau de la rive droite du chenal principal face à l'île Domange. De direction SO-NE, sa longueur totale est de 159 m. Elle couvre dans sa totalité la largeur d'une dépression supposée être un paléochenal d'après son tracé. Les données de résistivité électrique mettent en évidence une organisation en trois unités horizontales majeures (fig. 133B).

À la base, la première unité (UE1), de sommet globalement régulier, est l'unité la plus épaisse, comprise entre 6 et 6,5 m. Sa résistivité est faible mais très hétérogène, comprise entre 15 et 45 Ω .m. La deuxième unité (UE2), épaisse d'environ 4 m, est un ensemble horizontal très hétérogène et de résistivité élevée répartie entre 65 et 120 Ω .m. Cette unité est constituée de trois sous-unités. L'UE2a présente une résistivité élevée avec des valeurs entre 65 et 85 Ω .m. Elle est incisée par l'UE2b entre 0 et 133 m. Sa résistivité est plus élevée et varie entre 100 et 110 Ω .m. L'UE2b comprend trois motifs plurimétriques très résistants proches de 120 Ω .m (UE2c). Ils sont situés entre 0 et 58 m, 63 et 114 m, et 117 et 131 m. La troisième unité (UE3) est épaisse d'environ 2 m. Elle montre une base relativement irrégulière et une résistivité faible. Les valeurs se répartissent entre 10 et 40 Ω .m et diminuent selon un gradient NE-SO. Elles sont ainsi proches de 20-40 Ω .m sur la partie NE et sont voisines de 10-20 Ω .m sur la partie SO.

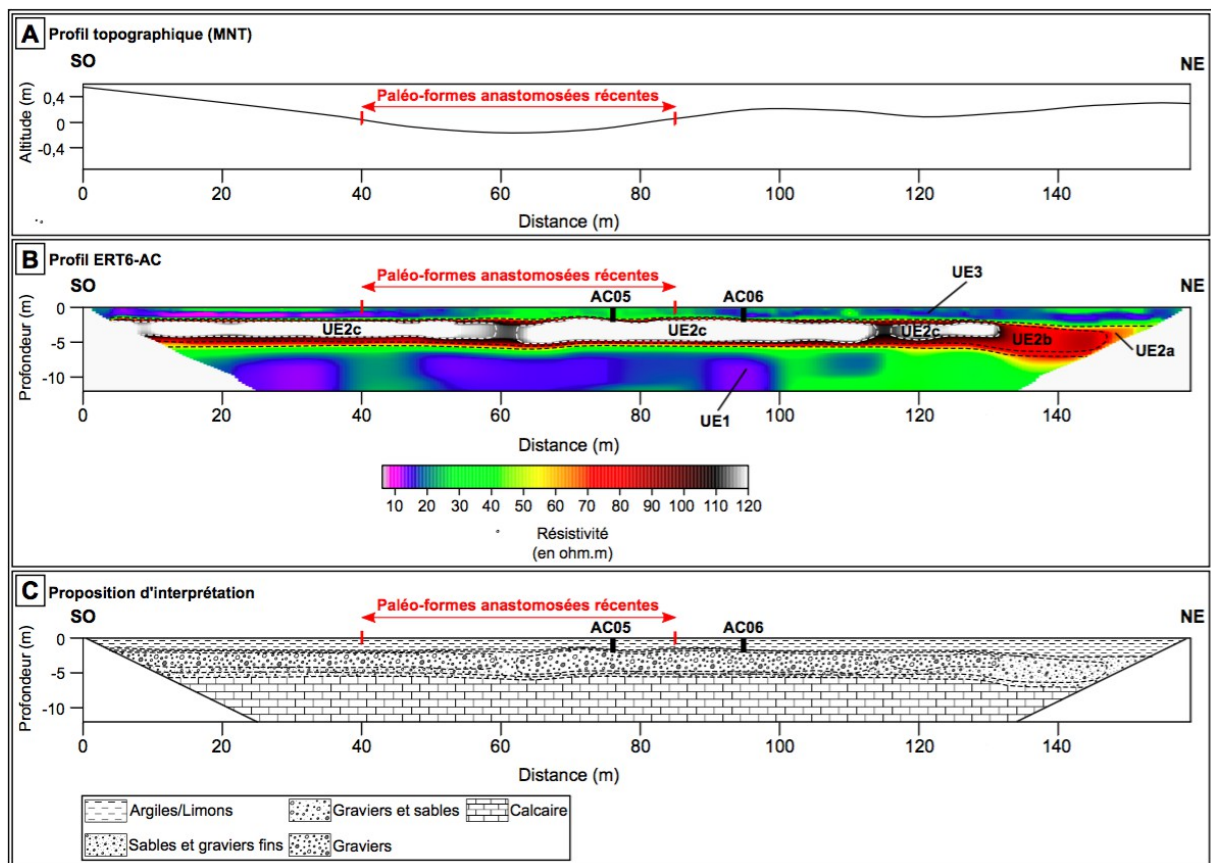


Fig. 133 – Section ERT6-AC.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT6-AC ; C : Proposition d'interprétation de la section.

4.6.2. Interprétation

L'UE1 est associée à un substrat calcaire marneux conformément aux données de carottage de la BSS acquises sur site et hors site (fig. 133B). L'UE2 correspond à un remplissage grossier. L'UE2a s'individualise par une formation à dominante sableuse, l'UE2b par une formation sablo-graveleuse et l'UE2c par une formation à dominante graveleuse. L'UE2b correspond à une structure large apparentée à une ancienne bande de tressage d'un style en tresses incisée dans une formation sableuse antérieure (UE2a). Cette bande de tressage se décompose en un système à au moins trois chenaux (UE2c) comme le montre les trois motifs très résistants caractéristiques d'un remplissage de paléochenaux. Le MNT à haute résolution (cf. fig. 126 p. 203) met en évidence la superposition d'un paléochenal anastomosé plus récent (fig. 133A) sur l'ancienne bande de tressage. Les limites du paléochenal ne sont pas mises en évidence par la géophysique. Enfin, l'UE3 est associée aux argiles et aux limons. Les limons sont plus argileux à l'extrémité SO de la section proche du chenal actif, plus sableux dans la partie occupée par le paléochenal récent et plus argileux à l'extrémité NE.

5. Les données de carottages

Les six séquences sédimentaires sont successivement décrites et interprétées. Chacune d'entre elles est accompagnée de son log stratigraphique associé à une présentation dé-

taillée de ses analyses (teneur en matière organique, texture, D90, interpolation, analyse EMMA, triangle des textures) et de son Image CM. La chronologie d'abandon des chenaux est garantie par des datations ¹⁴C pour deux des séquences étudiées (AC03 et AC04). Les informations relatives aux séquences sont synthétisées dans le Tab n°28 et les carottages sont localisés dans la Fig. n°127.

Commune	Carotte	Coordonnées géographiques			Profondeur (m)	Nombre d'échantillons analysés	Nombre de datation ¹⁴ C cohérentes
		X	Y	Z			
Angeac-Charente	AC01	461368	6507737,8	17	3	54	-
Angeac-Charente	AC02	461582,9	6508196,1	14,20	3	49	-
Angeac-Charente	AC03	461511,5	6508208,2	14,06	2	36	2
Angeac-Charente	AC04	461840,1	6507515,9	14,23	4	60	3
Saint-Simeux	AC05	462193,9	6507618,5	15,30	2	34	-
Saint-Simeux	AC06	462209,6	6507630,6	15,94	2	38	-

Tab. 28 – Caractéristiques des carottages effectués au niveau du site d'Angeac-Charente.

5.1. Séquence AC01

5.1.1. Description

La carotte AC01 a été prélevée dans la partie médiane de l'Île Domange dans une dépression interprétée comme un paléochenal d'après la topographie actuelle mais non identifiée par le profil ERT3-AC (cf. fig. 130 p. 209). La carotte intersecte ici une séquence de 3 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers. Les sédiments grossiers, graviers (64 %) et sables (26 %), dominent très largement les limons (27 %) et les argiles (21 %) dans la séquence. Cette dernière enregistre une grano-décroissance de sa base vers sa partie sommitale. Sur le premier tiers inférieur de la séquence, la granulométrie est globalement grossière et très hétérogène, sur les deux autres tiers, elle est plus fine et plus homogène. Les valeurs du D50 et du D90 évoluent ainsi dans des intervalles très étendus, respectivement compris entre 1 et 418 µm et entre 30 et 961 µm. La teneur en matière organique est faible avec une moyenne de l'ordre de 5 %. L'algorithme EMMA propose un modèle organisé en quatre classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM5 sont identifiées par les modes suivants : 1, 4,7, 23 et 53 µm. EM1 est attribuée aux argiles, EM2 aux limons fins, EM3 aux limons moyens et enfin EM4 aux limons grossiers. Les limons (EM2 à EM4) représentent 72 % de la variance granulométrique globale. À partir de l'étude des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de la répartition des classes EMMA, la séquence peut être subdivisée en quatre unités stratigraphiques majeures (fig. 134).

La première unité (US1), entre 300 et 189 cm, est dominée par les classes EM2 (4,7 µm) et EM3 (23 µm). Cette unité se singularise par une structure sans stratification apparente grano-décroissante de la base vers son sommet. Elle est constituée de matériaux grossiers parfois pluricentimétriques (1 à 73 %) inclus dans une matrice sableuse grise dense (14 à 73 %) (faciès Gms). Les limons (1 à 71 %) et les argiles (0,2 à 9 %) sont représentés dans des quanti-

tés très faibles mais elles augmentent vers le sommet. La granulométrie est grossière et hétérogène. Le D50 se répartit entre 310 et 418 μm et le D90 entre 599 et 961 μm . La teneur en matière organique présente des valeurs très faibles, pour l'essentiel inférieures à 2 %.

La deuxième unité (US2), entre 189 et 166 cm, est caractérisée par les modes 1 et 53 μm . Elle montre une texture grano-décroissante sablo-limoneuse beige clair (39 à 56 % de sable et 25 à 35 % de limon) avec une fraction argileuse importante (17 à 25 %) (faciès zSm). La granulométrie est moins grossière et moins hétérogène que pour l'unité précédente. Le D50 et le D90 varient ainsi entre 23 et 131 μm et entre 439 et 525 μm . La teneur en matière organique présente des valeurs similaires à l'US1.

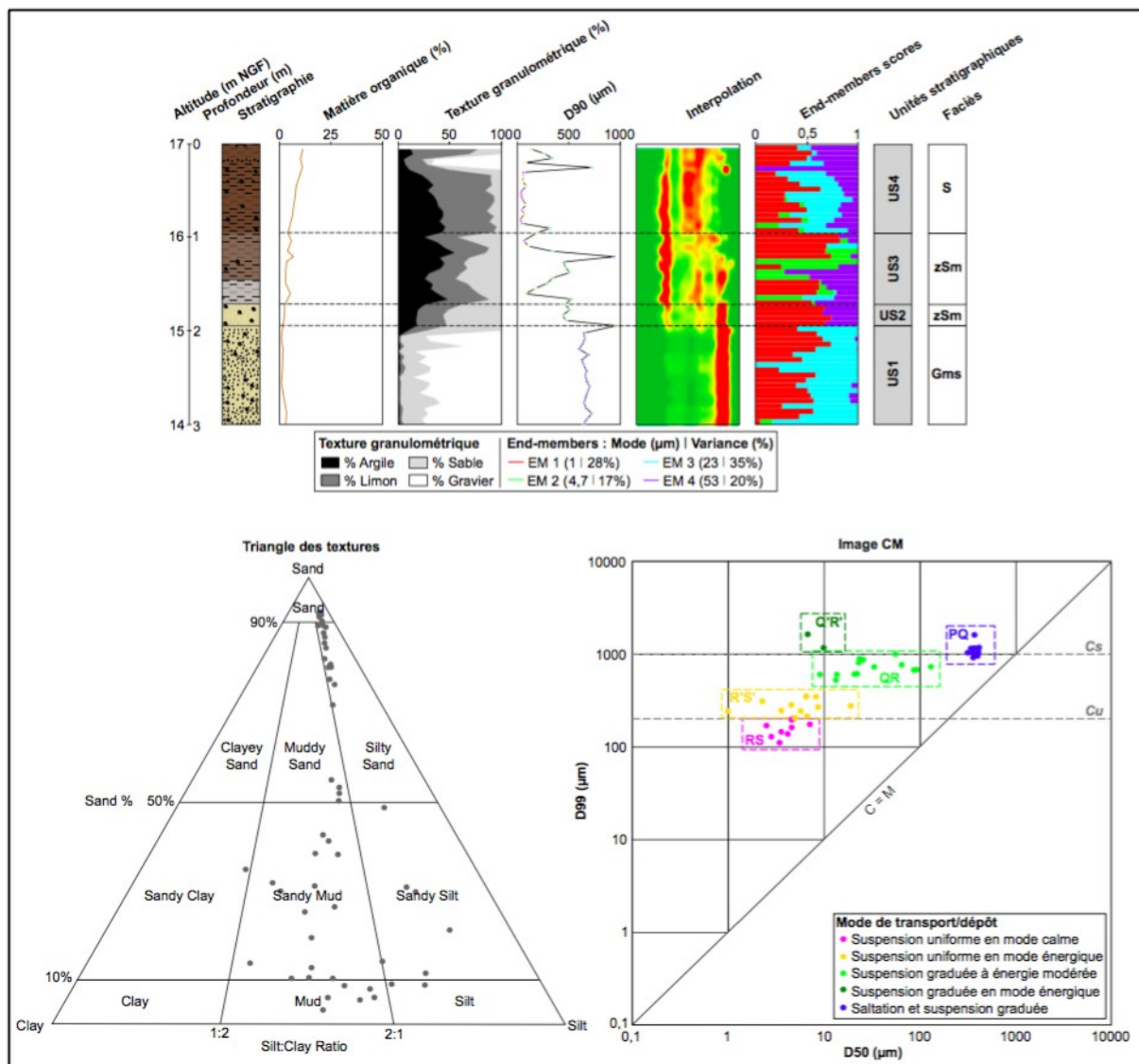


Fig. 134 – Log stratigraphique de la séquence AC01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

La troisième unité (US3), entre 166 et 85 cm, est associée aux quatre classes EM avec une prédominance assez nette de la classe EM1 (1 μm) et l'apparition de la classe EM2 (4,7 μm). Elle présente ainsi une structure sablo-limoneuse grisâtre à brunâtre (faciès zSm) avec une

fraction argileuse très importante (26 à 55 %) qui augmente vers le sommet de l'unité. La granulométrie fait également l'objet d'un affinement avec un D50 compris entre 1 et 33 μm . Toutefois le D90 enregistre des valeurs dans un intervalle très large entre 62 et 941 μm . La teneur en matière organique est légèrement supérieure aux unités précédentes (3 à 7 %).

La quatrième unité (US4), entre 85 et 0 cm, correspond au sol. Elle est déterminée par les quatre classes même si elle est très largement dominée par les classes correspondant aux limons en particulier EM3 (23 μm) et EM4 (53 μm). L'US4 est associée à une texture argilo-limoneuse grano-croissante brune foncée (5 à 46 % d'argile et 18 à 67 % de limon) avec une fraction sableuse très faible (4 à 15 %). Ce niveau est caractérisé par l'inclusion de matériels caillouteux épars au sommet de l'unité et par la présence de taches orangées d'oxydation, de débris coquilliers et de concrétions calcaires blanches à la base. La granulométrie est ici plus fine et moins hétérogène. Le D50 évolue entre 2 et 56 μm et le D90 varie pour l'essentiel entre 30 et 83 μm avec toutefois des maximums pouvant atteindre jusqu'à 725 μm . La teneur en matière organique est relativement élevée, avec des valeurs entre 5 et 11 %.

5.1.2. Interprétation

La séquence AC01 croise l'UE2b, l'UE2a, et l'UE3 sur la section ERT3-AC (cf. fig. 130 p. 209) corrélées avec les US1, US2, US3 et US4 (fig. 134). L'US1 correspond à un remplissage de chenal proximal mais en l'absence d'analyse de la fraction supérieure à 2 mm il est difficile de proposer des hypothèses. Toutefois il relève probablement d'une compétence très largement supérieure à l'actuel au regard de la nature des dépôts observés (i.e., graviers avec matériel pluricentimétrique). L'US2 tend à démontrer un affaiblissement de la compétence du chenal suggéré à la fois par une granulométrie moins grossière (i.e., réduction du D90) et par une modification texturale traduite par la disparition des graviers au profit des argiles fines (EM1) et des limons grossiers (EM4). L'US3 est caractéristique d'un remplissage de paléochenal déconnecté du chenal principal. Il est marqué par les segments PQ, QR, R'S' et RS (fig. 134). Ces alternances dans les modes de transport indiquent qu'il est régulièrement reconnecté au chenal principal ou qu'il est souvent ennoyé lors des débordements. Le paléochenal a de ce fait été colmaté par des apports grossiers (limons grossiers et sables) lors d'évènements de crues dynamiques alternés avec des apports fins (argiles et limons) lors d'évènements de crues plus modérés (cf. assemblage des classes EMMA) (fig. 134). Enfin, la dernière unité (US4) est associée à un environnement de plaine alluviale distale de faible énergie où les processus de suspension uniforme sont prédominants. La partie sommitale est toutefois attribuée au segment QR ce qui peut être expliqué soit par la mise en place de zones de dépôts au cours de périodes d'écoulement plus dynamiques associées à des crues fortes soit au remaniement de dépôts situés dans la partie la plus superficielle du sol.

5.2. Séquence AC02

5.2.1. Description

Situé au nord-est de l'Île Domange, le carottage AC02 a été prélevé au sein de la dépression assimilée à un paléochenal récent identifié d'après la topographie actuelle mais non ob-

servé sur la section ERT1-AC (cf. fig. 128 p. 206). Le carottage recoupe une séquence de 3 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers (fig. 135).

Les sédiments grossiers, graviers (40 %) et sables (20 %), dominent très largement les limons (25 %) et les argiles (15 %). La séquence observe une grano-décroissance de la base vers son sommet. La granulométrie est toutefois très hétérogène. Le D50 et le D90 varient dans des intervalles larges, entre 1 et 420 μm et entre 26 et 1 030 μm . La teneur en matière organique est quant à elle très faible avec une valeur moyenne de l'ordre de 4 %. L'algorithme EMMA montre une organisation en trois classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM3 se singularisent par les modes suivants : 2,7, 5,1 et 46 μm . EM1 correspond ainsi aux argiles, EM2 aux limons très fins et enfin EM3 aux limons grossiers. Les limons (EM2 et EM3) expliquent 78 % de la variance granulométrique globale de la séquence. À partir de l'étude des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de la répartition des classes EMMA, cette séquence se décompose en deux ensembles sédimentaires distincts (fig. 152).

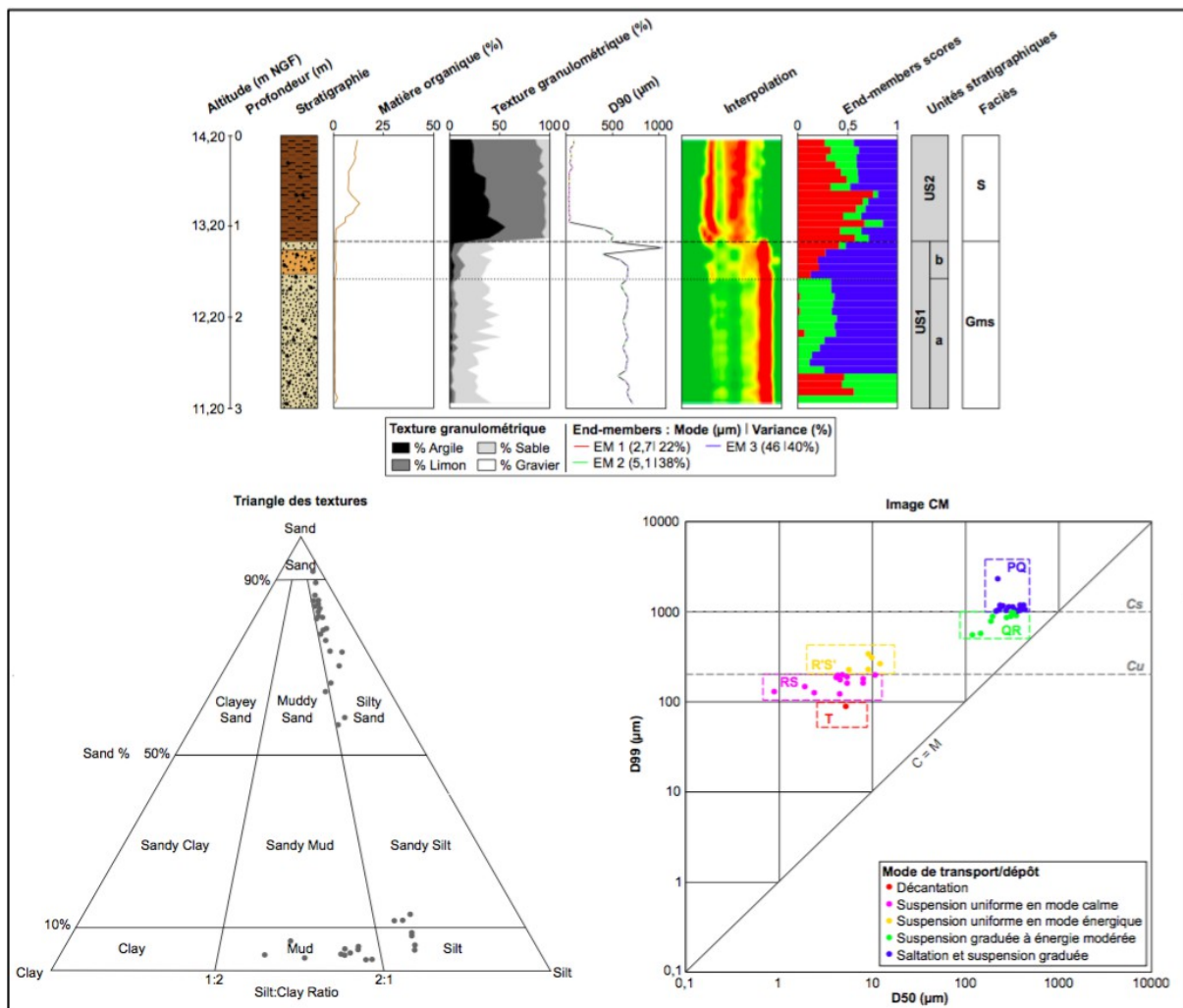


Fig. 135 – Log stratigraphique de la séquence AC02 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

Le premier ensemble (US1) représente les deux tiers de la séquence. Il correspond à une structure grossière, principalement des graviers fins blancs à beiges, dans une matrice de sables moyens de couleur beige à orangée peu denses disposés en stratifications planes (faciès Gms). La teneur en matière organique est très faible, inférieure à 2 %. L'unité peut toutefois être divisée en deux sous-unités. Le niveau inférieur (US1a), entre 294 et 151 cm, est déterminé pour l'essentiel par les modes 5,1 et 46 μm . L'US1a est associée majoritairement à des graviers (49 à 82 %) dans une matrice sableuse (15 à 43 %) dont la densité augmente de la base vers le sommet. La granulométrie met en évidence des sédiments plutôt grossiers et très hétérogènes avec un D50 et un D90 situés dans des intervalles de valeurs respectivement entre 270 et 420 μm et entre 553 et 714 μm . Le niveau supérieur (US1b), entre 151 et 103 cm, de texture similaire à l'US1a est défini par les modes 2,7 et 46 μm . Si les graviers (55 à 70 %) et les sables (21 à 34 %) sont effectivement représentés dans des proportions assez élevées, la part des argiles (1 à 5 %) et des limons (3 à 11 %) augmentent légèrement. L'US1b est granodécroissante. La granulométrie y est moins grossière et moins hétérogène avec un D50 entre 118 et 242 μm avec un maximum à 374 μm et un D90 entre 394 et 666 μm avec un maximum à 1 030 μm .

Le deuxième ensemble (US2), entre 103 et 0 cm, est associé au sol. Le mode 2,7 μm (EM1) domine très largement les modes 5,1 (EM2) et 46 μm (EM3). L'US2 présente ainsi une texture argilo-limoneuse massive d'un brun foncé (22 à 56 % d'argile et 39 à 69 % de limon) à granulométrie croissante (faciès S). La structure apparaît plus friable et plus sableuse vers le sommet avec inclusion de débris coquilliers et d'éléments racinaires. Les sédiments sont à granulométrie globalement fine et plus homogène. Le D50 et le D90 sont compris dans des intervalles peu étendus, respectivement entre 1 et 12 μm et entre 26 et 87 μm . La teneur en matière organique affiche des valeurs très supérieures à l'unité précédente (US1), incluses entre 6 et 13 %.

5.2.2. Interprétation

La séquence AC02 recoupe les UE2c, UE2b, UE2a et UE3 du transect ERT1-AC (cf. fig. 128 p. 206) mises en relation avec les US1 et US2 (fig. 135). La synthèse des analyses sédimentaires et l'image CM mettent en évidence une opposition entre deux environnements de dépôt très distincts. À la base, le premier ensemble est assimilé à un mode de transport dominant par saltation et suspension graduée. Toutefois la fraction supérieure à 2 mm n'a pas été analysée. De ce fait, l'US1 pourrait correspondre à un remplissage de chenal supposé être de forte compétence au regard de la nature des dépôts observés (sables, graviers, et matériel pluricentimétrique) et des connaissances sur la dynamique des chenaux actuels. Le deuxième environnement (US2) est quant à lui associé à des dépôts caractéristiques de plaine alluviale distale de faible énergie. L'affinement de la granulométrie, l'augmentation de la teneur en matière organique, la régression très nette des sables et la disparition des graviers suggèrent une phase de déconnexion. Il est colmaté par des apports argilo-limoneux transportés pour l'essentiel par suspension uniforme lors des débordements du cours d'eau.

5.3. Séquence AC03

5.3.1 Description

Le carottage AC03 a été prélevé au centre d'une dépression assimilée à plusieurs paléochenaux récents dans la partie nord-ouest de l'Île Domange non révélés par la géophysique (cf. fig. 131 p. 210). Il croise une séquence de 1,94 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers (fig. 136). Les limons (54 %) et les sables (26 %) dominent très largement les argiles (18 %) au sein de la séquence. Cette dernière est granodécroissante et inclut des sédiments globalement grossiers et hétérogènes. Le D50 et le D90 se répartissent dans une gamme de valeurs étendue, respectivement entre 4 et 268 μm et entre 27 et 773 μm . La teneur en matière organique présente des valeurs irrégulières, mais globalement elle est élevée, avec une moyenne de l'ordre de 8 %. L'algorithme EMMA produit un modèle en trois classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM3 sont définies par les modes suivants : 2,4, 4,4 et 36 μm . EM1 correspond aux argiles, EM2 aux limons très fins et EM3 aux limons grossiers. Les limons (EM2 et EM3) rendent compte de 65 % de la variance granulométrique globale de la séquence. À partir de l'étude des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de l'assemblage des classes EMMA, cette séquence se subdivise en quatre unités stratigraphiques principales (fig. 153).

La première unité (US1), entre 194 et 177 cm, est déterminée par les modes 4,4 et 36 μm . Cette unité est attribuée à une texture sableuse beige massive (51 à 79 %) avec inclusion de quelques graviers à la base de l'unité (faciès Sm). La teneur en limon (15 à 19 %) et en argile (2 à 4 %) sont représentées dans des quantités très faibles. La granulométrie est plus grossière et plutôt homogène avec un D50 compris entre 245 et 268 μm et un D90 entre 552 et 773 μm . Les taux de matière organique sont très faibles, inférieurs à 3 %.

La deuxième unité (US2), entre 177 et 95 cm, est associée à une texture limono-sableuse grano-décroissante grise à orangée de la base vers le sommet de l'unité (faciès sZm). La teneur en matière organique est similaire à l'unité précédente (US1). L'US2 peut être décomposée en deux sous-unités. Le niveau inférieur (US2a), entre 177 et 142 cm, est caractérisé par les classes EM2 et EM3, la première est dominée légèrement par la seconde. L'US2a se singularise par une texture majoritairement limono-sableuse (43 à 62 % de limon et 18 à 47 % de sable). La part argileuse est faible (9 à 19 %). Cette structure est à granulométrie grossière et hétérogène. Le D50 et le D90 sont compris dans des intervalles relativement larges entre 21 et 49 μm et entre 103 et 333 μm . Le niveau supérieur (US2b), entre 142 et 95 cm, est défini par les classes EM2 et EM3, la classe EM2 étant légèrement plus représentée. Par rapport à l'US2a, l'US2b est caractérisée par une augmentation des argiles (12 à 22 %), tout comme des limons (52 à 66 %) au détriment des sables (19 à 29 %). La granulométrie est donc plus fine et plus homogène. Le D50 et le D90 se répartissent dans des gammes de valeurs moins étendues, pour l'essentiel entre 21 et 27 μm et entre 93 et 234 μm avec un maximum à 367 μm .

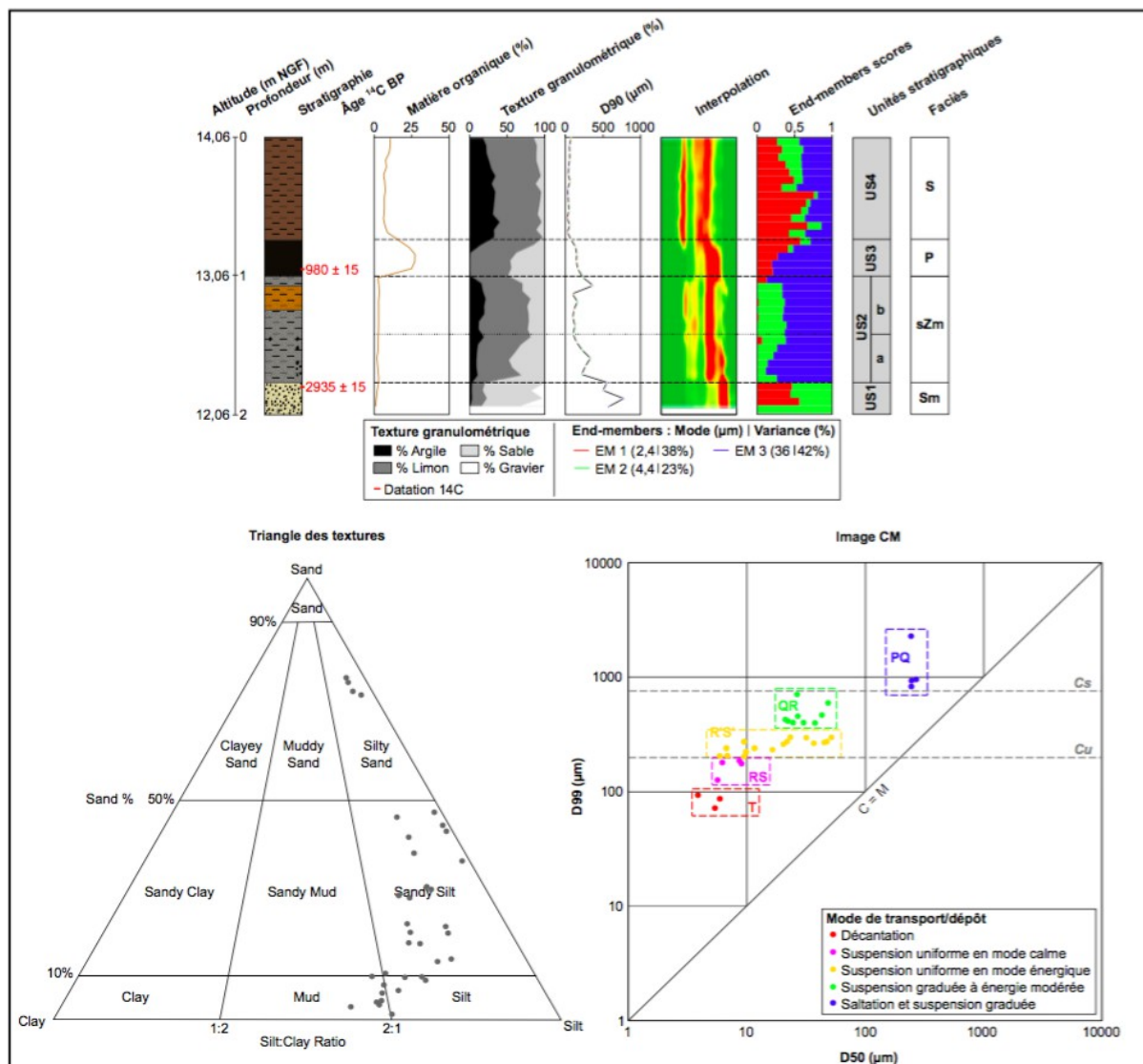


Fig. 136 – Log stratigraphique de la séquence AC03 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

La troisième unité (US3), entre 95 et 74 cm, s’individualise par les modes 2,4 et 36 µm. Elle présente une structure tourbeuse d’un brun noir compacte, grano-décroissante, riche en matière organique (16 à 27 %) et ponctuée de fragments de végétaux (faciès P). Ce type de structure est composée principalement de limon (50 à 70 %) et de sable (15 à 49 %) avec une part argileuse très faible (1 à 15 %). La granulométrie est ici plus fine mais conserve son caractère très hétérogène avec un D50 entre 16 et 52 µm et un D90 entre 77 et 165 µm.

La quatrième unité (US4), entre 74 et 0 cm, correspond au sol. Elle est dominée par le mode 2,4 µm. Elle est associée à une texture argilo-limoneuse brune massive (56 à 68 % de limon et 18 à 40 % d’argile) avec inclusion de taches orangées d’oxydation. Les sables (2 à 14%) affichent des quantités très faibles. La granulométrie est plus fine et plus homogène. Les valeurs du D50 et du D90 évoluent dans des intervalles courts, respectivement entre 4 et 12 µm et entre 27 et 77 µm. La teneur en matière organique montre une augmentation progressive de ses valeurs de la base vers le sommet de l’unité (6 à 11 %).

5.3.2. Interprétation

La séquence AC03 recoupe les UE2a et UE3 du transect ERT4-AC (cf. fig. 131 p. 210) corrélées avec les US1, US2, US3 et US4 (fig. 136). À la base, l'US1 peut être assimilée à un remplissage de paléochenal. Les dépôts sont effectués par saltation et suspension graduée. L'US2 est caractéristique d'une phase de déconnexion dont les dépôts sont effectués par suspension uniforme en mode énergétique ou par suspension graduée. Cela indique soit une reconnexion temporaire du paléochenal au chenal actif soit un ennoisement régulier du paléochenal ce qui a permis son colmatage progressif par des apports grossiers (limons grossiers et sables fins) lors des crues. Le niveau tourbeux s'est quant à lui formé par suspension uniforme ce qui témoigne d'un milieu de faible énergie. La dernière unité (US4) est attribuée à un milieu de plaine alluviale distale de faible énergie alimenté par des dépôts de crue. Les processus de transport se font soit par suspension uniforme soit par décantation.

5.4. Séquence AC04

5.4.1. Description

Situé au sud de l'Île Domange, le carottage AC04 a été prélevé dans une dépression associée à un paléochenal d'après la topographie actuelle mais il n'a pas été mis en évidence par la géophysique (cf. fig. 132 p. 212). Il recoupe une séquence de 3,99 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers. Les sédiments grossiers, graviers (34 %) et sables (25 %), dominent les limons (24 %) et les argiles (17 %). La granulométrie est à dominante grossière et très hétérogène. Les valeurs du D50 et du D90 se répartissent dans des intervalles très larges, respectivement compris entre 0,3 et 446 μm et entre 12 et 1 088 μm . La teneur en matière organique est relativement modeste avec une moyenne de l'ordre de 11 %. L'algorithme EMMA fait ressortir un modèle en trois classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM3 sont déterminées par les modes suivants : 5,9, 12 et 55 μm . EM1 se rapporte aux limons très fins, EM2 aux limons fins et enfin EM3 aux limons grossiers. Les limons (EM1 à EM3) expliquent la totalité de la variance granulométrique globale de la séquence. L'analyse des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de la répartition des classes EMMA montre une organisation en quatre ensembles sédimentaires majeurs (fig. 137).

Le premier ensemble (US1), entre 399 et 235 cm, est grano-décroissant et peut être subdivisé en deux sous-ensembles. Le niveau inférieur (US1a), entre 399 et 294 cm, est caractérisé par une structure graveleuse (77 à 90 %) inscrite dans une matrice sableuse peu dense (8 à 21 %) (faciès Gms). Les argiles (0,4 à 2 %) et les limons (0,8 à 4 %) affichent de ce fait des valeurs extrêmement faibles. La granulométrie est grossière et hétérogène avec un D50 inclus entre 140 et 446 μm et un D90 entre 399 et 718 μm . Le niveau supérieur (US1b), entre 294 et 235 cm, montre une structure similaire à l'US1a (faciès Gms). Les argiles (0 à 8,4 %) et les limons (0 à 6,3 %) sont toutefois légèrement supérieurs. La granulométrie est ici moins grossière et moins hétérogène. Le D50 enregistre des valeurs entre 2 et 414 μm et le D90 entre 91 et 644 μm . Dans les deux cas, la teneur en matière organique est faible, inférieure pour l'essentiel à 3 %.

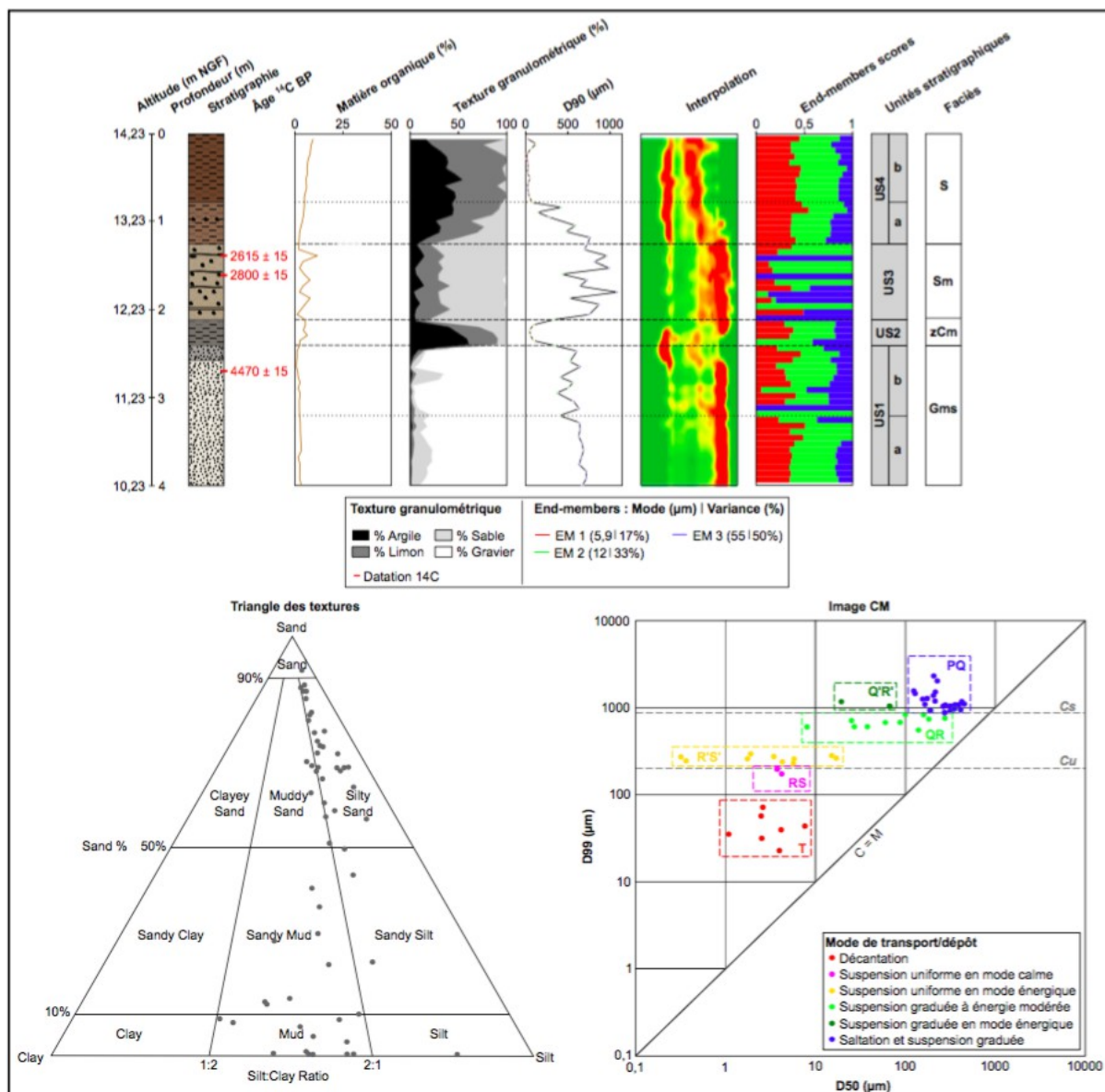


Fig. 137 – Log stratigraphique de la séquence AC04 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

Le deuxième ensemble (US2), entre 235 et 205 cm, est associé principalement aux modes 5,9 et 12 µm. L'US2 présente une structure argilo-limoneuse grise massive (40 à 61 % d'argile et 29 à 37 % de limon) avec une part sableuse relativement faible (9 à 29 %) (faciès zCm). Les sédiments font l'objet d'un affinement de leur granulométrie avec un D50 inclus entre 0,3 et 8 µm et un D90 entre 45 et 328 µm. La teneur en matière organique montre des valeurs élevées, de l'ordre de 5 à 7 %.

Le troisième ensemble (US3), entre 205 et 111 cm, est caractérisé par les modes 12 et 55 µm. Il est assimilé à une structure sableuse dominante brunâtre à beige (faciès Sm) grossièrement stratifiée à la base et massive à son sommet avec une part limoneuse importante (11 à 36 %). La fraction argileuse est relativement faible (4 à 15 %). La granulométrie est plus grossière et hétérogène par rapport aux unités précédentes. Les valeurs du D50 et du D90

sont incluses dans des intervalles très étendus, compris entre 88 et 429 μm et entre 425 et 1 088 μm . Les taux de matière organique sont irréguliers et affichent des valeurs faibles à modestes (entre 1 et 12 %).

Le quatrième ensemble (US4), entre 111 et 0 cm, correspond au sol. L'US4 se décompose en deux sous-unités. La première (US4a), entre 111 et 78 cm, est dominée par les modes 12 et 55 μm . Elle se singularise par une structure grano-décroissante à dominante limono-sableuse massive brune (31 à 45 % de limon et 23 à 52 % de sable) avec inclusion de taches orangées d'oxydation. Les argiles sont représentées néanmoins dans des proportions assez importantes (17 à 32 %). La granulométrie est ici plus fine et moins hétérogène comparée aux unités précédentes. Les valeurs du D50 et du D90 sont comprises dans des gammes moins élevées et plus rapprochées, respectivement entre 15 et 67 μm et entre 138 et 589 μm . La teneur en matière organique augmente progressivement et affiche des valeurs plus élevées (3 à 5 %). La deuxième sous-unité (US4b), entre 78 et 0 cm, s'individualise par une prédominance des modes 5,9 et 12 μm . L'US4b est associée à une structure grano-croissante argilo-limoneuse plus friable dans sa partie sommitale. La teneur en limons (45 à 83 %) augmente nettement, tout comme celle des argiles (16 à 55 %) au détriment des sables (0 à 24 %) par rapport à l'US4a. La granulométrie est très fine et très homogène. Le D50 et le D90 se répartissent dans des intervalles restreints, respectivement entre 1 et 17 μm et entre 12 et 17 μm . La teneur en matière organique est ici plus élevée (5 à 10 %).

5.4.2. Interprétation

La séquence AC04 croise les UE2a et UE3 du transect ERT5-AC (cf. fig. 132 p. 212) corrélées avec les US1, US2, US3 et US4 (fig. 137). L'US1 correspond à un remplissage grossier de paléochenal. Il relève probablement d'une compétence très largement supérieure aux chenaux actuels en raison de la nature des dépôts observés. Toutefois la fraction supérieure à 2 mm n'a pas pu faire l'objet d'analyse ce qui ne permet pas d'être plus précis à l'heure actuelle. L'US2 est associée essentiellement au segment R'S'. Ce type de mode de transport suggère la mise en place d'un environnement humide de faible énergie où le chenal est asséché de façon temporaire et alimenté exclusivement par des dépôts de crue de composition argilo-limoneuse. L'US3 et l'US4a sont marquées par les segments QR et PQ. Ces unités indiquent une phase de reconnexion régulière du bras mort ou d'ennoiement fréquent lors des crues. Dans ce cas-là, le chenal est colmaté par des apports grossiers (limons grossiers et sables fins). L'US4b est quant à elle caractéristique d'un environnement de plaine alluviale distale de faible énergie où les processus de transports se font surtout par suspension unifornne en mode calme/ou énergétique et par décantation.

5.5. Séquence AC05

5.5.1. Description

Situé au milieu de la section ERT6-AC en rive droite du chenal principal, le carottage AC05 a été réalisé au sein de paléo-formes anastomosées mises en évidence par la topographie actuelle mais non décelées par la géophysique (cf. fig. 133 p. 213). Le carottage intersecte

une séquence de 1,94 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers. Les graviers (68 %) et les sables (21 %) dominent majoritairement les limons (22 %) et les argiles (9 %) au sein de la séquence. La séquence est grano-décroissante de sa base vers son sommet. Les valeurs du D50 et du D90 évoluent ainsi dans des intervalles très larges, respectivement inclus entre 3 et 485 μm et entre 63 et 830 μm . La teneur en matière organique est globalement élevée avec une moyenne proche de 14 %. L'algorithme EMMA indique un modèle en quatre classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM4 sont définies par les modes suivants : 1, 5,8, 15 et 34 μm . EM1 est associée aux argiles, EM2 aux limons très fins, EM3 aux limons moyens et enfin EM4 aux limons grossiers. Les limons (EM2 à EM4) caractérisent 83 % de la variance granulométrique globale de la séquence. L'analyse des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de l'assemblage des classes EMMA permet de distinguer trois ensembles sédimentaires majeurs (fig. 138).

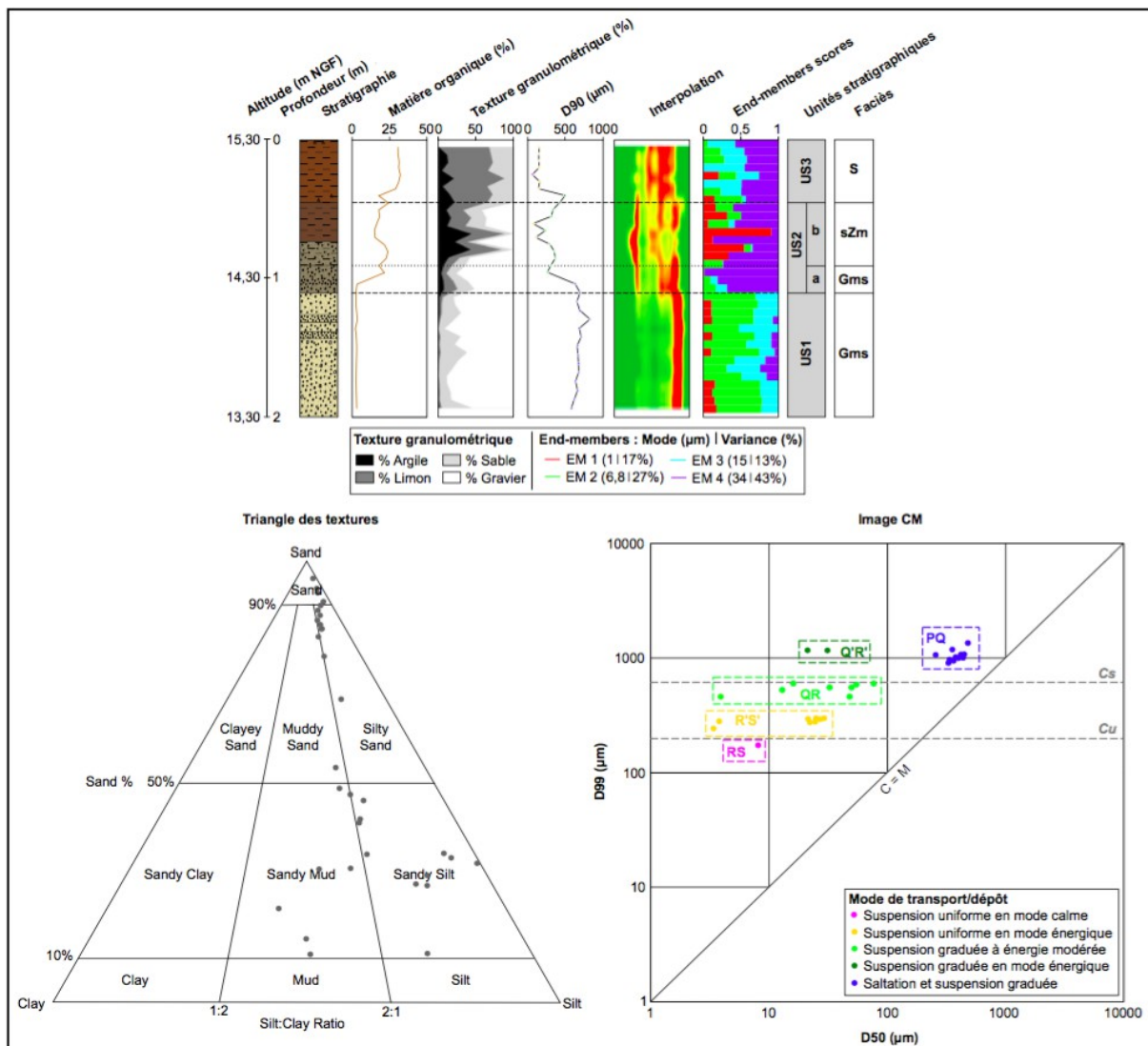


Fig. 138 – Log stratigraphique de la séquence AC05 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

Le premier ensemble (US1), entre 194 et 104 cm, est déterminé par les quatre modes définis par l'algorithme EMMA en particulier le mode 6,8 μm . L'US1 est caractérisée par une structure avec graviers blancs à gris (55 à 92%) insérés dans une matrice sableuse (8 à 40 %) (faciès Gms). Les limons (0,1 à 4 %) et les argiles (0 à 2 %) sont représentés dans des proportions très faibles. La granulométrie est grossière et hétérogène. Le D50 et le D90 évoluent dans des intervalles larges, entre 257 et 485 μm et entre 580 et 830 μm . La teneur en matière organique est très faible, inférieure à 3 %.

Le deuxième ensemble (US2), entre 104 et 40 cm, est globalement granodécroissant. L'US2 se décompose en deux sous-unités. Le niveau inférieur (US2a), entre 104 et 80 cm, est associé principalement au mode 34 μm . L'US2a se compose d'une structure à graviers beiges à gris (52 et 76 %) dans une matrice sableuse grise peu dense (13 à 23 %) sans stratification apparente (faciès Gms). Les limons (7 à 18 %) et les argiles (4 à 8 %) figurent dans des proportions faibles mais plus élevées que pour l'US1. La granulométrie reste encore relativement grossière et hétérogène. Le D50 varie entre 48 et 77 μm et le D90 entre 263 et 370 μm . Le niveau supérieur (US2b), entre 80 et 40 cm, est caractérisé majoritairement par les modes 1 et 34 μm . L'US2b est marquée par une texture limono-sableuse massive d'un gris-beige (16 à 44 % de limon et 11 à 26 % de sable) avec inclusion éparse de graviers fins (faciès sZm). La fraction argileuse est largement supérieure à l'US2a (11 à 44 %). La granulométrie est moins grossière et moins hétérogène. Le D50 et le D90 évoluent dans une gamme de valeurs moins étendue, incluse entre 75 et 433 μm et entre 3 et 33 μm .

Le troisième ensemble (US3), entre 40 et 0 cm, correspond au sol et est dominé par les modes 15 et 34 μm . Il s'individualise par une structure limono-sableuse brune dominante (44 à 67 % de limon et 12 à 35 % de sable) et par la présence de traces orangées d'oxydation et de concrétions calcaires blanches de plus en plus nombreuses vers la base de l'unité. La granulométrie s'affine avec un D50 et un D90 compris entre 8 et 29 μm et entre 63 et 500 μm . La teneur en matière organique augmente par rapport aux unités précédentes.

5.5.2. Interprétation

La séquence AC05 recoupe les UE2b, UE2a et UE3 sur la section ERT6-AC (cf. fig. 133 p. 213) corroborées avec les US1, US2 et US3 (fig. 138). À la base, l'US1, marqué par le segment PQ, correspond au remplissage d'un ancien paléochenal supposé être de forte compétence en raison de la nature des dépôts constatés (i.e., matériel grossier parfois pluricentimétrique). L'US2 est marquée par des processus de dépôts variés (segments PQ, Q'R', QR, R'S') témoignant d'une alternance des débits. Elle indique soit une phase de réouverture du bras mort ou soit une phase d'ennoiement régulier lors des crues où les apports sont grossiers (limons et sables hétérogènes). Enfin, l'US3 est assimilée à un environnement de plaine alluviale distale de faible énergie où les processus de transport sont effectués pour l'essentiel par suspension uniforme en mode calme ou énergétique.

5.6. Séquence AC06

5.6.1. Description

Le carottage AC06 a été réalisé à une vingtaine de mètres du carottage AC05 dans la plaine alluviale en rive droite du chenal principal au sein d'une dépression susceptible d'être associée à des paléo-formes anastomosées non distinguées par la géophysique (cf. fig. 133 p. 213). Il croise une séquence de 1,95 m de profondeur jusqu'à refus sur sédiments grossiers.

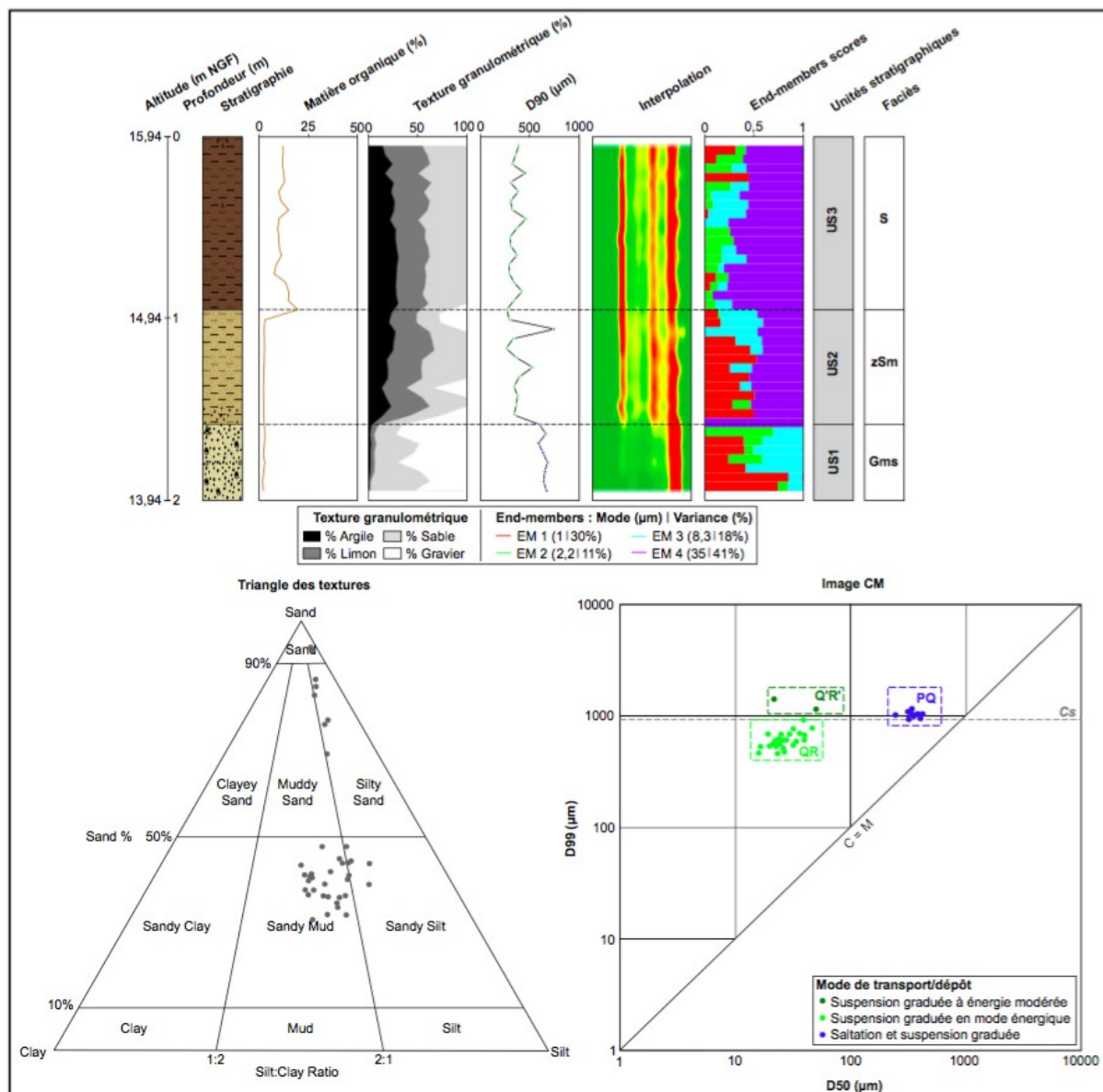


Fig. 139 – Log stratigraphique de la séquence AC06 associée aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

La séquence est composée majoritairement de sable (39 %) et de limon (27 %). Les sédiments sont plutôt grossiers et très hétérogènes. Le D50 et le D90 varient dans des intervalles

de valeurs étendus, entre 16 et 416 μm et entre 263 et 752 μm . La séquence enregistre une granodécroissance de la base vers son sommet et présente une teneur en matière organique relativement élevée, avec une moyenne de l'ordre de 7 %. L'algorithme EMMA fait ressortir un modèle en quatre classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM4 sont déterminées par les modes suivants : 1, 2,2, 8,3 et 35 μm . EM1 et EM2 sont associées aux argiles, EM3 aux limons fins et enfin EM4 aux limons grossiers. Les limons (EM3 et EM4) définissent 59 % de la variance granulométrique globale de la séquence. L'analyse des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de la répartition des classes EMMA permet de subdiviser la séquence en trois ensembles sédimentaires principaux (fig. 139).

Le premier ensemble (US1), entre 195 et 163 cm, est marqué par les modes 1 et 8,3 μm . L'US1 présente une structure peu stratifiée avec des graviers (37 à 71 %) inclus dans une matrice sableuse dense (22 à 60 %) (faciès Gms). Les argiles (1 à 3 %) et les limons (2 à 5 %) sont représentés en très faibles quantités. Toutefois leurs valeurs augmentent progressivement de la base vers le sommet de l'unité. La granulométrie est grossière et hétérogène. Le D50 se répartit entre 313 et 416 μm et le D90 entre 589 et 679 μm . La teneur en matière organique est faible, inférieure à 3 %.

Le deuxième ensemble (US2), entre 163 et 95 cm, est caractérisé principalement par les modes 1 et 35 μm . L'US2 se distingue par une texture sablo-limoneuse beige à grise massive (7 à 42 % de limon et 23 à 42 % de sable) granodécroissante avec inclusion de graviers à la base et au sommet de l'unité dans des proportions inférieures à 33 % avec un maximum à 66 % (faciès zSm). Les fractions argileuse (4 à 28 %) et limoneuse (7 à 42 %) augmentent par rapport à l'unité précédente. La granulométrie est moins grossière mais elle reste hétérogène. Le D50 et le D90 se répartissent dans des intervalles assez larges mais moins élevés que pour l'unité précédente (US1), respectivement entre 16 et 245 μm et entre 263 et 752 μm . La teneur en matière organique est similaire à l'US2.

Le troisième ensemble (US3), entre 95 et 0 cm, correspond au sol et est dominé par le mode 35 μm (EM4). L'US3 présente de ce fait une texture limono-sableuse brune fine compacte (27 à 43 % de limon et 36 à 49 % de sable). Elle contient des taches orangées d'oxydation et des concrétions calcaires blanches situées en particulier vers la base de l'unité. La fraction argileuse (15 à 31 %) augmente très nettement par rapport aux unités précédentes (US1 et US2). La granulométrie est donc plus fine et moins hétérogène. Le D50 et le D90 se répartissent dans une gamme de valeurs plus restreinte respectivement entre 19 et 50 μm et entre 292 et 464 μm . La teneur en matière organique augmente significativement avec des valeurs pour l'essentiel entre 8 et 15%.

5.6.2. Interprétation

La séquence AC06 intersecte les UE2b, UE2a et UE3 sur la section ERT6-AC (cf. fig. 133 p. 213) mises en relation avec les US1, US2 et US3 (fig. 139). À la base, l'US1 est associée à un remplissage de paléochenal probablement de forte compétence comme le suggère la nature des dépôts. L'US2 est caractérisée par les segments Q'R' et QR. Les apports sont effectués

dans un contexte de reconnexion fréquente du bras mort avec le chenal actif ou d'enneigement régulier du paléochenal en période de crue. Le paléochenal est alors progressivement colmaté par des apports grossiers (i.e., limons grossiers et sables fins) transportés par les crues. Enfin, l'US3 est associée aux segments QR et Q'R'. Cela peut être lié soit aux débordements successifs du cours d'eau soit au remaniement des dépôts par intervention anthropique ce qui pourrait expliquer dans les deux cas la texture encore très sableuse et grossière de l'unité (i.e., limons grossiers et sables fins).

6. Chronologie

La chronologie des séquences du site d'Angeac-Charente a été établie à partir de cinq datations ^{14}C effectuées sur les carottes AC03 et AC04 (cf. tab. 23 p. 194). Les datations ^{14}C ont été considérées comme cohérentes pour les deux séquences ce qui a permis la construction d'un modèle âge-profondeur, l'estimation des vitesses de sédimentation en cm.an^{-1} et la datation d'évènements extrêmes (Blaauw, 2010). Les modèles âge-profondeur n'ont pas été extrapolés en raison d'un hiatus sédimentaire supposé entre les formations grossières de la base et les formations à granulométrie plus fine de la partie sommitale.

6.1. Chronologie de la séquence AC03

La séquence AC03 a fait l'objet de deux datations ^{14}C (cf. tab. 23 p. 194). Le modèle âge-profondeur établit un cadre chronologique relativement court centré pour l'essentiel sur le Subatlantique (fig. 140). La datation prélevée à 0,20 m de la base de la séquence permet de dater le paléochenal AC03 vers ca 3 095 ans cal. BP. La déconnexion du paléochenal est estimée vers ca 3 015 ans cal. BP contemporain à l'Âge du Bronze. Au regard de la séquence, les vitesses de sédimentation sont très lentes mais augmentent légèrement de la base vers le sommet, de $0,03 \text{ cm.an}^{-1}$, entre 1,80 m et 0,95 m, à $0,10 \text{ cm.an}^{-1}$, entre 0,94 m et le sommet (fig. 140).

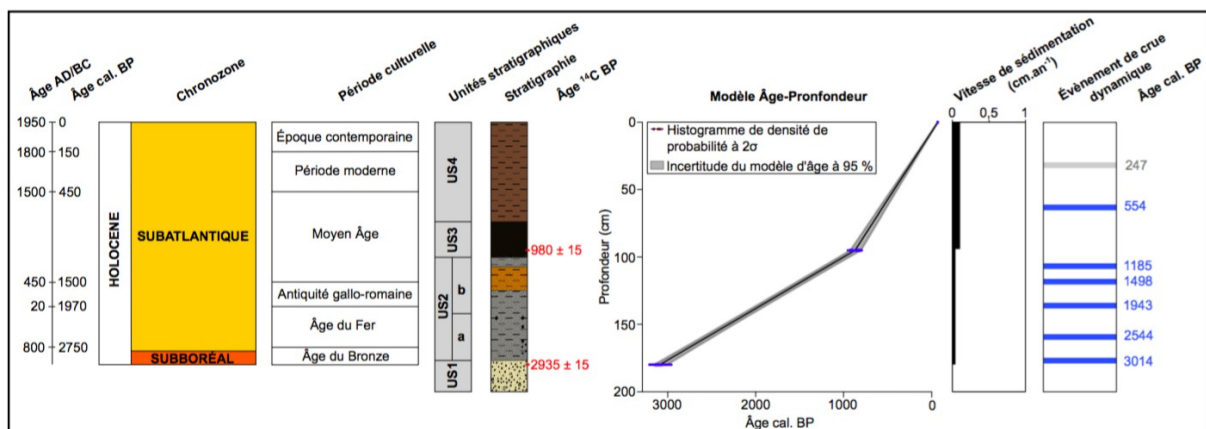


Fig. 140 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence AC03.

Les évènements hydrologiques sont identifiés d'après la courbe du D90 présentée dans la Fig. n°136.

6.2. Chronologie de la séquence AC04

La séquence AC04 comprend trois datations ^{14}C (cf. tab. 23 p. 194). Le modèle âge-profondeur couvre un cadre chronologique plus long compris entre le milieu du Subboréal et l'Actuel (fig. 141). La datation radiocarbone obtenue permet de dater le paléochenal AC04 autour de ca 5 165 ans cal. BP contemporain au Néolithique récent, mais le prélèvement a été réalisé à 1,30 m de la base de la séquence. L'amorce de sa phase de déconnexion est envisagée vers ca 4 440 ans cal. BP contemporain au milieu du Néolithique final. Les datations ^{14}C permettent d'établir des vitesses de sédimentation très lentes, de l'ordre de 0,04-0,13 cm.an⁻¹.

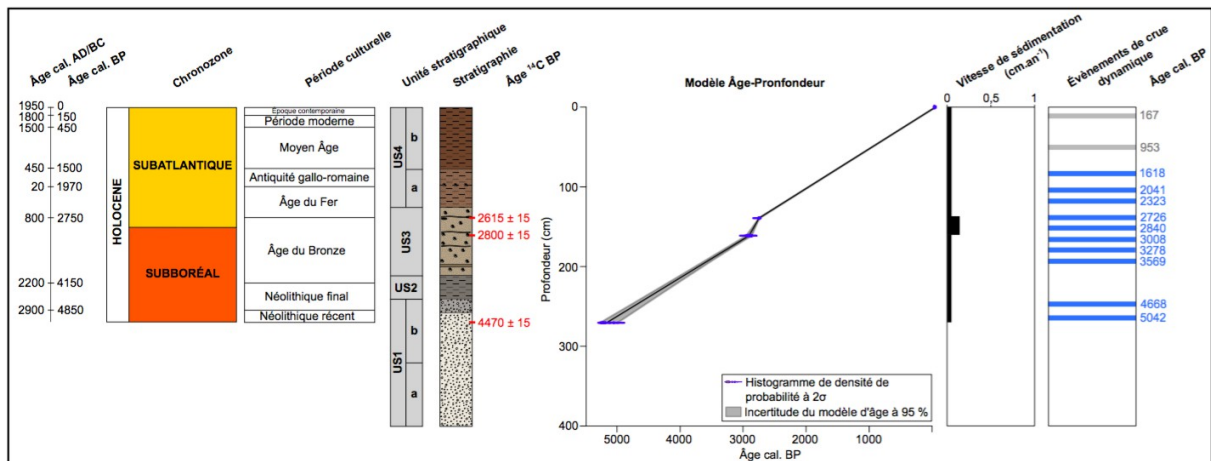


Fig. 141 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence AC04.

Les évènements hydrologiques sont identifiés d'après la courbe du D90 présentée dans la Fig. n°137.

7. Synthèse

L'analyse des données topographiques, géophysiques, sédimentaires et chronologiques a permis de proposer une chronostratigraphie de la plaine alluviale au droit du site d'Angeac-Charente et d'envisager les phases d'évolution des paléochenaux (fig. 142, 143). Seuls les points principaux sont précisés et seront davantage explicités et interprétés dans la partie 5. L'analyse stratigraphique a permis d'établir un modèle dominant de remplissage des chenaux. Ce dernier se décompose en trois phases majeures : 1) la phase d'activité des chenaux, 2) la phase de déconnexion et 3) la phase de comblement (post-déconnexion).

La base des séquences est associée à un remplissage grossier constitué de sables et/ou de graviers parfois pluricentimétriques (i.e., les séquences AC01, AC02, AC04, AC05 et AC06) recouvert dans certains cas par des niveaux plus sableux avec inclusion de graviers fins insérés éventuellement dans une matrice limoneuse peu dense (AC01, AC02, et AC05). Toutefois la fraction supérieure à 2 mm n'a pas fait l'objet d'analyse, l'interprétation est de ce fait limitée. Ces formations témoignent d'un contexte très énergétique de mise en place qui pourrait être attribué au Pléniglaciaire ou Tardiglaciaire. Compte-tenu de la nature de leurs dépôts, elles pourraient enregistrer l'existence d'une phase de tressage. Les sections ERT ont permis d'identifier clairement de très larges structures dans lesquelles se sont concentrés les écoulements. Elles correspondent à d'anciennes bandes de tressage incisées dans une formation

antérieure à dominante sableuse (fig. 142, 143). Ce type de remplissage grossier est une particularité propre à la section amont anastomosée ou tout du moins à l'échelle du site d'Angéac-Charente, la section aval étant caractérisée par un remplissage argilo-limoneux holocène déposé directement sur le substrat calcaire (cf. chapitre 12).

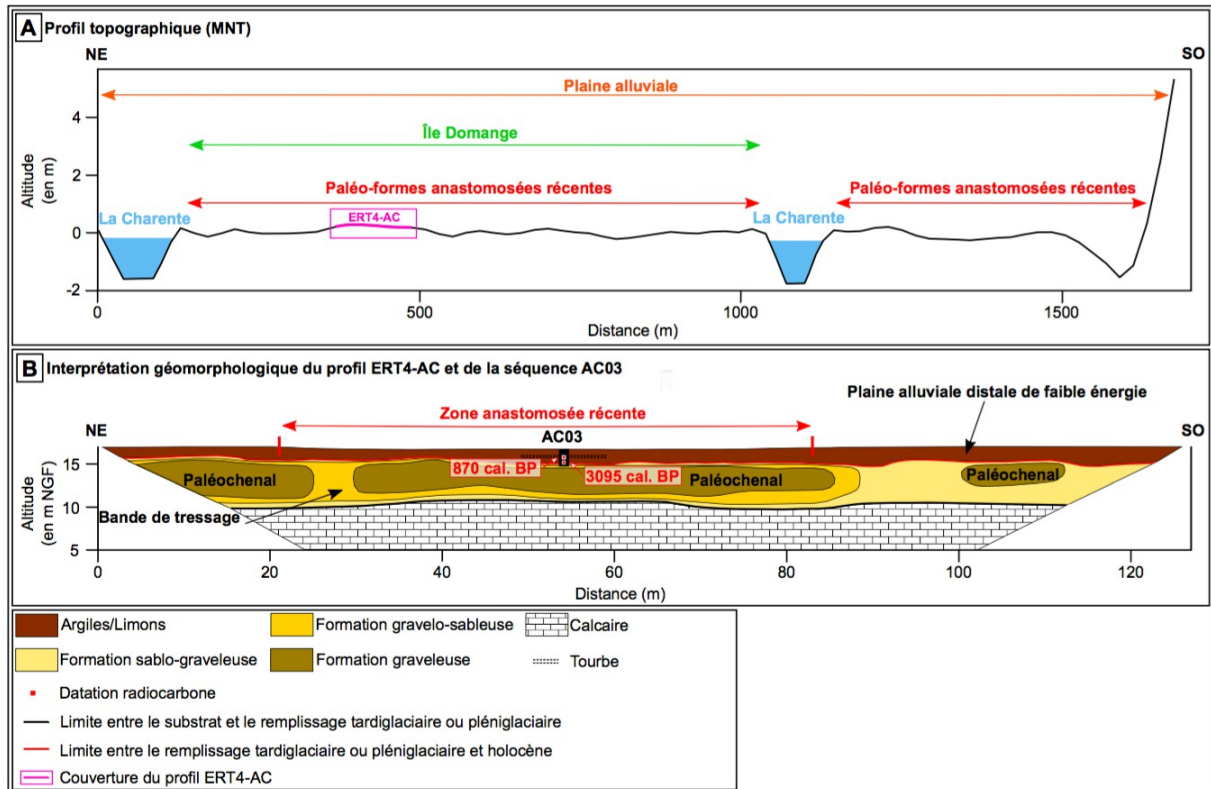


Fig. 142 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT4-AC et du carottage AC03.

A : Profil topographique (MNT) ; B : Interprétation géomorphologique du profil ERT4-AC et de la séquence AC03.

La phase de déconnexion est quant à elle caractérisée par des niveaux à texture et à granulométrie différentes dont l'épaisseur est généralement plus réduite alternant entre unités à structure stratifiée ou massive. L'analyse stratigraphique met en évidence des faciès de remplissage principalement de type zSm, sZm et Sm associés à de multiples processus de dépôts : suspension graduée à moyenne énergie, suspension graduée énergétique, suspension uniforme en mode calme et/ou énergétique. Ces alternances d'écoulement suggèrent que les bras morts ont été probablement reconnectés temporairement au chenal principal ou régulièrement envoyés en période de crues. Les paléochenaux ont été colmatés progressivement par l'alternance d'apports grossiers (i.e., limons grossiers et sables fins à grossiers) lors d'écoulements dynamiques attribués aux segments R'S' et Q'R' envisagés comme la signature de crues fortes et d'apports plus fins (argiles et limons) lors d'écoulements plus faibles situés exclusivement sur le segment RS assimilés à des crues modérées.

Les séquences AC03 et AC04 observent quant à elles des niveaux de remplissage peu épais massifs à granulométrie plus fine et plus homogène (fig. 142, 143). La séquence AC03 est caractérisée par un niveau de type P situé dans le segment RS ce qui témoigne d'une

phase de tourbification associée à un événement humide de plaine (cf. fig. 136 p. 219). La séquence AC04 se singularise quant à elle par un niveau associé au faciès zCm ce qui suggère la mise en place d'un environnement humide de faible énergie (cf. fig. 137 p. 222). Le bras mort est comblé par des dépôts argilo-limoneux de crues lors d'écoulements lents où les transports se font pour l'essentiel par suspension uniforme.

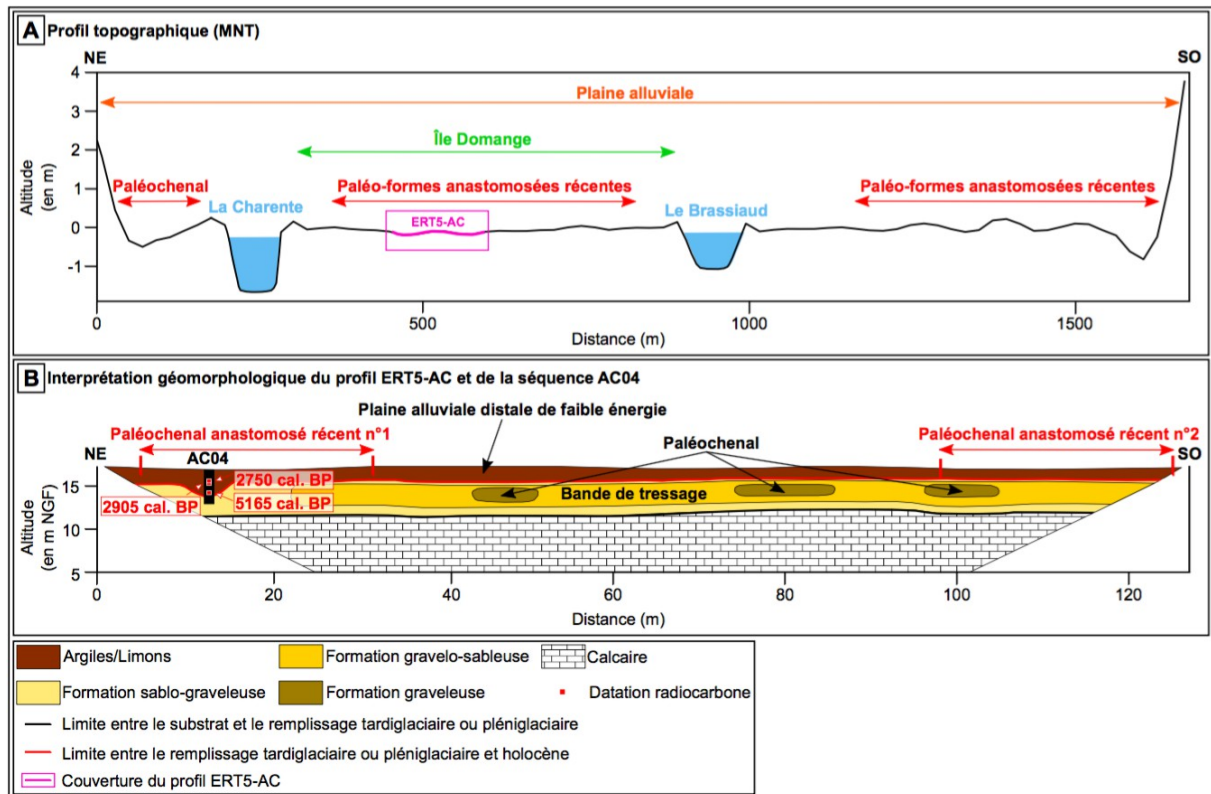


Fig. 143 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT5-AC et du carottage AC04.

A : Profil topographique (MNT) ; B : Interprétation géomorphologique du profil ERT5-AC et de la séquence AC04.

La phase de comblement se singularise par l'édification d'un niveau massif bioturbé (structure tachetée, galeries, etc.) à forte teneur en matière organique. Il s'agit d'une formation à texture limono-argileuse ou limono-sableuse à granulométrie globalement fine et homogène avec inclusion d'éléments racinaires ou parfois caillouteux et traces d'oxydation. Il correspond au développement d'un sol (faciès S) en contexte de plaine alluviale distale de faible énergie. Cette dernière est alimentée régulièrement par des dépôts de débordement effectués pour l'essentiel par décantation et suspension uniforme en mode calme. Dans certains cas, des zones de dépôts se situent dans le segment R'S' ce qui peut être expliqué soit par des écoulements plus dynamiques envisagés comme la signature d'évènements de crue forts ou soit par des processus post-dépositionnels ayant modifié le mode de transport initial en particulier dans la partie sommitale de ces niveaux. Les six séquences sont caractérisées par un niveau de faciès S assez épais, entre 74 et 111 cm. Seuls deux d'entre elles ont néanmoins pu faire l'objet de datations ^{14}C ce qui a permis d'estimer des vitesses de sédimentation très lentes, de l'ordre de 0,04-0,10 cm.an⁻¹ au cours de cette phase d'évolution.

8. Conclusion

Les travaux menés au droit du site d'Angeac-Charente permettent de mieux appréhender l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes actuelles et fossiles et de documenter son évolution sur les derniers millénaires. Ces résultats démontrent que la section amont anastomosée du fleuve Charente présente une dynamique d'évolution spécifique. Elle connaît ainsi une métamorphose fluviale d'un style en tresses vers un style anastomosé probablement à l'Atlantique ancien, ce type de transformation ayant déjà été constaté sur des cours d'eau de ce type (Rust, 1981). Au regard des données acquises, l'anastomose actuelle ne serait donc que relictuelle c'est-à-dire très simplifiée au droit du site étudié alors qu'elle aurait été probablement très développée sur la première moitié de l'Holocène.

Chapitre 12. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site de Chaniers/Courcoury

1. Introduction

Ce chapitre expose les résultats topographiques, géophysiques, stratigraphiques et chronologiques acquis au droit du site de Chaniers/Courcoury. Tout d'abord, le site d'étude est présenté tant d'un point de vue géomorphologique que géohistorique. L'analyse des données est constituée en trois volets principaux : 1) une analyse qualitative de la topographie actuelle afin d'identifier des dépressions susceptibles de correspondre à des paléochenaux, 2) une description et une interprétation des données de résistivité pour mieux appréhender l'architecture de la plaine alluviale et de ses formes en particulier les îles, 3) par une description et une interprétation des séquences sédimentaires acquises ainsi que des travaux analytiques en laboratoire (perte au feu et granulométrie laser) afin de documenter les processus de mise en place et d'évolution de la plaine alluviale sur le temps long, pluriséculaire à plurimillénaire. La chronologie de mise en place de la plaine alluviale est documentée par des datations ^{14}C . Enfin, une synthèse des données obtenues est proposée afin de préciser dans ses grandes lignes l'évolution de la plaine alluviale de la section aval au cours de l'Holocène.

2. Présentation du site d'étude

2.1. Site d'étude

Le site d'étude se situe à la Baine sur la commune de Chaniers dans la section aval du fleuve Charente à 12 km en amont de Saintes dans le sud du département de la Charente-Maritime. Ce site est particulièrement bien documenté par les sources géohistoriques des Archives départementales de la Charente-Maritime (série S) et fait l'objet d'enjeux forts de restauration des continuités écologique et sédimentaire.

Le fleuve Charente s'incise ici dans les formations sédimentaires du Crétacé (fig. 144) constituées de terrains argileux gris recouvrant de fins lits tourbeux (Bourgueil, 2005). Le relief est marqué par une topographie très peu heurtée caractérisée par une altitude faible de l'ordre de 4 m. Le fleuve Charente à la Baine présente une pente moyenne faible de 0,00021 m/m et à un débit à plein bord modeste estimé à $199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ce qui lui confère une puissance spécifique faible évaluée à $4,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

	Largeur moyenne du chenal (m)	Profondeur moyenne du chenal (m)	Ratio l/p moyen
Chenal principal	51	5,3	9,6
Chenal/chenaux secondaire(s)	32	4,5	7,1

Tab. 29 – Caractéristiques morphométriques des chenaux actuels au site de Chaniers/Courcoury.

Le fleuve Charente à la Baine se singularise par une structure fluviale à chenaux multiples au sein d'une section aval à chenal unique à méandres. Le lit mineur est de largeur modeste, comprise entre 150 et 500 m environ, et se décompose en un chenal principal et en quatre chenaux secondaires incluant un canal de dérivation. Les chenaux sont sinueux, avec un indice moyen estimé à 1,16. Le chenal principal enregistre une largeur moyenne de 51 m et les chenaux secondaires de 32 m. Les données bathymétriques indiquent quant à elles une profondeur moyenne de 5,3 m pour le chenal principal et de 4,5 m pour les chenaux secondaires. De ce fait, le ratio largeur/profondeur moyen est faible (tab. 29).

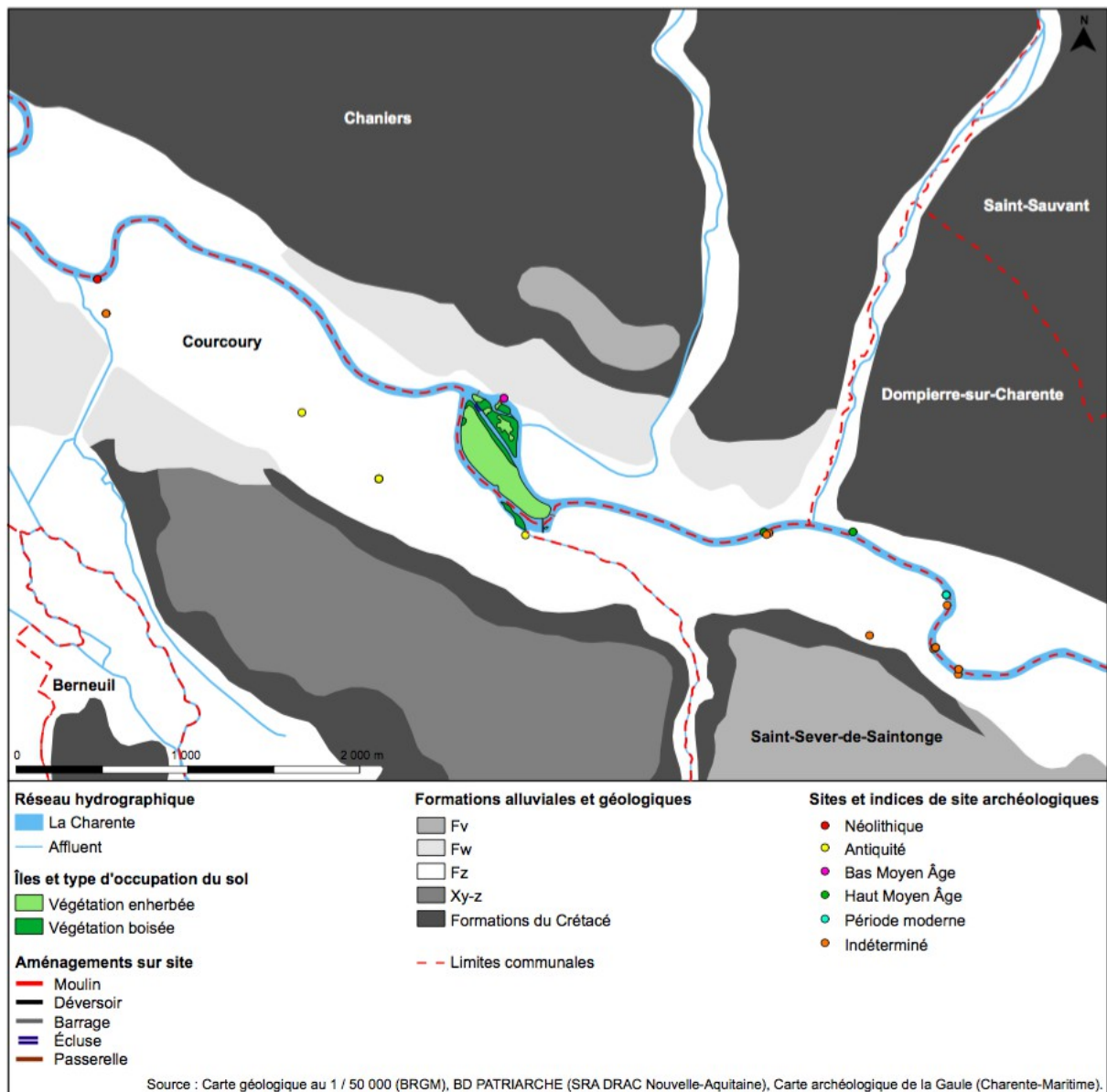


Fig. 144 – Carte géologique et archéologique du site d'étude de Chaniers/Courcoury.

Les données archéologiques de la BD PATRIARCHE ont été réactualisées à l'aide de la Carte archéologique de la Gaule de Charente-Maritime (Maurin, 1999).

Les chenaux délimitent cinq îles fluviales végétalisées. La typologie morphologique permet de caractériser la morphologie de ces formes. Quatre types d'îles sont ainsi reconnus :

1) deux îles de petite dimension et de forme lenticulaire, 2) une île de dimension modeste et de forme allongée, 3) une île de taille moyenne et de forme arrondie et 4) une île de grande dimension très allongée et de largeur modeste. Leurs caractéristiques morphométriques actuelles sont décrites dans le Tab n°30.

Identifiant Îles	Surface (m ²)	Périmètre (m)	Longueur maximum (m)	Largeur maximum (m)	Indice de compacité de Gravelius	Surface enherbée (m ²)	Surface boisée (m ²)	Plus proche distance à la berge (m)
1	188	54	21	14	1,11	188	0	20
2	5400	468	167	146	1,78	0	5 400	5
3	122 063	1 836	687	523	1,47	111 437	10 626	25
4	30 837	996	365	268	1,59	9 403	21 435	22
5	3 591	253	89	75	1,18	900	2 691	32

Tab. 30 – Caractéristiques géomorphométriques des îles du site de Chaniers/Courcoury.

Les identifiants des îles sont indiqués sur la Fig. n°145.

2.2. Historique de l'aménagement hydraulique du site de la Baine

Les premières traces d'occupation sur site remontent à l'Antiquité. La BD PATRIARCHE inventorie et situe plusieurs vestiges antiques (temple, habitat, mosaïque) (Maurin, 1999) (fig. 144). Les découvertes archéologiques subaquatiques menées par le SRA de la DRAC Nouvelle Aquitaine ont mis au jour des aménagements dans le lit mineur en particulier une pêcherie en forme de V datée du XV^e-début XVII^e siècle (Chapelot et Rieth, 1995, 2007).

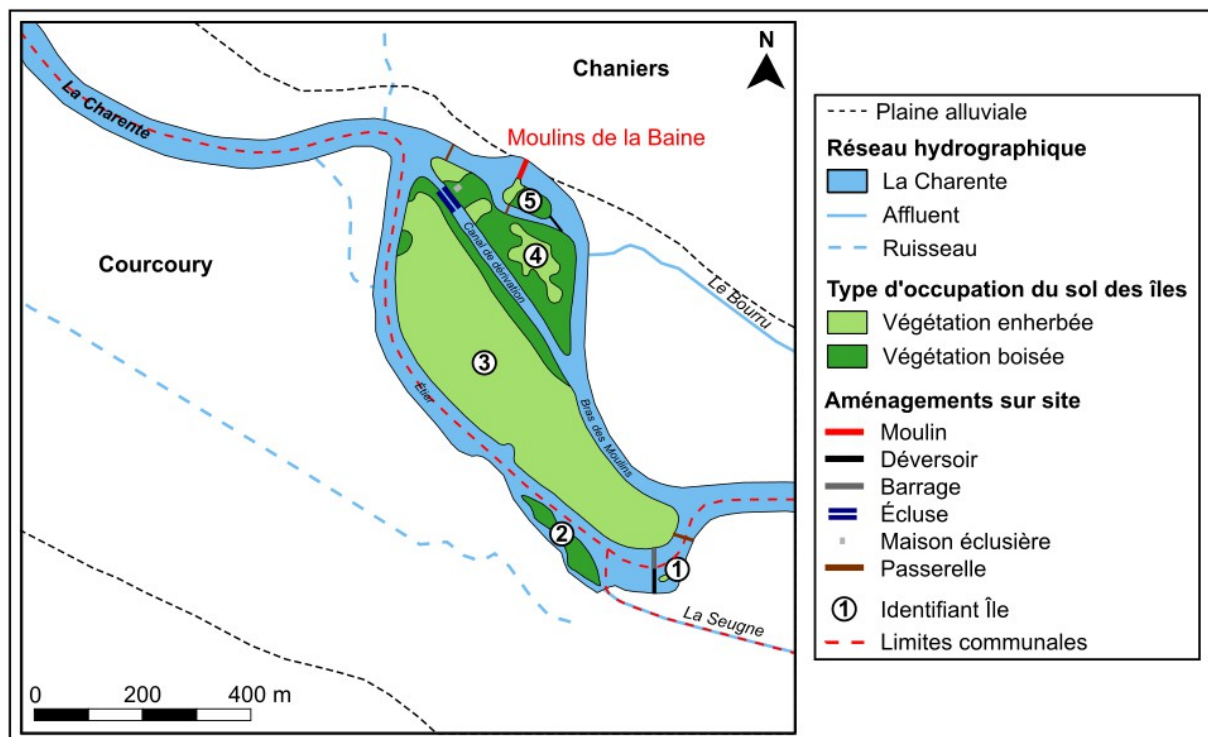


Fig. 145 – Localisation des principaux aménagements hydrauliques actuels attribués au moulin et à la navigation sur le site de La Baine (Chaniers/Courcoury).

Le dépouillement des Archives départementales a permis de reconstituer l'histoire de l'aménagement hydraulique du site de la Baine sur les quatre derniers siècles (fig. 145, 146A-D, 147). Les cinq moulins de la Baine sont situés sur un bras secondaire non navigable du fleuve Charente. Ils ont été construits sous le ministère de Colbert au cours de la seconde moitié du XVII^e siècle (AD17, S6600, 1890) sur les fondations d'un ancien moulin à draps datant du bas Moyen Âge dont la présence est attestée par un texte ancien de 1310 (Le Maho et Flambard Héricher, 2012).

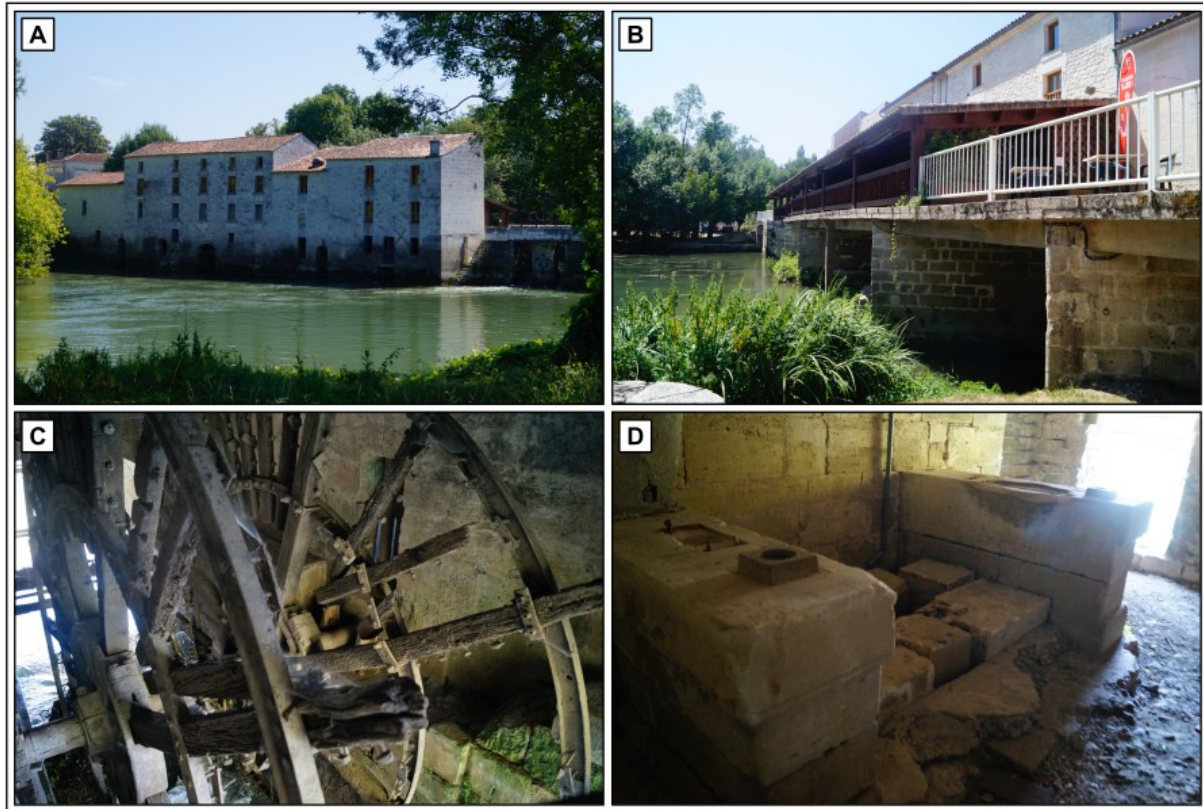


Fig. 146 – Le moulin de la Baine.

A : Vue sur la partie aval du moulin ; B : Vue sur la partie amont du moulin ; C : Passage d'eau avec l'ancienne roue hydraulique ; D : Vestige du beffroi. Il supportait les meules de l'un des moulins à blé. Source : A. Duquesne, juillet 2019.

Consacrés à la mouture du blé, les moulins ont servi principalement au ravitaillement du port militaire de Rochefort et à la subsistance des populations locales (fig. 146A-D). Les moulins ont ensuite été vendus comme propriété nationale à la fin des années 1790 après avoir été confisqués à la Révolution. Le décret impérial du 12 août 1862 relatif au règlement de l'usine de la Baine relate que les moulins appartiennent à six propriétaires (i.e., les sieurs Bon, Gaudin, Gobeau, Guillet, Guillorit et Boeuf) (AD17, S6600, 1862). Il spécifie également les divers ouvrages régulateurs et de décharge qui y sont associés : un déversoir de 65 m de long dérasé au niveau légal (2,92 m) établi en maçonnerie avec couronnement et bajoyers en pierre de taille et deux vannes de décharge de 2,42 m de long localisées au niveau de la rive gauche accolées au bâtiment de fabrication. En 1875, suite à la demande du sieur Guillorit de vouloir réunir deux coursiers en un seul, un rapport d'un ingénieur ordinaire laisse supposer que les moulins à blé n'appartiennent plus qu'à trois propriétaires, les sieurs Guillorit,

Boeuf et Berruchon. Les deux derniers sont ainsi propriétaires de six coursiers moteurs faisant fonctionner sept paires de meules permettant la mouture du grain (AD17, S6600, 9 avril 1875). Le propriétaire Guillorit aménage ensuite un bâtiment en aval de son moulin afin d'y installer une machine à vapeur pour suppléer son moteur hydraulique lors des crues (AD17, S6600, 1879). En 1883, certains moulins sont détruits et les autres cessent leur activité dans les années 1940 et sont transformés en restaurant (fig. 146A-D).

Au début du XIX^e siècle, le réseau hydrographique au site de la Baine est constitué de deux chenaux, l'un non navigable alimente les moulins de la Baine et l'autre appelé l'Étier est destiné à la navigation (fig. 145). Toutefois les hauts fonds présents dans l'Étier sont des obstacles majeurs à la navigation. Lors des étiages sévères, les gabarriers sont contraints de réduire leur chargement de moitié et passent difficilement ces obstacles. L'ingénieur Dor propose alors la création d'une écluse à sas située sur un canal de dérivation aménagé à cet effet et d'un barrage afin de concentrer les eaux dans le canal pour permettre la navigation en toute saison (AD17, S9630, 25 octobre 1838) (fig. 147). Le canal de navigation mesure 338 m de long et 12 m de large. Il présente un tracé rectiligne et coupe en deux l'île de la Baine. De part et d'autre du canal, une haie de peupliers est plantée et un fossé est creusé le long de sa rive gauche. L'écluse à sas, longue de 48,80 m et large de 6,50 m, est ensuite aménagée à l'extrémité aval du canal de dérivation (fig. 148A). Une maison éclusière est également construite sur la rive droite du canal en face de l'écluse (fig. 148B). À la fin de ces travaux, un barrage submersif est implanté dans le bras de l'Étier (fig. 147). Constitué d'enrochements en pierres sèches, il mesure 40 m de long et est soutenu des deux côtés par une file de pieux.



Fig. 147 – Plan général du fleuve Charente aux abords des moulins de la Baine pour la construction de l'écluse, du canal de dérivation et du barrage (1838-1842) (AD17, S5945, 25 octobre 1838).

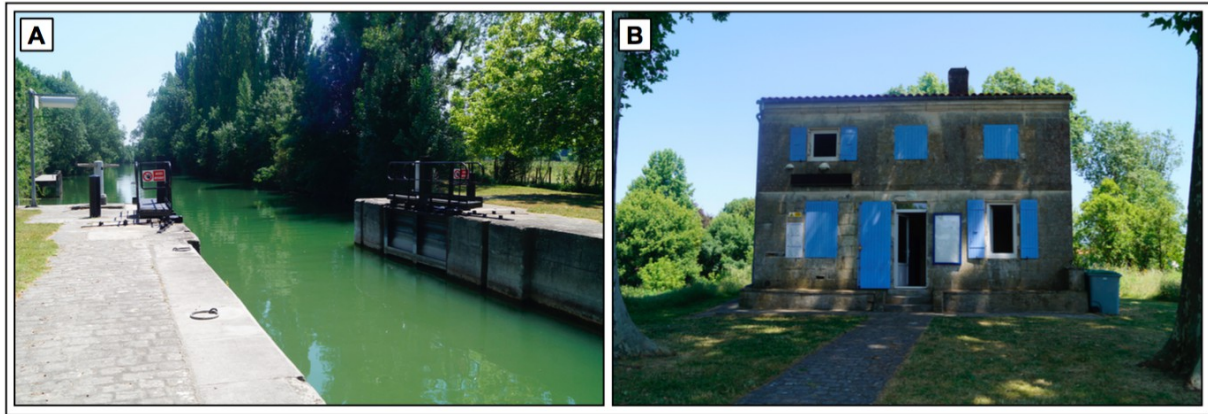


Fig. 148 – L'écluse, le canal de dérivation et la maison éclésièrre de la Baine.

A : L'écluse et le canal de dérivation de la Baine ; B : La maison éclésièrre de la Baine. Source : A. Duquesne, juillet 2019.

L'écluse de la Baine fait ensuite l'objet de divers travaux et d'aménagements annexes (fig. 149) : exhaussement de l'écluse en 1854, reconstruction des portes de l'écluse sur les périodes 1869-1872 (AD17, S6507) et 1899-1901 (AD17, S6514), remplacement des bajoyers et du radier du sas entre 1879 et 1882 (AD17, S6495), aménagement de perrés de protection de berges en aval de l'écluse entre 1906 et 1907 (AD17, S6514), etc. Suite au décret du 17 mars 1881, le barrage de la Baine est arrasé en raison de la dégradation de l'ouvrage. Il est reconstruit en amont de l'ancien barrage sur un massif de béton de 2,50 m de hauteur. Cet aménagement, long de 60 m, implique à côté la construction d'une dérivation du bras de la Seugne sur 248 m pour éviter les inondations des prairies de la rive gauche (fig. 145).

L'écluse à sas et le canal cessent d'être utilisés suite au déclassement du fleuve Charente de la nomenclature des voies navigables sur la totalité de son linéaire en 1957 (fig. 149). Ils sont réempruntés en 1970 dans le cadre de la navigation de plaisance (fig. 148A).

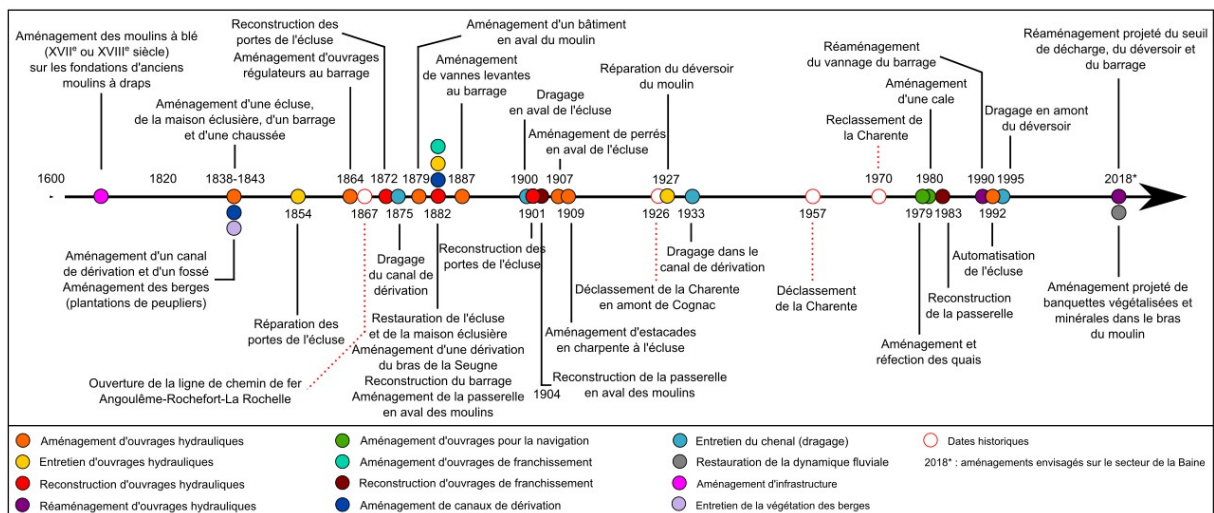


Fig. 149 – Chronologie des interventions anthropiques sur le site de la Baine sur la période récente.

Les données sont issues de la série S des Archives départementales de la Charente-Maritime. Seules les interventions anthropiques attestées sur site ont été indiquées dans la frise chronologique.

3. Analyse des paléo-formes dans la topographie actuelle

L'analyse qualitative des paléo-formes à partir du MNT LiDAR et des cartes et plans anciens fait ressortir plusieurs empreintes d'anciens chenaux inégalement marquées dans la topographie actuelle du site étudié (fig. 150). Les empreintes des paléo-formes sont peu nombreuses et difficilement identifiables en raison d'éléments perturbateurs attribués surtout à l'impact de la mise en culture céréalière sur le relief.

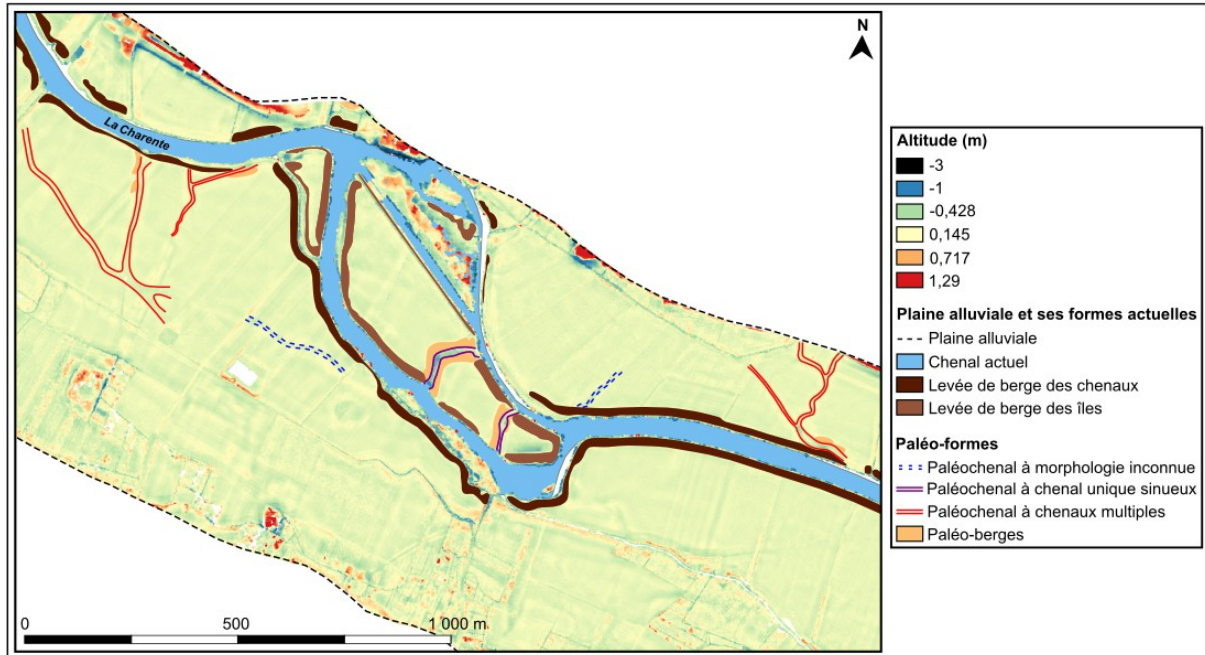


Fig. 150 – Cartographie des paléo-formes au niveau du site de Chaniers/Courcoury identifiées à partir du MNT LiDAR.

Au niveau de l'île principale de la Baine, les anciens chenaux correspondent à des linéaires de taille réduite de forme rectiligne à angulaire délimités par des corps linéaires bombés apparentés à d'anciennes levées de berges proéminantes (fig. 150). L'inscription des dépressions est très marquée dans le relief ce qui indique un comblement « récent » estimé vers la fin XIX^e siècle car ces chenaux sont toujours actifs sur la période 1838-1845 d'après un plan de l'Administration des Ponts-et-Chaussées (fig. 147). Leur forme singulière suggère une origine anthropique attribuée sans doute aux aménagements hydrauliques pour les moulins et/ou la navigation. Ils sont couverts dans toute leur largeur par la section ERT1-CHA et l'ancien chenal au sud de l'île est recoupé en travers par la section ERT2-CHA.

Les paléochenaux situés hors de l'île principale sont quant à eux associés à des linéaires multichenaux plus longs et plus sinueux dont l'un d'entre eux a été intersecté par la section ERT3-COU ou à des linéaires réduits dont la morphologie reste inconnue (fig. 127). Dans les deux cas, leur empreinte est peu visible sur le MNT à haute résolution.

La topographie actuelle confirme la relative stabilité latérale du chenal principal (e.g., l'É-tier) et des chenaux secondaires les plus larges (e.g., le bras du moulin) en accord avec les données archéologiques (fig. 150). Leur géométrie semble avoir peu évolué malgré un

contexte de très forte anthropisation. Cette stabilité est suggérée également par le développement de levées de berges délimitant de manière presque continue les chenaux.

Les résultats obtenus démontrent globalement une réduction du nombre de chenaux au cours du temps ce qui indique une simplification de l'anastomose au droit du site étudié mais ce processus semble affecter exclusivement les petits chenaux secondaires (fig. 150). Cette évolution peut être multifactorielle aussi bien climatique qu'anthropique : allongement des périodes d'étiages, empiètement par la végétation, artificialisation des débits, colmatage d'origine anthropique à des fins d'amélioration de la navigabilité suite à l'aménagement de l'écluse à sas dans le cas des anciens chenaux de l'île ou d'extension des terres à cultiver dans le cas des petits paléochenaux situés dans la plaine alluviale.

4. Analyse et interprétation de la géométrie de la plaine alluviale et de l'île à partir des profils ERT

Les données de résistivité se décomposent en trois profils ERT levés sur d'anciens chenaux (fig. 151) afin d'obtenir une vision globale de l'organisation et de l'épaisseur du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des îles au niveau du site d'étude. Les sections de résistivité, de longueur variable, ont été réalisées avec un espacement des électrodes de 1 m pour les profils ERT1-CHA et ERT2-CHA et de 2 m pour le profil ERT1-COU ce qui a permis d'obtenir une profondeur d'investigation maximale respective de 12 et 24 m.

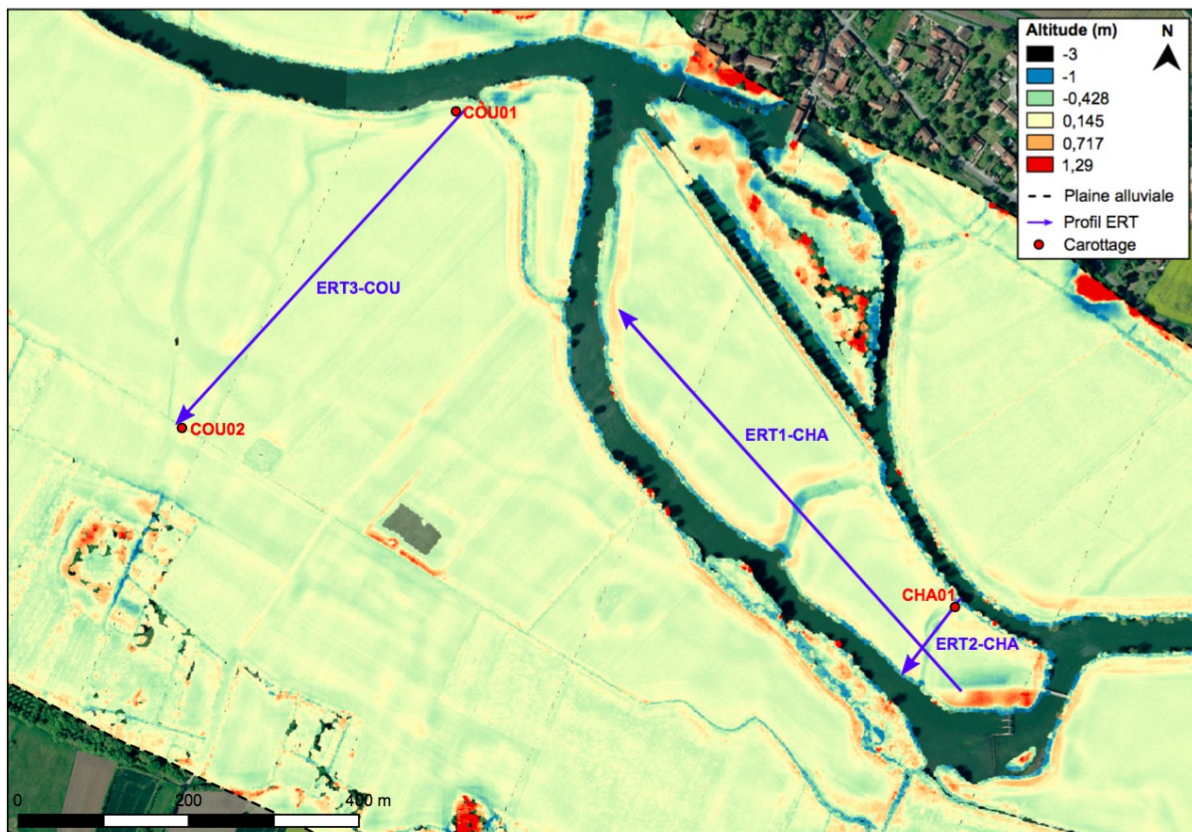


Fig. 151 – Profils ERT et carottages acquis sur le site de Chaniers/Courcoury.

Source : MNT à haute résolution (EPTB Charente), Photographies aériennes 2014 (IGN).

Les données de résistivité électrique acquises sont faibles et se répartissent dans un intervalle de valeurs très restreint, entre 10 et 30 Ω .m. Les sections de résistivité sont décrites et interprétées successivement. Chacune d'entre elles est accompagnée de son profil topographique levé à partir du MNT à haute résolution et d'une proposition d'interprétation des données de résistivité. Les caractéristiques des profils ERT sont présentées dans le Tab. N°31.

Commune	Profil ERT	Nombre de dépressions intersectées	Largeur des dépressions (m)	Longueur (m)	Écartement inter-électrodes (m)	Profondeur maximale (m)	Gamme de résistivité (Ω .m)
Chaniers	ERT1-CHA	2	38 (n°1) / 62 (n°2)	585,75	1	12	10-30
Chaniers	ERT2-CHA	1	34	95	1	12	10-30
Courcoury	ERT3-COU	1 à 2*	92	493,5	2	24	10-30

* Les limites des paléochenaux n'ont pas pu être clairement identifiées à partir du MNT à haute résolution.

Tab. 31 – Informations relatives aux sections de résistivité sur le site de Chaniers/Courcoury.

4.1. Profil ERT1-CHA

4.1.1. Description

Le profil ERT1-CHA est situé sur l'île principale de la Baine et traverse l'ensemble de l'île en intersectant dans leur largeur deux dépressions correspondant à d'anciens chenaux. D'orientation SE/NO, il mesure 586 m de long. La section de résistivité montre une organisation en quatre unités électriques majeures (fig. 152A-C).

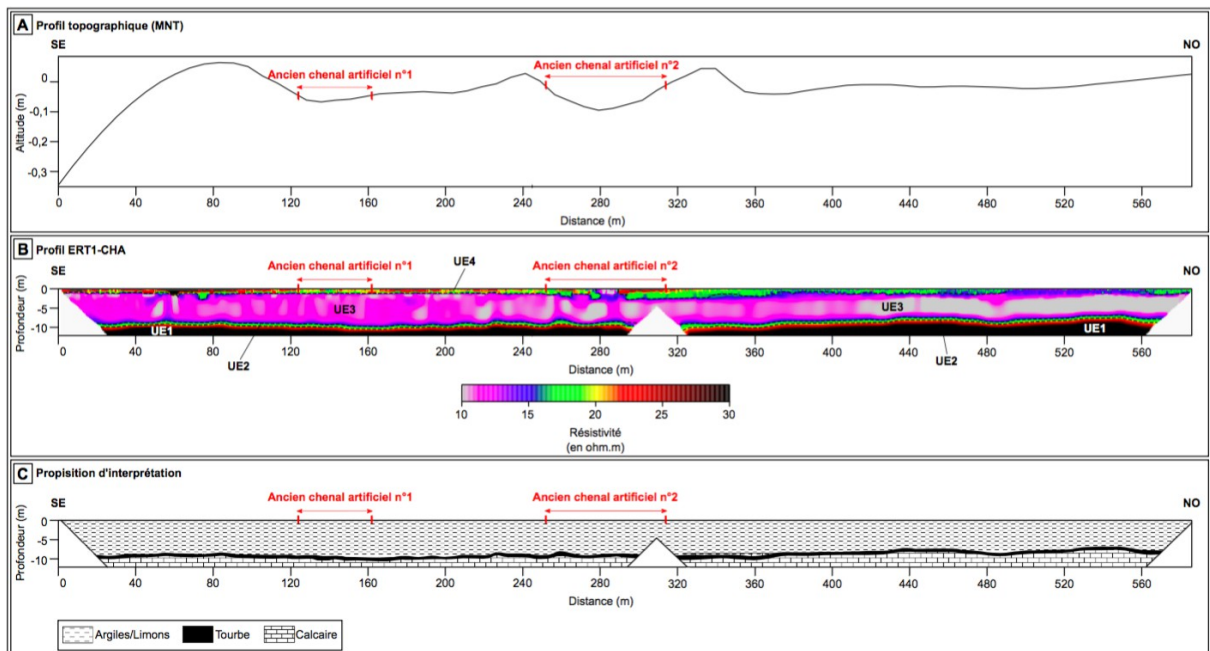


Fig. 152 – Section ERT1-CHA.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Profil ERT1-CHA ; C : Proposition d'interprétation de la section.

À la base, la première unité (UE1), de résistivité entre 23 et 30 Ω .m, présente un sommet horizontal globalement régulier sur la première section et incliné à partir de 320 m sur la deuxième section avant de reprendre son caractère horizontal vers 370 m. La deuxième unité (UE2) mesure environ 1 m d'épaisseur. Son sommet est irrégulier. Elle se singularise par une résistivité modeste voisine de 18 Ω .m. La troisième unité (UE3) est la plus épaisse et la moins résistante de la section. D'une épaisseur de 7,5 m, entre 0 et 265 m, à 6,5, entre 265 et 586 m, elle est associée à des valeurs de résistivité faible, inférieures à 15 Ω .m. Une série de motifs arrondis de très faible résistivité autour de 10 Ω .m se détache à l'intérieur de l'UE3 en particulier sur la deuxième section. La quatrième unité (UE4), épaisse d'environ 1 m, est caractérisée par une forte hétérogénéité de la résistivité avec des valeurs incluses entre 17 et 30 Ω .m, et de ce fait par un compartimentage très accentué. La résistivité est plus élevée entre 0 et 318 m et se concentre pour l'essentiel entre 23 et 27 Ω .m. En revanche, un corps sédimentaire de plus forte résistivité autour de 30 Ω .m se distingue entre 50 et 98 m. Sur le reste de la section, la résistivité est modérée avec des valeurs voisines de 17 Ω .m.

4.1.2. Interprétation

L'UE1 est interprétée comme correspondant au substrat calcaire marneux et l'UE2 comme à un niveau tourbeux (fig. 152C). L'UE3 et l'UE4 sont quant à elles compatibles avec des argiles et des limons. Cette interprétation est corrélée par les données des carottages sur site (i.e., séquence CHA01) et hors site.

4.2. Profil ERT2-CHA

4.2.1. Description

Le transect ERT2-CHA, d'une longueur de 95 m, est localisé au sud de l'île principale de la Baine (Chaniers). De direction NE/SO, il longe de manière transversale un ancien chenal (n°2) et l'intersecte à deux reprises. Le transect présente une organisation horizontale en quatre unités majeures (fig. 153A-C).

À la base, la première unité (UE1) est un ensemble horizontal au sommet à caractère irrégulier. Cet ensemble est le plus résistant de la section, avec des valeurs de résistivité comprises entre 20 et 30 Ω .m. La deuxième unité (UE2) est d'une épaisseur constante d'à peine 1 m dont le sommet est relativement horizontal. Les valeurs de résistivité sont modestes, incluses entre 17 et 21 Ω .m. La troisième unité (UE3) est associée à un corps sédimentaire horizontal, épais d'environ 7 à 7,5 m. Sa résistivité est très faible et voisine de 15 Ω .m. Des motifs arrondis de plus faible résistivité se distinguent au centre de l'UE3 avec des valeurs autour de 10 Ω .m. La dernière unité (UE4) est la couche la plus superficielle, épaisse d'environ 1,5 m. Sa résistivité est élevée mais les valeurs sont très hétérogènes et se répartissent entre 17 et 30 Ω .m. Les zones de plus forte résistivité, proche de 30 Ω .m, forment des unités dépressionnaires et correspondent au remplissage de l'ancien chenal. Les zones de plus faible résistivité voisines de 18 Ω .m représentent des motifs de petite dimension plutôt allongée sur lesquels repose une formation sédimentaire plus résistante.

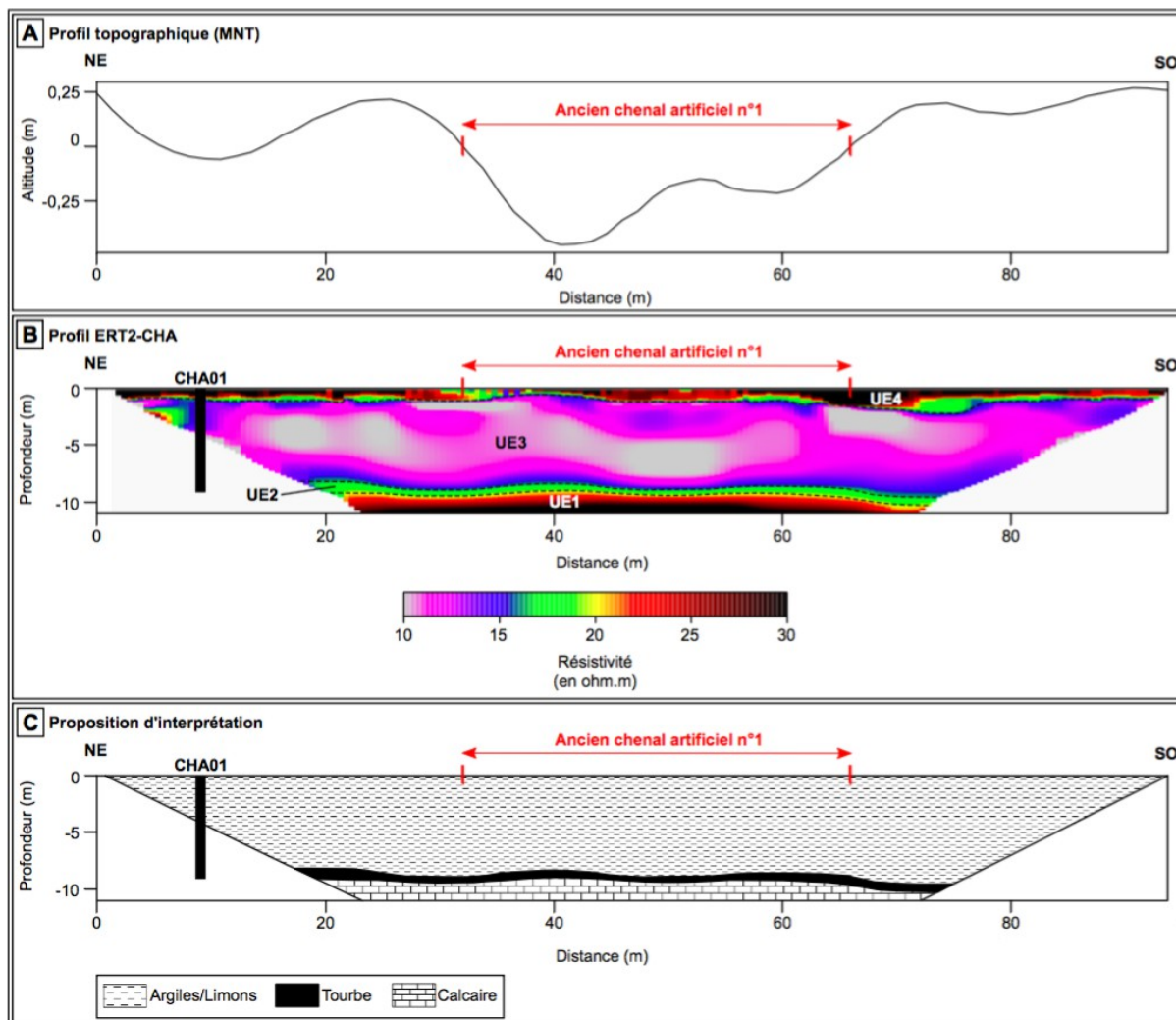


Fig. 153 – Section ERT2-CHA.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité; B : Profil ERT2-CHA ; C : Proposition d'interprétation de la section.

4.2.2. Interprétation

L'UE1 est associée au substrat calcaire marneux et l'UE2 à un niveau tourbeux. L'UE3 et l'UE4 sont quant à elles attribuées à des argiles et des limons (fig. 153C). Cette interprétation est corrélée par les données des carottages sur site (i.e., séquence CHA01) et hors site.

4.3. Profil ERT3-COU

4.3.1. Description

La section ERT3-COU a été acquise de manière transversale à la plaine alluviale au niveau de la rive gauche du chenal sur la commune de Courcoury (Charente-Maritime). De direction NE-SO, sa longueur totale est de 493,50 m. Les données de résistivité électrique montrent une organisation horizontale en deux unités majeures (fig. 154A-C).

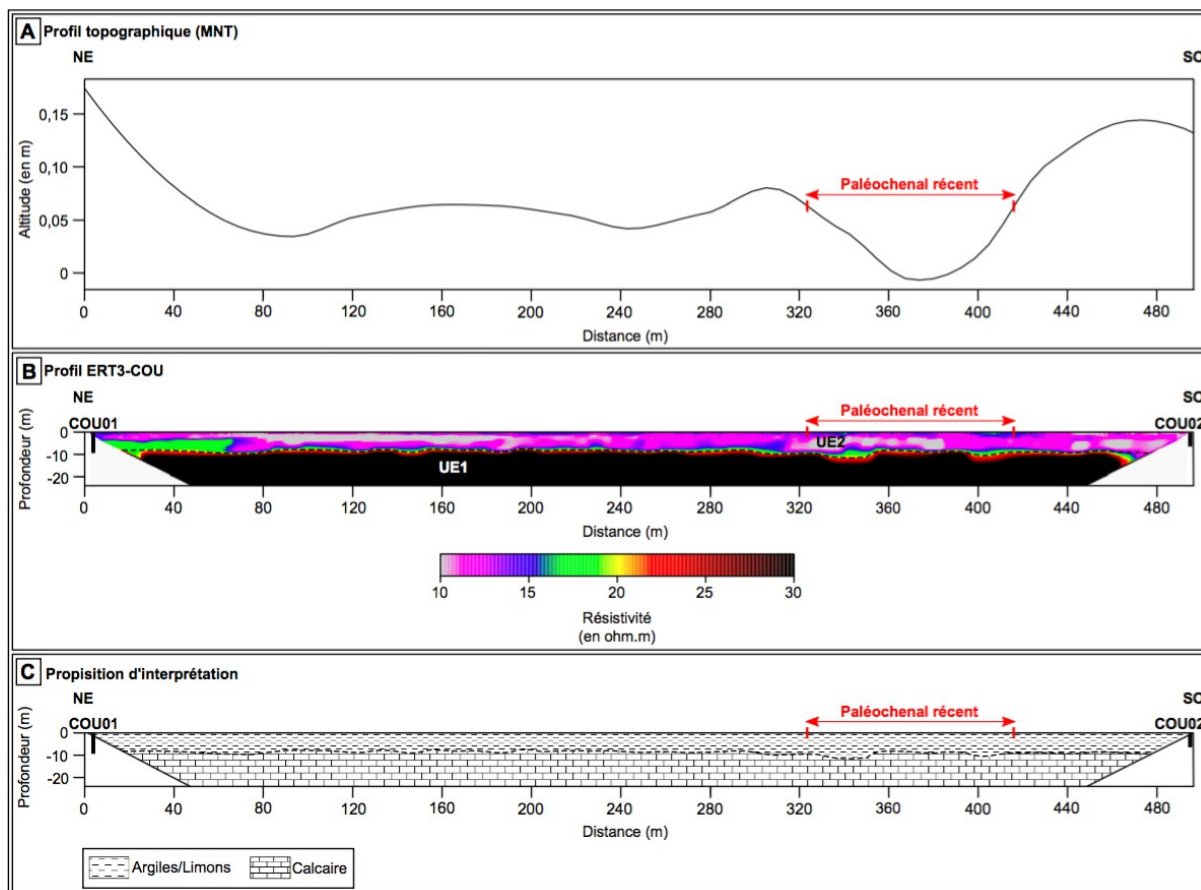


Fig. 154 – Section ERT3-COU.

A : Profil topographique couvert par la section de résistivité ; B : Section de résistivité ERT3-COU ; C : Proposition d'interprétation de la section.

À la base, la première unité (UE1), au sommet globalement régulier, est la plus épaisse, environ 16 m, et résistante de la section. Sa résistivité est comprise entre 20 et 30 Ω .m. La deuxième unité (UE2) est l'unité la moins résistante. Son épaisseur est d'environ 8 m. Sa résistivité est faible, inférieure à 20 Ω .m. Les zones les moins résistives constituent des motifs de longueur plurimétrique voisins de 10-12 Ω .m.

4.3.2. Interprétation

L'UE1 est interprétée comme correspondant au substrat calcaire marneux. L'UE2 est quant à elle associée à des argiles et des limons (fig. 154C). Cette interprétation est cohérente avec les données des carottages COU01 et COU02 réalisés sur site.

5. Analyse et interprétation du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des îles à partir des données stratigraphiques

Les données de résistivité ont été complétées par la réalisation de carottages afin d'avoir une vision locale de la composition sédimentaire du remplissage de la plaine alluviale et des îles au droit du site étudié. Trois carottes ont ainsi été prélevées (i.e., CHA01, COU01 et COU02) et ont fait l'objet de travaux analytiques en laboratoire. Chacune d'entre elles est as-

sociée à son log stratigraphique accompagné d'une présentation détaillée de ses analyses (teneur en matière organique, texture, D90, interpolation, analyse EMMA, triangle des textures) et de son Image CM. La chronologie est documentée par des datations ¹⁴C. Les carottes sont localisées dans la Fig. n°151 (cf. p. 240) et leurs caractéristiques respectives sont résumées dans le Tab. N°32.

Commune	Carotte	Coordonnées géographiques Lambert 93			Profondeur (m)	Nombre d'échantillons analysés	Nombre de datation ¹⁴ C cohérentes	Nombre de datation ¹⁴ C rejetées
		X	Y	Z				
Chaniers	CHA01	424208,4	6518230,9	4,24	9	158	6	-
Courcoury	COU01	423622,4	6518814,5	4	9	151	3	2
Courcoury	COU02	423300,3	6518442,0	3,25	6	101	4	2

Tab. 32 – Informations relatives aux carottages acquis sur le site de Chaniers/Courcoury.

5.1. Séquence CHA01

5.1.1. Description

La carotte CHA01 a été prélevée au sud-est de l'île de la Baine (Chaniers) à l'extrémité nord-est de la section ERT2-CHA. Elle intersecte une séquence de 9 m de profondeur sans avoir atteint le substratum. Au sein de la séquence, les limons (63 %) dominent très largement les argiles (21 %) et les sables (16 %). La granulométrie est globalement fine. Le grain médian est de 13 µm pour le D50 et de 69 µm pour le D90. La teneur en matière organique est relativement élevée avec une moyenne de l'ordre de 9 %. L'algorithme EMMA met en évidence une séquence organisée en cinq classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM5 sont caractérisées par les modes suivants : 4,3, 28, 34, 120 et 150 µm. EM1 correspond ainsi aux limons très fins, EM2 aux limons moyens et enfin EM3 aux limons grossiers. Les classes EM4 et EM5 sont attribuées aux sables très fins à fins. Les limons (EM1 à EM3) représentent 58 % de la variance granulométrique globale. À partir de l'étude des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique, de la granulométrie et de la répartition des classes EMMA, cette séquence est constituée de quatre unités stratigraphiques principales (fig. 155).

La première unité (US1), entre 894 et 869 cm, est associée aux modes 28, 34, 120 et 150 µm. Elle présente un faciès tourbeux brun-noir compact très riche en matière organique et en fragments de végétaux. Ce niveau peu épais présente une structure sablo-limoneuse dominante (10 à 86 % de sable et 13 à 67 % de limon) à granulométrie plus grossière et plus hétérogène que les unités suivantes. Le D50 et le D90 varient dans des intervalles larges compris respectivement entre 46 et 414 µm et entre 162 et 989 µm. La teneur en matière organique est quant à elle très élevée avec des valeurs entre 20 et 61 %.

La deuxième unité (US2), entre 869 et 488 cm, montre un faciès argilo-limoneux gris massif avec des laminations horizontales brunes régulières avec inclusion de macrorestes. Cette unité enregistre une granodécroissance des sédiments de la base vers la partie sommitale. La teneur en matière organique y est globalement élevée et homogène avec des valeurs

comprises pour l'essentiel entre 9 et 14 %. L'US2 peut être subdivisée en deux sous-unités distinctes.

La partie inférieure (US2a), entre 869 et 588 cm, est caractérisée par les modes 28, 34, 120 et 150 μm . Elle est composée de 52 à 74 % de limon avec une fraction argileuse importante (17 à 36 %). Les sables sont quant à eux représentés en faibles proportions (6 à 19 %). La granulométrie est ici plus grossière et plus hétérogène. Le D50 et le D90 se répartissent entre 18 et 44 μm et entre 83 et 153 μm .

La partie supérieure (US2b), entre 588 et 488 cm, est similaire d'un point de vue textural à la sous-unité précédente. Toutefois, l'assemblage des classes EMMA montre une forte représentativité du mode 4,3 μm au détriment des modes 120 et 150 μm . Les limons dominent donc très largement (46 à 62 %) l'US2b. Les argiles enregistrent une augmentation significative (31 à 47 %) au détriment des sables (1 à 13 %). La granulométrie est de ce fait plus fine et plus homogène. Le D50 et le D90 se répartissent dans des intervalles restreints respectivement entre 15 et 18 μm et entre 75 et 82 μm .

La troisième unité (US3), entre 488 et 189 cm, est à granulométrie globalement fine et décroissante de la base vers la partie sommitale. L'unité est dépourvue de laminations horizontales brunes. Elle peut être décomposée en trois sous-unités.

La partie inférieure (US3a), entre 488 et 406 cm, est associée aux modes 28, 34, 120 et 150 μm . L'US3a correspond en conséquence à un faciès limono-sableux massif avec 28 à 73 % de limon et 19 à 54 % de sable. Les argiles sont représentées en quantités très faibles, entre 3 et 8 % avec néanmoins un maxima à 17 %. La granulométrie est globalement fine et homogène. Le D50 et le D90 varient respectivement entre 13 et 15 μm et entre 66 et 75 μm .

La partie médiane (US3b), entre 406 et 290 cm, est caractérisée par les cinq classes EMMA. L'US3b présente un faciès argilo-limoneux massif (60 à 81 % de limon et 5 à 30 % d'argile) avec quelques passées limono-sableuses pluricentimétriques (2 à 34 % de sable). Contrairement à la sous-unité précédente, la granulométrie est plus fine et plus homogène. Le D50 varie entre 11 et 13 μm et le D90 entre 57 et 66 μm .

La partie supérieure (US3c), entre 290 et 189 cm, est marquée par la prédominance du mode 4,3 μm (EM1) sur les quatre autres modes. L'US3c correspond également à un faciès argilo-limoneux massif dépourvu de passées sableuses où la proportion d'argile est beaucoup plus importante (16 à 33 %) à l'inverse, celle des sables est plus faible (2 à 19 %). La granulométrie est ainsi plus fine et plus homogène ($9 < \text{D50} < 11 \mu\text{m}$ et $45 < \text{D90} < 56 \mu\text{m}$) par rapport aux deux sous-unités précédentes (US3a et US3b).

La quatrième unité (US4), entre 189 et 0 cm, est caractérisée par les classes granulométriques EM2 à EM5. Elle correspond au sol. Elle se singularise par une teneur en matière organique plus faible, entre 4 et 10 %, et par un affinement de la granulométrie de la base vers son sommet. L'unité est ponctuée de concrétions calcaires blanches, de débris coquilliers de plus en plus nombreux vers la base avec quelques fragments de végétaux. Elle peut être différenciée en trois sous-unités distinctes.

Le niveau inférieur (US4a), entre 189 et 142 cm, est dominé par les modes 34, 120 et 150 μm ce qui indique une texture limono-sableuse dominante (54 à 74 % de limon et 22 à 40 % de sable) avec une part argileuse très faible (4 à 8 %). La granulométrie est fine et homogène. Le D50 et le D90 sont compris dans des intervalles de valeurs restreints entre 7 et

9 µm et entre 39 et 43 µm.

Le niveau médian (US4b), entre 142 et 80 cm, comprend quant à lui les modes 28, 34, 120 et 150 µm. Les limons et les sables restent ainsi dominants (59 à 65 % et 12 à 23 %). La fraction argileuse augmente légèrement (16 à 25 %). La structure est à granulométrie plus fine et plus homogène ($5 < D50 < 7 \mu\text{m}$ et $35 < D90 < 38 \mu\text{m}$) par rapport à l'US4a.

Le niveau supérieur (US4c), entre 80 et 0 cm, est associé aux modes 34, 120 et 150 µm. Il est de ce fait marqué par une texture limono-sableuse (63 à 76 % de limon et 21 à 30 % de sable) avec une part argileuse réduite (1 à 14 %). La granulométrie est quant à elle plus fine par rapport aux deux sous-unités précédentes (US4a et b). Les valeurs du D50 et du D90 sont incluses dans des intervalles entre 0,4 et 5 µm et entre 22 et 34 µm.

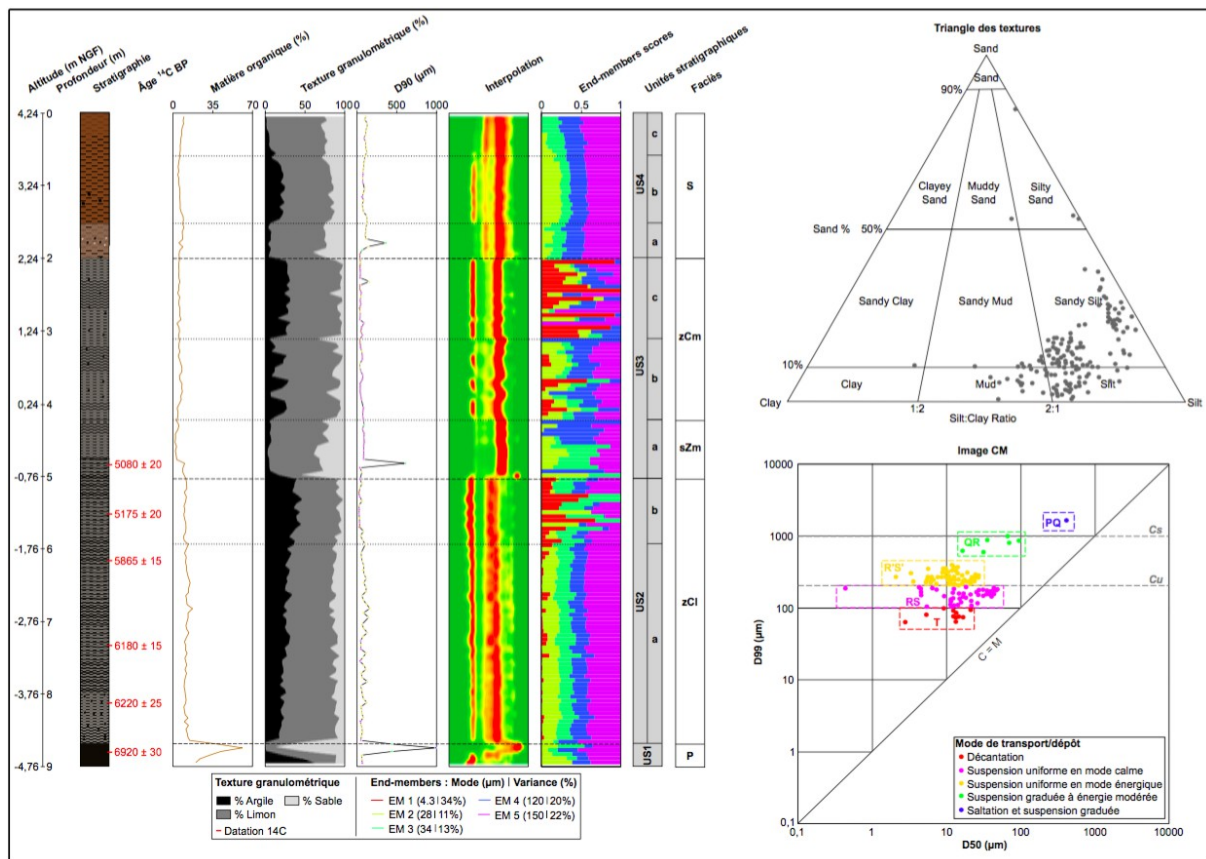


Fig. 155 – Log stratigraphique de la séquence CHA01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

5.1.2. Interprétation

La séquence CHA01 intersecte les unités UE2 et UE3 sur le profil ERT2-CHA (cf. fig. 153 p. 242) corrélées avec les US1, US2, US3 et US4 (fig. 155). L'US1 est caractéristique d'une tourbe de base. Les sédiments sablo-limoneux ont été déposés par des processus variés : suspension uniforme, suspension graduée et saltation. Les deux derniers modes de transport indiquent un niveau édifié dans un contexte globalement énergétique. L'US2 est interprétée comme un milieu de plaine alluviale distale de faible énergie dont les dépôts fins sont transportés par suspension uniforme et à une moindre mesure par décantation. L'US3 est également assimilée à ce type d'environnement. Les sédiments sont transportés pour l'essentiel

par suspension uniforme et décantation. Quelques zones de dépôts à granulométrie plus grossière sont transportées par suspension graduée. Ces processus suggèrent des dépôts mis en place au cours d'épisodes de crue dynamiques mais ils restent très marginaux. Enfin, l'US4 est assimilée à un environnement de plaine alluviale distale de faible énergie où les transports se font globalement par suspension uniforme essentiellement en mode énergétique.

5.2. Séquence COU01

5.2.1. Description

Le carottage COU01 a été réalisé à l'extrémité nord-est du profil ERT3-COU localisé au sein de la plaine alluviale en rive gauche du bras de l'Étier non navigable du fleuve Charente dans la commune de Courcoury face à l'Île de la Baine. Ce carottage intersecte une séquence sédimentaire de 9 m de profondeur sans avoir pu atteindre le substratum. Au regard de la séquence, les limons (65 %) et les sables (25 %) dominent majoritairement les argiles (11 %). Les sédiments sont relativement fins. Le grain médian est de 33 μm pour le D50 et de 82 μm pour le D90. L'algorithme EMMA montre une organisation de la séquence en quatre classes granulométriques (EM). Les classes EM1 à EM4 sont définies par les modes suivants : 1, 63, 110 et 120 μm . EM1 est ainsi attribuée aux argiles et EM2 aux limons très grossiers. Les deux dernières classes EM3 et EM4 sont associées aux sables très fins. Les argiles, les limons et les sables déterminent 17 %, 19 %, et 64 % de la variance granulométrique globale de la séquence. L'étude de la distribution des classes EMMA, des faciès sédimentaires, de la teneur en matière organique et de la granulométrie permet de décomposer la séquence en deux unités majeures distinctes (fig. 156).

La première unité (US1), entre 900 et 203 cm, est caractérisée surtout par les modes 1 et 63 μm (EM1 et EM2) et plus faiblement par les modes 110 et 120 μm (EM3 et EM4). Elle est associée à un faciès limono-sableux fins gris massif (faciès sZm). La teneur en matière organique présente des valeurs plus faibles, comprise entre 2 et 7 %. Cette unité peut être subdivisée en quatre sous-unités à partir des ruptures constatées d'après l'assemblage des classes EMMA.

La partie supérieure (US1a), entre 900 et 661 cm, est caractérisée par les modes 1 et 63 μm et bien plus faiblement par le mode 120 μm . Elle est de ce fait constituée d'une structure limono-sableuse massive (38 à 77 % de limon et 10 à 55 % de sable) avec des passées pluricentimétriques à dominante limono-argileuse (4 à 20 %). La granulométrie est ici plus grossière et plus hétérogène. Les valeurs du D50 et du D90 se répartissent dans des intervalles plus larges respectivement entre 17 et 81 μm et entre 55 et 751 μm .

La deuxième sous-unité (US1b), entre 655 et 582 cm, est dominée quant à elle par les modes 110 et 120 μm ce qui indique une texture plus sableuse que pour la sous-unité précédente. Elle est ainsi composée d'une texture limono-sableuse (53 à 69 % de limon et 25 à 42 % de sable) avec une part argileuse très faible (5 à 7 %). La granulométrie est plus fine et moins hétérogène que pour l'US2b. Le D50 et le D90 varient ainsi entre 35 et 48 μm et entre 77 et 101 μm .

La troisième sous-unité (US1c), entre 582 et 289 cm, est marquée principalement par les modes 1, 63 et 120 μm ce qui témoigne d'une texture limono-sableuse avec une fraction argileuse légèrement supérieure par rapport à l'US1b (6 à 14 % avec un maxima à 19 %). Les sédiments sont plus grossiers. Le D50 et le D90 varient entre 20 et 47 μm et entre 59 et 433 μm .

Enfin, la partie supérieure (US1d), entre 289 et 203 cm, montre une prédominance des modes 63 et 110 μm (EM2 et EM3) ce qui indique une structure à dominante limono-sableuse (49 à 72 % de limon et 22 à 47 % de sable). La fraction argileuse est quant à elle très réduite (2 à 7 %). La granulométrie est moins fine et moins hétérogène que pour l'US1c. Le D50 et le D90 s'étendent ainsi entre 35 et 52 μm et entre 73 et 161 μm .

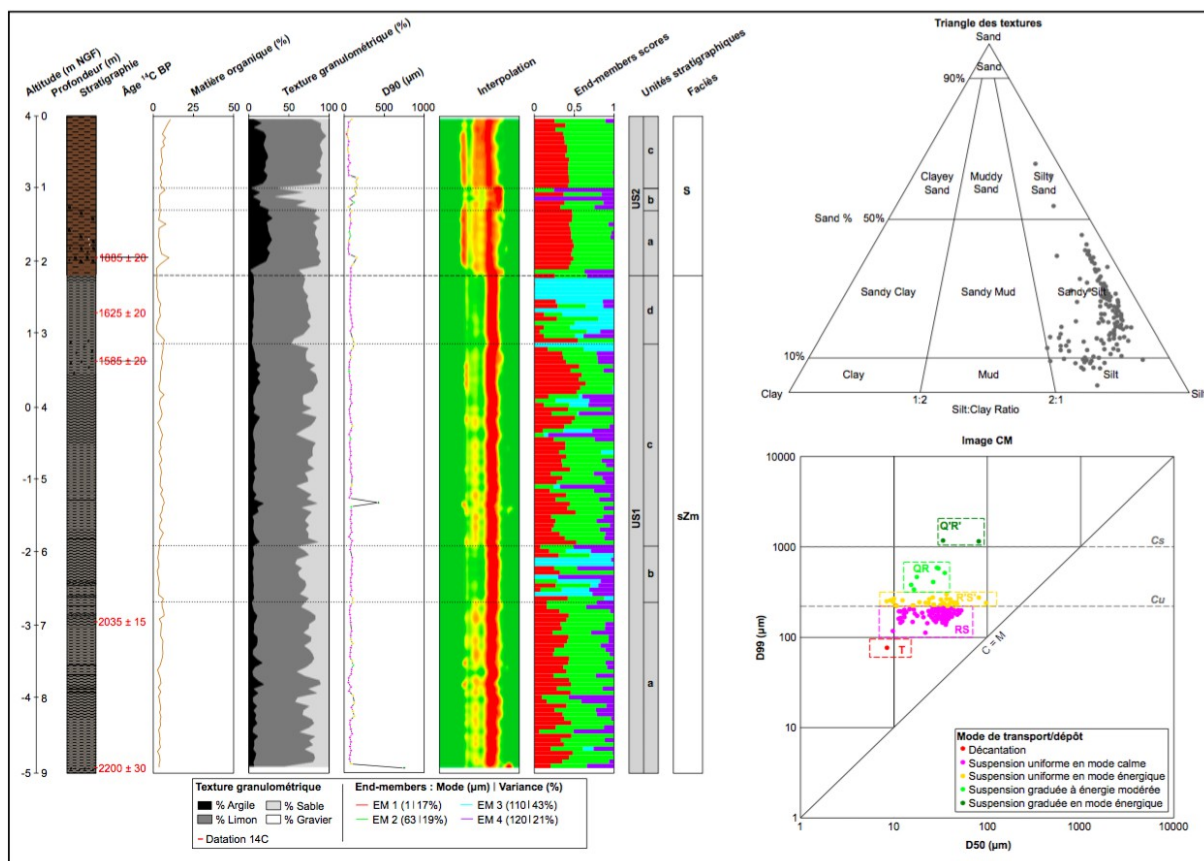


Fig. 156 – Log stratigraphique de la séquence COU01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

La deuxième unité (US2), entre 203 et 0 cm, correspond au sol. Elle est définie essentiellement par les classes EM1 (1 μm) et EM2 (63 μm). Elle présente des concrétions calcaires blanches, des débris coquilliers et des fragments de végétaux épars de plus en plus nombreux vers la base. Cette unité peut être décomposée en trois-unités distinctes.

Le niveau inférieur (US2a), entre 203 et 113 cm, est constitué principalement des modes 1 et 63 μm ce qui montre une texture limono-argileuse dominante (56 à 75 % de limon et 11 à 30 % d'argile) avec une légère fraction sableuse (10 à 20 % de sable). La granulométrie est globalement fine et plutôt homogène. Les valeurs du D50 et du D90 se répartissent entre 9 et 21 μm et entre 54 et 126 μm . La teneur en matière organique présente des valeurs incluses entre 3 et 8 %.

Le niveau médian (US2b), entre 113 et 85 cm, se singularise ici par la présence prédominante de la classe EM4 (120 μm) parmi les classes EM1 et EM2 ce qui suggère une texture plus sableuse. En effet, l'US2b fait l'objet d'une augmentation significative des sables au détriment des limons (27 à 58 %) et des argiles (3 à 15 %). La sous-unité est ici granocroissante et la granulométrie est légèrement plus grossière et plus hétérogène. Le D50 et le D90 sont compris dans des intervalles plus élevés respectivement entre 24 et 96 μm et entre 133 et 173 μm . La teneur en matière organique présente des valeurs similaires à l'US2a (4 à 7 %).

Le niveau supérieur (US2c), entre 85 et 0 cm, est composé quasi-exclusivement des modes 1 et 63 μm ce qui témoigne d'une structure très largement dominée par les limons (65 à 83 %) et les argiles (6 à 24 %). Les sables (3 à 22 %) sont représentés dans des proportions faibles. La granulométrie est globalement plus fine et moins hétérogène. Le D50 est compris entre 8 et 22 μm et le D90 entre 34 et 98 μm . La teneur en matière augmente légèrement (4 à 11 %).

5.2.2. Interprétation

La séquence COU01 croise l'UE2 sur le transect ERT3-COU (cf. fig. 154 p. 243) mise en relation avec les unités US1 et US2 (fig. 156). L'US1 est attribuée à un environnement de plaine alluviale distale de basse énergie où les processus de suspension uniforme sont prédominants. Cet environnement enregistre l'alternance d'apports issus de crues modérées avec suspension fine prédominante (argiles) et de crues plus dynamiques avec limons grossiers et sables très fins comme en témoigne la répartition des classes EMMA. Quelques niveaux à granulométrie plus grossière ont néanmoins été déposés par suspension uniforme en mode énergétique (R'S') et par suspension graduée à énergie modérée (QR) ou à forte énergie (Q'R') au sein des US1a, b, c et d. Ces niveaux pourraient être envisagés comme la signature d'évènements hydro-climatiques. L'US2 est également interprétée comme un environnement de plaine alluviale distale de basse énergie décroissante. Cette unité est très largement dominée par des processus de transport par suspension uniforme. Dans une moindre mesure, quelques zones de dépôts appartiennent aux segments R'S' et QR. Cela pourrait indiquer la survenue d'évènements de crue dynamiques à l'origine de dépôts plus grossiers (limons grossiers et sables très fins).

5.3. Séquence COU02

5.3.1. Description

La carotte COU02 a été acquise au niveau de l'extrémité sud-ouest de la section ERT3-COU située dans la plaine alluviale en rive gauche du fleuve Charente sur la commune de Courcoury. Elle croise une séquence sédimentaire de 6 m de profondeur et atteint le substratum à 561 cm. La séquence est à dominante limoneuse (59 %). Les argiles (24 %) et les sables (17 %) représentent une part assez modeste. La granulométrie est globalement fine avec un grain médian de 10 μm pour le D50 et de 56 μm pour le D90. L'analyse EMMA suggère une organisation de la séquence en trois classes distinctes. Les classes EM1 à EM3 présentent les modes suivants : 1, 33 et 88 μm . EM1 est attribuée aux argiles, EM2 aux limons grossiers et EM3 aux sables très fins. Les argiles, les limons et les sables caractérisent 24 %, 59 % et 17 % respectivement.

26 % et 50 % de la variance granulométrique globale. L'étude stratigraphique et l'assemblage des classes EMMA permet de diviser la séquence sédimentaire en cinq ensembles distincts (fig. 157).

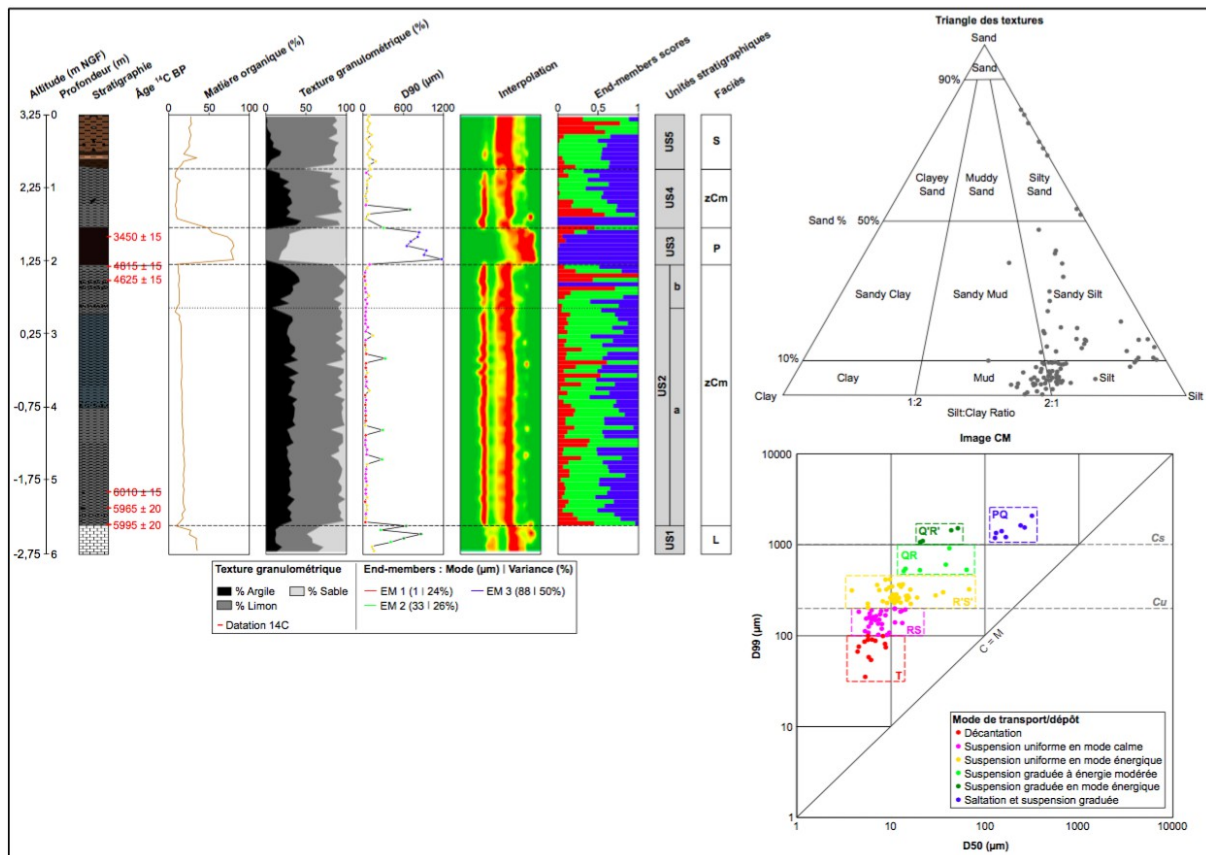


Fig. 157 – Log stratigraphique de la séquence COU02 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.

La première unité (US1), entre 561 et 600 cm, correspond au substrat. Il est représenté par un calcaire marneux blanchâtre majoritairement sablo-limoneux devenant plus compact à la base. Ce niveau a été repéré sur des carottes recensées par la BSS (BRGM) et localisées à proximité du site d'étude à des profondeurs variables.

La deuxième unité (US2), entre 561 et 204 cm, montre une prédominance des modes 1 et 33 μm . Cette unité est ainsi associée à un faciès argilo-limoneux massif gris-brun à gris-bleu avec l'inclusion de macrorestes épars sur la deuxième partie de l'unité (faciès zCm). La teneur en matière organique reste relativement élevée et présente des valeurs pour l'essentiel entre 13 et 19 %. L'US2 peut être subdivisée en deux sous-unités.

La première (US2a), entre 561 et 258 cm, est marquée par les classes EM1 et EM2 même si la classe EM3 est ponctuellement plus représentée. Elle est constituée d'une texture argilo-limoneuse (52 à 81 % de limon et 8 à 41 % d'argile) avec une fraction sableuse faible (1 à 25 %). La granulométrie est globalement fine. Le D50 et D90 varie entre 4 et 20 μm et entre 27 et 334 μm .

La deuxième sous-unité (US2b), entre 258 et 204 cm, est dominée par les modes 1 et 33 μm . Elle présente de ce fait une fraction argileuse nettement supérieure (18 à 42 %) et

une fraction sableuse légèrement inférieure ($\leq 17\%$) par rapport à l'US2a. Elle montre également une granodécroissance des sédiments. La granulométrie est ici globalement plus fine et plus homogène. Le D50 et le D90 varient entre 5 et 13 μm et entre 21 et 91 μm .

La troisième unité (US3), entre 204 et 154 cm, est caractérisée par un faciès tourbeux brun foncé très organique avec des fragments de végétaux (faciès P). Cette unité est quasi-exclusivement dominée par la classe EM3 (88 μm). Les sables (53 à 82 %) sont de ce fait très largement représentés à l'inverse des limons (16 à 46 %). La fraction argileuse est quant à elle extrêmement faible ($\leq 0,3\%$). La teneur en matière organique montre une augmentation significative (78 à 80 %), tout comme la granulométrie. Les sédiments sont relativement grossiers et très hétérogènes. Les valeurs du D50 et du D90 sont comprises dans des intervalles très larges, respectivement entre 64 et 316 μm et entre 302 et 1 181 μm .

La quatrième unité (US4), entre 154 et 64 cm, correspond à un faciès argilo-limoneux gris massif avec des fragments de végétaux épars (faciès zCm). Elle est représentée majoritairement par les classes EM1 (1 μm) et EM2 (33 μm). Les limons (35 à 66 %) et les argiles (17 à 45 %) sont présents en quantités importantes au détriment des sables (5 à 39 %). L'unité est granodécroissante. Les sédiments sont fins avec un D50 entre 4 et 21 μm mais ils sont plutôt hétérogènes avec un D90 compris entre 35 et 704 μm . La teneur en matière organique diminue significativement par rapport à l'unité précédente (US3), elle est inférieure à 16 %.

La cinquième unité (US5), entre 64 et 0 cm, est associée principalement aux modes 33 et 88 μm et de ce fait à une structure limono-sableuse brune dominante (44 à 86 % de limon et 9 à 55 % de sable) avec des taches orangées d'oxydation et des débris coquilliers. L'unité évolue toutefois vers une texture plus argileuse (1 à 19 %) vers son sommet comme le suggère l'augmentation de la représentativité du mode 1 μm . La teneur en matière organique augmente par rapport à l'unité précédente. L'unité enregistre également une granocroissance des sédiments. Ces derniers sont plus grossiers. Le D50 et le D90 se répartissent respectivement entre 9 et 68 μm et entre 51 et 194 μm .

5.3.2. Interprétation

La séquence COU02 recoupe les unités UE1 et UE2 sur le profil ERT3-COU (cf. fig. 154 p. 243) corroborées avec les US1, US2, US3, US4 et US5 (fig. 157). L'US2 correspond à un milieu de plaine alluviale distale de faible énergie où les processus de suspension uniforme et de décantation sont prédominants. Cette unité est toutefois ponctuée de quelques zones de dépôts à granulométrie plus grossière (limons grossiers et sables fins) attribuées aux segments R'S' et QR ce qui est susceptible de correspondre à la signature d'évènements de crue dynamiques. L'US3 est quant à elle une tourbière caractéristique d'un épisode humide de plaine. Les sédiments sablo-limoneux ont été déposés exclusivement par saltation et suspension graduée ce qui laisse suggérer un environnement de dépôt en contexte énergétique. Les US4 et US5 sont quant à elles associées à un milieu de plaine alluviale distale. Les sédiments sont mis en place essentiellement par suspension uniforme en mode énergétique à l'exception d'une zone de dépôts à granulométrie grossière formée par suspension graduée (segment Q'R') sans doute le marqueur d'un évènement hydro-climatique important.

6. Chronologie

La chronologie des séquences du site de Chaniers-Courcoury s'appuie sur dix-sept datations ^{14}C réalisées sur les trois carottes CHA01, COU01 et COU02 (cf. tab. 24 p. 195). Quatre d'entre elles ont été rejetées car elles présentent une anomalie attribuée à un remaniement supposé des dépôts. Les datations ^{14}C considérées comme cohérentes ont été utilisées pour la construction d'un modèle âge-profondeur, l'estimation des vitesses de sédimentation moyenne en cm.an^{-1} et la datation d'évènements hydro-climatiques extrêmes (Blaauw, 2010). L'âge de la base des carottes a été estimé par extrapolation.

6.1. Chronologie de la séquence CHA01

La chronologie de la séquence CHA01 s'appuie sur six datations ^{14}C réparties au niveau de la partie inférieure de la séquence (fig. 158). La partie supérieure est de ce fait moins bien appréhendée. Le modèle âge-profondeur couvre un cadre chronologique relativement long compris entre l'Atlantique ancien et l'Actuel. À la base, le niveau tourbeux se développe entre ca 7 915 et 7 650 ans cal. BP. Les datations ^{14}C permettent d'établir des vitesses moyennes de sédimentation relativement rapides de 0,93-0,32-0,56 cm.an^{-1} sur le premier tiers de la carotte. À partir de 4,85 m, elles diminuent significativement et atteignent seulement 0,08 cm.an^{-1} .

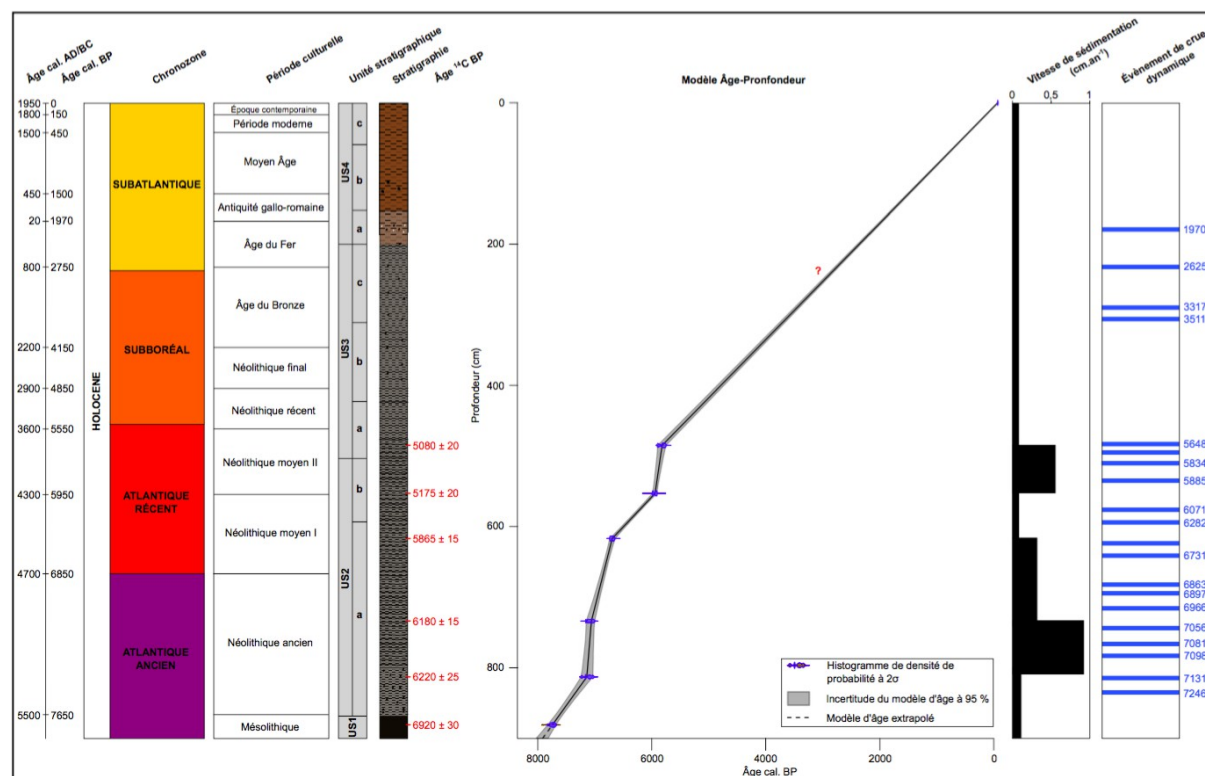


Fig. 158 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence CHA01.

Les évènements hydrologiques sont identifiés d'après la courbe du D90 présentée dans la Fig. n°155.

6.2. Chronologie de la séquence COU01

La chronologie de la séquence COU01 repose sur cinq datations ^{14}C .

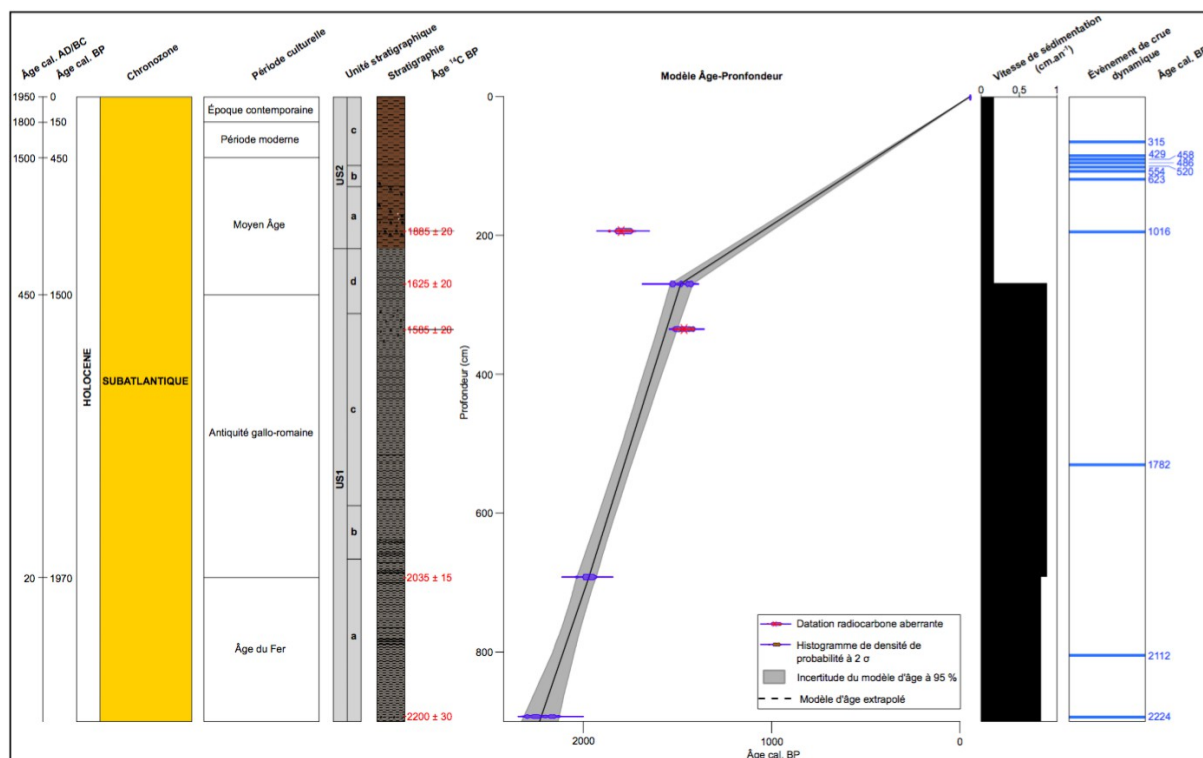


Fig. 159 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence COU01.

Les évènements hydrologiques sont identifiés d'après la courbe du D90 présentée dans la Fig. n°156.

Deux datations ont montré une inversion chronologique et ont de ce fait été rejetées (cf. tab. 24 p. 195). Le modèle âge-profondeur présente un cadre chronologique relativement court centré principalement sur le Subatlantique. La base de la carotte est estimée vers ca 2 230 ans cal. BP (fig. 159). Les vitesses de sédimentation sont très rapides de 0,79-0,87 cm.an^{-1} sur les trois quarts de la séquence (fig. 159). Elles diminuent nettement à partir de 2,69 m (0,18 cm.an^{-1}).

6.3. Chronologie de la séquence COU02

La séquence COU02 comprend six datations ^{14}C (cf. tab. 24 p. 195). Deux d'entre elles présentent une inversion chronologique et n'ont pas été exploitées. La séquence COU02 couvre un cadre chronologique relativement long, entre la fin de l'Atlantique ancien et l'Actuel (fig. 160). La base de la carotte est datée vers ca 6 950 ans cal. BP. Les datations ^{14}C montrent des vitesses de sédimentation rapides de 0,37 à 0,22 cm.an^{-1} sur les deux tiers de la séquence. Elles réduisent nettement à partir de 2,25 m (0,04 cm.an^{-1}) (fig. 160).

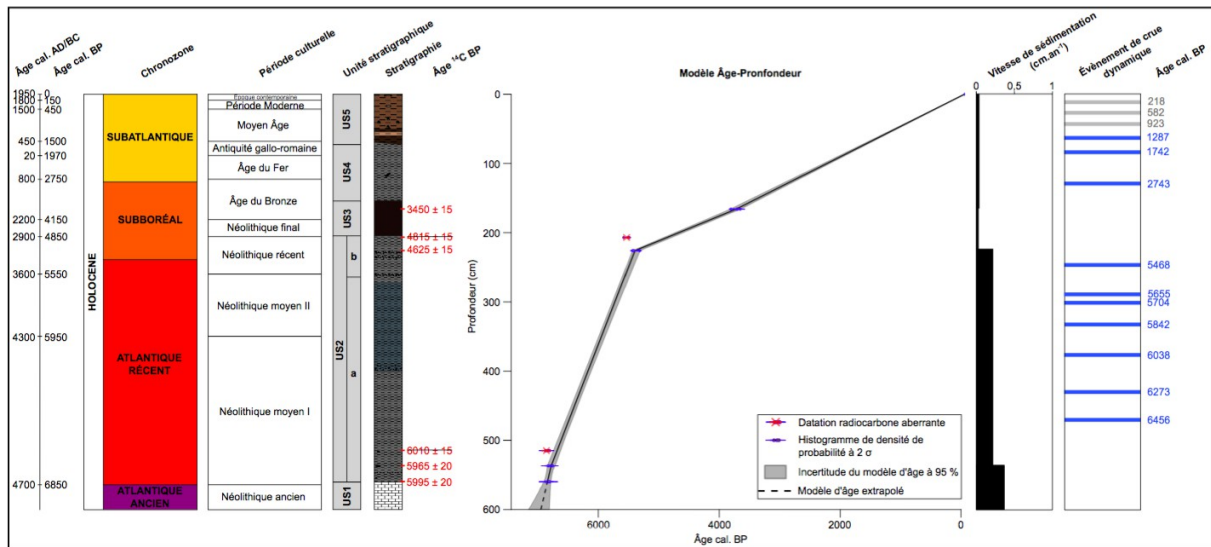


Fig. 160 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence COU02.

Les évènements hydrologiques sont identifiés d'après la courbe du D90 présentée dans la Fig. n°157.

7. Synthèse

La confrontation des données topographiques, géophysiques, sédimentaires et chronologiques permet de proposer une chronostratigraphie de la plaine alluviale au droit du site de Chaniers-Courcoury (fig. 161, 162). Seuls les points principaux sont présentés dans cette synthèse. La chronologie utilisée se réfère systématiquement à l'âge médian calibré à 2σ obtenu à partir des modèles âge-profondeur extrapolés.

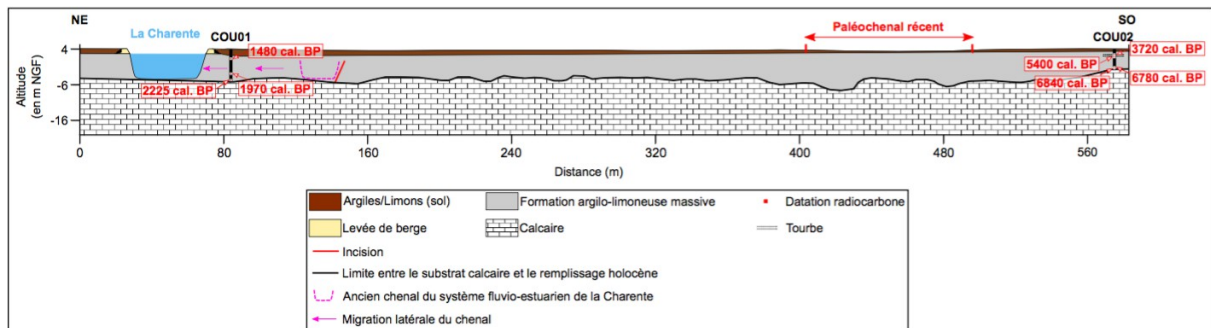


Fig. 161 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT3-COU et des carottages COU01 et COU02.

La chronologie des séquences analysées a mis en évidence une discontinuité chronologique au droit du site étudié. La base des séquences CHA01 et COU01 est estimée respectivement vers ca 7 915 ans cal. BP et ca 6 950 ans cal. BP correspondant au début et à la fin de l'Atlantique ancien. La datation obtenue sur la séquence COU01 indique quant à elle un âge beaucoup plus jeune autour de ca 2 230 ans cal. BP, soit le début du Subatlantique (cf. fig. 159 p. 253). Cet écart chronologique suggère une phase d'incision survenue à une date encore inconnue. Le carottage COU01 montre un recoupement de la plaine alluviale par un paléochenal dont la limite est peu visible par la géophysique. Les formations croisées sont assimilées à l'ancien emplacement du chenal actuel. Ce dernier a fait l'objet d'une migration la-

térale très lente en accord avec les données sur la dynamique des chenaux à faible énergie (fig. 161).

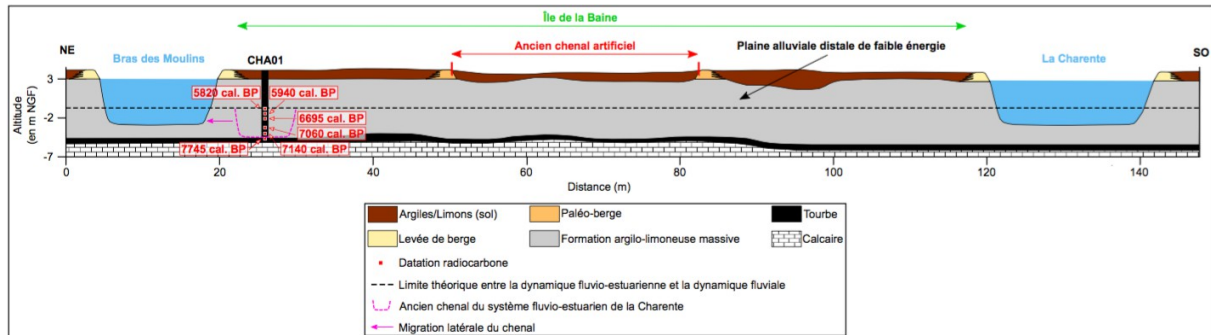


Fig. 162 – Coupe interprétative de la plaine alluviale au niveau du profil ERT2-CHA et du carottage CHA01.

La séquence CHA01 indique quant à elle clairement l'existence d'un recoupement de la plaine alluviale par un paléochenal dont la bordure n'est pas identifiée par la géophysique en raison du faible contraste de remplissage de la plaine. Deux hypothèses peuvent être retenues : 1) ces formations sont attribuées au paléochenal de rive gauche situé à proximité du carottage mais cet ancien chenal est probablement artificiel au vu de son tracé rectiligne ; et 2) ces formations correspondent à l'ancien emplacement du chenal actuel qui a migré très lentement vers le nord-est ce qui est conforme avec les données actuelles sur la dynamique de ce type de chenaux. Cette deuxième hypothèse est privilégiée (fig. 162).

La séquence CHA01 montre également une sédimentation argilo-limoneuse homogène avec la présence de lamines régulières, fines et organiques apparentées à des titalites. Ce type de faciès suggère une sédimentation fluvio-estuarienne entre 869 et 481 cm mise en place entre ca 7 650 et 5 770 ans cal. BP correspondant à la période entre le début de l'Atlantique ancien et le milieu du Subboréal (cf. fig. 158 p. 252). Après ca 5 770 ans cal. BP, les dynamiques estuariennes s'atténuent progressivement et disparaissent. Le fleuve Charente est soumis alors exclusivement à une dynamique fluviale où l'aggradation de la plaine alluviale se fait par dépôts de débordement (fig. 162).

Les enregistrements sédimentaires mettent en évidence deux phases distinctes de tourbification associées à des épisodes humides dans la plaine. La première est située à la base de la séquence CHA01 (US1) (cf. fig. 158 p. 252). Son sommet est daté autour de ca 7 650 ans cal. BP. Elle atteste d'un haut niveau de nappe aquifère qui pourrait enregistrer la remontée du niveau marin relatif et serait assimilée en conséquence à une « tourbe de base ». La deuxième est localisée sur le dernier tiers inférieur de la séquence COU02 (US3) (cf. fig. 160 p. 253). Elle est datée entre ca 4 780 ans cal. BP et 3 450 ans cal. BP. Elle pourrait correspondre à la signature climatique locale de l'évènement humide 4 200 ka BP.

8. Conclusion

Les travaux réalisés au droit du site de Chaniers-Courcoury permettent de mieux contraindre l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes actuelles et

fossiles et de préciser son évolution au cours de l'Holocène. Ces résultats montrent que la section aval du fleuve Charente présente une dynamique d'évolution très différente de celle mise en évidence au niveau de la section amont où l'anastomose semble être une forme héritée d'un système en tresses ancien. Les données obtenues indiquent visiblement une transition entre un système soumis à une dynamique fluvio-estuarienne et un système répondant exclusivement à une dynamique fluviale à l'échelle de la section aval ou tout du moins au niveau du site étudié, cet élément n'ayant jusqu'à présent pas encore été démontré.

PARTIE 5

TRAJECTOIRE D'ÉVOLUTION DU FLEUVE CHARENTE À L'HOLOCÈNE : MODÈLE D'ÉVOLUTION ET FACTEURS DE CONTRÔLE

Chapitre 13. Modèle d'évolution du fleuve Charente à l'Holocène : apports des approches géohistorique, géomorphométrique et stratigraphique

1. Introduction

Ce chapitre propose de reconstituer la trajectoire d'évolution de la dynamique fluviale du fleuve Charente, entre Angoulême et Saintes. Cette reconstitution est effectuée à deux échelles chronologiques, sur les derniers millénaires par l'étude des archives sédimentaires et sur les trois derniers siècles par l'analyse quantitative des cartes anciennes. Les sites d'Angeac-Charente et de Chaniers/Courcoury ont permis de mettre en évidence des tendances générales d'évolution de la mosaïque fluviale tout en montrant une opposition entre la dynamique fluviale des sections amont et aval du cours d'eau sur le temps long. En revanche, une certaine prudence doit être accordée à ces scénarii d'évolution qui n'ont été bâtis que sur deux sites seulement pour un linéaire fluvial d'environ 80 km. L'analyse quantitative des cartes anciennes a quant à elle souligné les évolutions globales et locales de la dynamique de la mosaïque fluviale depuis le milieu du XIX^e siècle jusqu'à l'Actuel. Cette dernière a ensuite été complétée par une analyse qualitative des cartes historiques des fins XVII^e et XVIII^e siècles corroborant ainsi les tendances évolutives récentes.

2. Évolution du système fluvial de la Charente à l'Holocène

2.1. Dynamique d'évolution à l'échelle de la section amont Angoulême-Cognac : l'anastomose, une forme héritée d'un style en tresses

2.1.1. Dynamique fluviale à la période pré-Holocène : un système fluvial en tresses

Les dynamiques d'évolution de la plaine alluviale du fleuve Charente et de son style fluvial au droit du site d'Angeac-Charente restent encore très méconnues au cours de la période pré-Holocène. Mais les données acquises dans ce travail permettent de proposer une chrono-stratigraphie des formations sédimentaires et une interprétation des évolutions du système fluvial sur la section amont ou tout du moins à l'échelle du site étudié (cf. fig. 142-143 p. 237-238).

Au regard des données chrono-stratigraphiques acquises, aucune formation sédimentaire n'a pu être rattachée à la période pré-Holocène en raison de l'absence d'éléments datables par datation ¹⁴C (sédiments organiques, fragments de végétaux) et par datation OSL (quartz). Les formations grossières (à sables et à graviers) sur lesquelles se sont surimposés les paléochenaux récents sont attribuables au Tardiglaciaire voire même au Pléniglaciaire, Vayssière (2018) ayant également décrit ce type de formations dans la vallée du Cher. Ces formations restent encore peu documentées tant au niveau des faciès, de la granulométrie, des processus de dépôts, de l'architecture que de la chronologie étant donné que seuls les termes supérieurs de ces niveaux sédimentaires ont pu être observés dans les séquences prélevées. À partir des données acquises localement et également par analogie avec les systèmes fluviaux

proches du Bassin Parisien, ce travail privilégie l'hypothèse que ces formations grossières sont héritées d'un fonctionnement en tresses au sein d'un système de vallée large.

Les six profils ERT qui ont recoupé ce type de formations semblent corroborer cette hypothèse. Les données de résistivité mettent en évidence de larges structures grossières épaisses de nature sablo-graveleuse au sein desquelles se sont développés des chenaux de géométrie modeste comparée à la géométrie des paléochenaux récents et des chenaux actuels (cf. fig. 142-143 p. 237-238). L'analyse des caractéristiques morphométriques indique que ces anciens chenaux sont plus larges et moins profonds avec un ratio l/p généralement faible dont les valeurs sont parfois inférieures à 10 (tab. 33). Les chenaux actuels sont quant à eux plus étroits et profonds avec un ratio l/p moyen faible inférieur à 15 au niveau de la section amont anastomosée (cf. tab. 25 p. 206). Les anciens chenaux sont caractérisés par une compétence supérieure à l'Actuel comme le suggère la charge de fond sablo-graveleuse et/ou gravelo-sableuse abondante, la charge sédimentaire actuelle étant marquée par une suspension fine dominante (i.e., limons et sables fins).

Section ERT	Paléochenal	Largeur estimée du chenal (m)	Profondeur estimée du chenal (m)	Ratio l/p
Section ERT1-AC	Paléochenal n°1	7	2	3,5
	Paléochenal n°2	9	2	4,5
Section ERT2-AC	Paléochenal n°1	28	2	14
	Paléochenal n°2	45	2	22,5
Section ERT3-AC	Paléochenal n°1	13	2	6,5
	Paléochenal n°2	35	2,5	14
Section ERT4-AC	Paléochenal n°1	19	4	4,8
	Paléochenal n°2	55	3,5	15,7
Section ERT5-AC	Paléochenal n°1	9	2	4,5
	Paléochenal n°2	12	1,5	8
	Paléochenal n°3	8	1,5	5,3
Section ERT6-AC	Paléochenal n°1	58	2,5	23,2
	Paléochenal n°2	51	3	17
	Paléochenal n°3	14	2	7

Tab. 33 – Caractéristiques morphométriques des paléochenaux anciens.

Ces structures très épaisses et larges peuvent être envisagées comme d'anciennes bandes de tressage sablo-graveleuses incisées dans une formation antérieure à dominante sableuse (cf. fig. 142-143 p. 237-238). Les chenaux se seraient développés sur 1 à 4 m dans les formations anciennes et peuvent être considérés comme les marqueurs d'une phase d'incision non datée.

2.1.2. Dynamique fluviale à l'Holocène ancien : un système fluvial déjà anastomosé ?

Les formations sédimentaires holocènes se sont développées sur une épaisseur assez réduite dans la section amont, en moyenne entre 1,5 et 2 m d'épaisseur, à l'inverse, elles atteignent 9 m d'épaisseur dans la section aval à méandres. Les dynamiques d'évolution du fleuve Charente restent ainsi encore peu connues au cours de la première moitié de l'Holocène dans la section amont anastomosée (Angoulême-Cognac).

Les archives sédimentaires acquises permettent toutefois de démontrer l'existence d'une métamorphose fluviale d'un style en tresses vers un style fluvial anastomosé, peut être dès l'Atlantique ancien (fig. 163). Ce type de métamorphose/transition a été décrite sur les cours d'eau de la Gearagh (Harwood et Brown, 1993) ou encore de la Cooper Creek (Rust, 1981). Ce constat s'inscrit dans la lignée des travaux de Lewin (2010) et Brown et al. (2018) qui confirment que l'anastomose est un style fluvial relativement courant sur les cours d'eau à faible énergie au cours de l'Holocène en Europe de l'Ouest avant de connaître une phase de simplification sous l'action des premiers défrichements et des aménagements hydrauliques.

Les données de résistivité électrique n'ont pas permis d'identifier les limites des paléo-formes fluviales anastomosées récentes attribuées probablement à l'Atlantique ancien en raison du faible contraste entre la plaine alluviale et les formes fluviales fossiles. Il s'agit là d'une limite importante dans la poursuite de ces travaux ce qui suggère peut être le recours à d'autres méthodes comme le géoradar. La topographie actuelle a toutefois permis par l'utilisation du MNT de montrer de multiples empreintes de paléo-formes fluviales (i.e. paléochenaux et paléo-îles) ce qui tend à démontrer l'existence d'un système fluvial anastomosé plus développé et complexe qu'à l'Actuel aussi bien au niveau du site étudié (cf. fig. 126 p. 210) qu'au sein de la section amont du cours d'eau dans et hors emprise de la zone d'étude (i.e., segments Bignac-Montignac-Charente et Angeac-Charente-Cognac) (Forzi, 2021). Ces chenaux anastomosés de faible énergie se sont développés en partie sur l'ancienne bande de tressage pré-Holocène comme le montre la mise en parallèle des sections ERT et de la topographie LiDAR (cf. fig. 142-143 p. 237-238).

2.1.3. Dynamique fluviale à l'Holocène récent : vers une simplification de l'anastomose ?

La période entre le milieu du Subboréal et l'Actuel est documentée uniquement par l'étude du remplissage de deux paléochenaux, l'un situé au NE de l'île Domange (AC03) et l'autre au SE de l'île (AC04). Les datations ¹⁴C permettent d'attribuer le début de leur déconnexion vers ca 4 440 ans cal. BP (AC04) et plus tardivement vers ca 3 015 ans cal. BP (AC03) contemporain respectivement à la fin du Néolithique final et à la fin de l'Âge de Bronze. Ces bras morts enregistrent toutefois une phase où ils sont reconnectés temporairement au chenal actif ou ennoyés régulièrement lors des débordements du cours d'eau.

Ces premiers résultats indiquent une simplification de l'anastomose charentaise au droit du site étudié et plus largement à l'échelle de la section amont ce qui corrobore les travaux sur la trajectoire d'évolution de l'anastomose à long terme menés par Brown et al. (2018). Au regard des données chronologiques acquises, cette simplification s'est sans doute amor-

cée vers la fin du Néolithique final et s'est poursuivie à l'Âge du Bronze (fig. 163), et aurait affecté en particulier les chenaux secondaires. Cette interprétation est toutefois très fragile en l'état et devra être renforcée par des travaux et des datations ^{14}C complémentaires. Les causes de cette évolution peuvent être multifactorielles et seront discutées dans le chapitre suivant (cf. chapitre 14).

Les enregistrements sédimentaires de la séquence AC03 montrent également une phase de tourbification (fig. 163) attribuée à un épisode humide dans la plaine. Elle est datée entre ca 870 et ca 660 ans cal. BP. Elle pourrait être synchronique de la « crise de l'âge du Fer » (Van Geel *et al.*, 1998) et attester d'un relèvement du niveau des nappes aquifères.

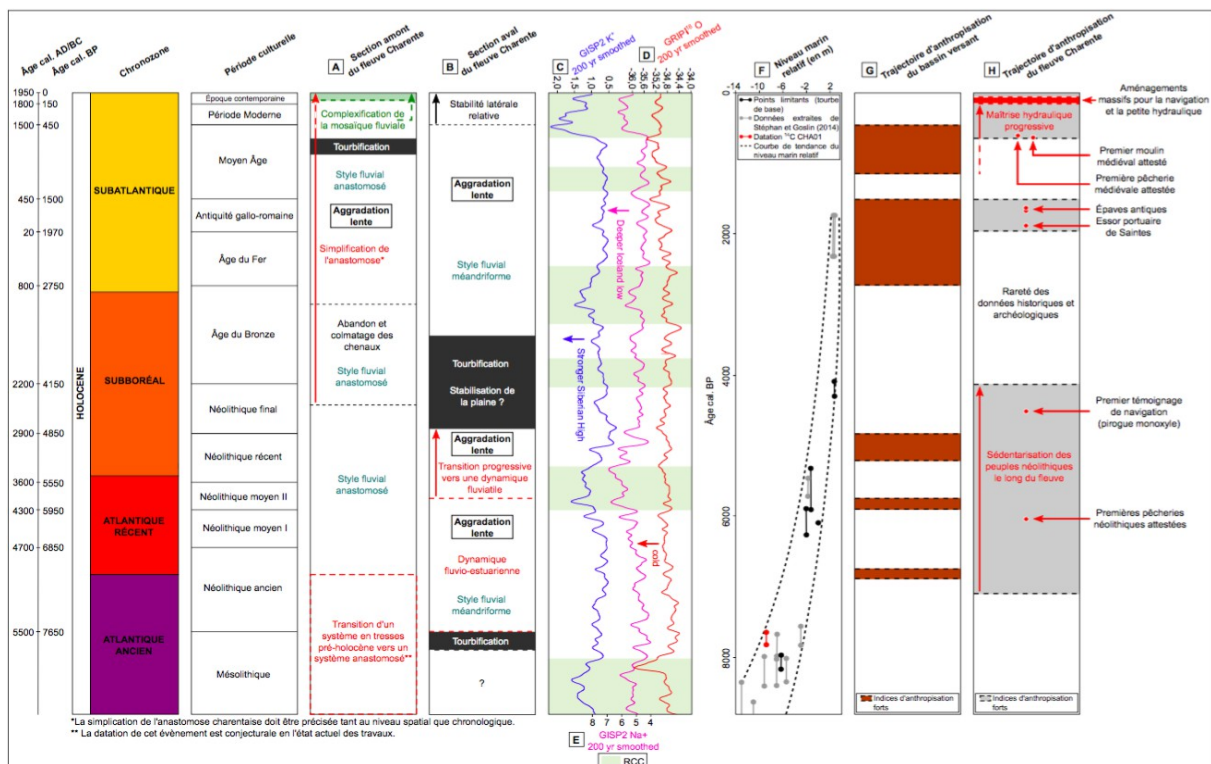


Fig. 163 – Synthèse de l'évolution du fleuve Charente au cours de l'Holocène et confrontation avec les facteurs de contrôle anthropiques et hydro-climatiques potentiels.

A : Trajectoire d'évolution du fleuve Charente au niveau de la section amont ; B : Trajectoire d'évolution du fleuve Charente au niveau de la section aval ; C : Potassium (sel non marin $[\text{K}^+]$) ; ppb du GISP2, Groenland. Lissage gaussien (200 ans). Source : Mayewski *et al.* (1997) ; Meeker et Mayewski (2002). D : GRIP $\delta^{18}\text{O}$ (‰) température. Lissage gaussien (200 ans). Source : Johnsen *et al.* (1992) ; E : Sodium (Na^+) ; ppb du GISP2, Groenland. Lissage gaussien (200 ans). Source : Mayewski *et al.* (1997) ; Meeker et Mayewski (2002). F : Évolution du niveau marin relatif (en m) d'après Fraudin (2021), complété et modifié de Stéphan et Goslin (2014). G : Proposition de trajectoire d'anthropisation à l'échelle du bassin versant d'après les données de la séquence de Chantemerle (Saint-Fraigne), Aoustin et Carozza (inédit) ; H : Proposition de trajectoire d'anthropisation à l'échelle du fleuve Charente à partir des données archéologiques (Briard *et al.*, 2001 ; Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019 ; Baigl *et al.*, 2020) et géohistoriques (AD17, série S ; AD16, série 3 Sprov, XVIII^e siècle-Actuel).

2.2. Dynamique d'évolution à l'échelle de la section aval Cognac-Saintes : transition d'un système estuarien vers un système fluvial

2.2.1. Dynamique fluviale à l'Holocène ancien : un système fluvio-estuarien

Au niveau de la section aval, entre Cognac et Saintes, la dynamique fluviale du fleuve Charente a été largement tributaire de la transgression « flandrienne » et des variations du niveau marin amorcées il y a 18 000 ans (Bourgueil, 2005). Les archives sédimentaires acquises ont ainsi démontré une influence de la marée sur cette partie du linéaire d'étude par la mise en évidence pour la première fois de faciès estuariens (i.e., présence de tidalites, granulométrie fine, texture limoneuse, etc.) jusqu'en aval de Saintes (cf. fig. 162 p. 264). Ces conclusions rejoignent celles des travaux de Bourgueil (2005) mais ces dernières sont basées uniquement sur des considérations géométriques et sont par conséquent spéculatives. Le fleuve Charente répond donc à un fonctionnement fluvio-estuarien estimé entre ca 7 650 et 5 770 ans cal. BP (cf. fig. 162 p. 264) également confirmé par les données recueillies par Stéphane et Goslin (2014) (fig. 163). Ces auteurs indiquent ainsi une phase rapide de variation locale du niveau marin entre 8 500 et 6 000 ans cal. BP sur les côtes charentaises. Estimé à -16 m au début de l'Atlantique vers 9 000 ans cal. BP, il atteint -3 m vers ca 6 000 ans cal. BP. Cependant, cette phase d'aggradation de la plaine alluviale commandée par une dynamique fluvio-estuarienne devra être précisée tant au niveau chronologique qu'environnemental par l'intégration entre autres d'indicateurs fauniques (ostracodes, foraminifères) dans l'analyse.

Ce travail privilégie également l'hypothèse d'une corrélation étroite entre l'arrivée des influences tidales et l'édification de zones humides dans le fond de vallée. L'identification d'un faciès tourbeux à la base de la séquence CHA01 indique une première phase de tourbification au milieu de l'Atlantique ancien (fig. 163). Cette dernière atteste d'un haut niveau de nappe aquifère qui pourrait enregistrer la remontée du niveau marin relatif ce qui confirme l'élévation du niveau marin entre 8 500 et 6 000 ans cal. BP mise en évidence par Stéphane et Goslin (2014) (fig. 163). Il s'agirait donc ici d'une « tourbe de base ».

2.2.2. Dynamique fluviale à l'Holocène récent : un système fluvial à chenal unique à méandres

La disparition des structures laminées tidales et la modification de la nature des dépôts (i.e., apports sableux fins) suggèrent l'atténuation puis la disparition des influences estuariennes à partir du milieu du Subboréal après ca 5 780 ans cal. BP à l'échelle de la section aval du cours d'eau ou tout du moins au niveau du site étudié (fig. 163). Ces conclusions rejoignent celles de Stéphane et Goslin (2014). Ces auteurs démontrent effectivement un ralentissement de la vitesse de remontée du niveau marin à partir de ca 6 000 ans cal. BP sur les côtes charentaises. Les vitesses moyennes de remontée du niveau marin diminuent nettement et sont ainsi voisines de 0,6 mm.an⁻¹ entre 6 000 ans cal. BP et l'Actuel. Bourgueil (2005) précise également que la courbe du niveau marin se stabilise vers 2 000 ans cal. BP.

Le fleuve Charente répond donc à une dynamique fluviale et l'aggradation de la plaine alluviale se fait exclusivement par des dépôts de débordements. L'aggradation dominée par

les formations détritiques est interrompue par une nouvelle phase de tourbification (cf. fig. 161 p. 263), associée à une augmentation de l'humidité de la plaine. Elle est datée entre ca 4 780 et 3 450 ans cal. BP (début du Subatlantique) (cf. fig. 160 p. 263). Elle pourrait correspondre à l'enregistrement local de l'évènement humide 4 200 ans cal. BP inscrit dans une période plus large de péjoration climatique entre 4 200 et 3 800 ans cal. BP (Mayewski *et al.*, 2004).

Du changement d'ère à l'Actuel, le fleuve Charente maintient un style fluvial à chenal unique à méandres peu mobile et faiblement incisé dans la plaine alluviale au niveau de la section aval abstraction faite des interventions anthropiques. Ce fonctionnement est corroboré par les découvertes archéologiques subaquatiques situées en travers (pêcheries) et dans le fond du chenal (pirogues) (fig. 163). La mise au jour de pirogues gallo-romaines et d'épaves mérovingiennes relativement bien conservées en aval de Saintes mettent en évidence la relative stabilité latérale et la très faible aggradation du chenal (Lebaron, 2008 ; Mariotti, 2018 ; Letuppe, 2019 ; Moyat, 2019 ; Baigl *et al.*, 2020). La découverte d'ouvrages en travers le long des berges du chenal au droit du site de Chaniers/Courcoury confirme que la géométrie du fleuve Charente a également très peu évolué au Moyen Âge (Chapelot et Rieth, 1995, 2007). Depuis, le tracé en plan du fleuve Charente semble s'être maintenu hors actions anthropiques.

Le site à îles actuel de la Baine a manifestement une origine récente, héritée des actions anthropiques. Sa configuration à chenaux multiples est antérieure aux témoignages cartographiques les plus anciens sur le secteur (i.e., plan du cadastre napoléonien de 1812 et plan de l'Administration des Ponts-et-Chaussées de 1838, cf. fig. 147 p. 245) et sa chronologie reste encore à affiner. Une partie des chenaux et des îles sont ainsi issus de la phase d'aménagements massive pour la navigation orchestrée sur la période 1838-1845 (i.e., canal de dérivation) d'après les sources d'archives. Les autres chenaux n'ont pas pu être datés précisément mais leur création peut être envisagée au haut Moyen Âge avec la mise en place du contrôle hydraulique (i.e., le bras des moulins) (cf. fig. 145 p. 243).

3. Évolution du système fluvial de la Charente sur la période récente (fin XVII^e siècle-Actuel)

3.1. Dynamique fluviale entre la fin du XVII^e et la fin du XVIII^e siècle

Le XVII^e siècle souffre d'une réelle carence documentaire. Seule une carte ancienne anonyme permet de fournir une représentation de l'état du fleuve Charente à la fin du XVII^e siècle (1689) sur l'ensemble du linéaire étudié. Le XVIII^e siècle n'est quant à lui documenté que sur les trois dernières décennies et seule une série de plans permet d'apporter une image du fleuve Charente sur la section amont (Angoulême-Cognac) (AD16, 1C92, 1C93, plans de Trésaguet, 1773)

L'analyse qualitative des cartes et plans anciens sur les fins du XVII^e et XVIII^e siècles a été utilisée pour proposer une description du style fluvial du fleuve Charente et corroborer les tendances mises en évidence sur la période 1866-2017 sur un temps plus long (cf. infra). Les

cartes et plans anciens confirment une stabilité globale des formes fluviales. Mais ils témoignent localement d'un processus de simplification de l'anastomose sur la période 1689-1866 sur la section amont anastomosée affectant en particulier les chenaux secondaires.

3.2. Dynamique fluviale du fleuve Charente du milieu du XIX^e siècle jusqu'à l'Actuel : stabilité globale de la mosaïque fluviale et ajustements fluviaux locaux

Ces travaux en géomorphologie historique confirment l'existence d'une rupture du style fluvial entre la section amont, entre Angoulême et Cognac (inclus), à style anastomosé et la section aval, entre Cognac et Saintes, à chenal unique à méandres, et permettent d'affiner le découpage de la mosaïque fluviale initialement établie en deux zones distinctes (cf. fig. 90 p. 156 ; fig. 94 p. 159). Le linéaire fluvial a finalement été segmenté en quatre zones homogènes décrites ici à travers la mosaïque fluviale actuelle. La première zone la plus en amont, entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente (zone Z1), présente un style fluvial anastomosé peu développé. La structure fluviale présente un à deux bras secondaires qui délimitent principalement des îles de petite dimension de forme lenticulaire et des îles allongées ou arrondies de taille modeste. La deuxième zone, entre Angeac-Charente et Bourg-Charente (zone Z2), est caractérisée par une anastomose complexe avec des îles de grande dimension très longues et/ou très larges. Les chenaux étroits et peu profonds séparent ainsi des îles à la morphologie très variée. Outre les îles de grande dimension, cette partie du linéaire est occupée par des îles de dimension modeste et de forme arrondie ou allongée. La troisième zone, entre Saint-Brice et Merpins (zone Z3) montre un style anastomosé complexe marqué par la présence dominante d'îles de taille importante ou modeste de forme très allongée. Enfin, la dernière zone la plus en aval, entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes (zone Z4), se singularise par une structure dominante à chenal unique à méandres, avec quelques courts segments multichenaux, sans mobilité latérale constatée ou à ajustements extrêmement lents.

L'analyse quantitative des cartes anciennes et récentes montre une stabilité globale des formes fluviales (chenaux et îles) à l'échelle du linéaire sur la période 1866-2017 conformément aux travaux menés sur la dynamique de l'anastomose (Knighton et Nanson, 1993 ; Maskaske, 2001). Toutefois cette stabilité est rompue par des ajustements fluviaux à l'échelle locale attribués avant tout à un facteur anthropique dans un système à faible énergie où les crues sont peu morphogènes.

L'analyse cartographique diachronique a alors mis en évidence trois phases majeures d'ajustements observées à l'échelle locale. La première phase rend compte d'une simplification de la mosaïque fluviale par réduction du nombre de chenaux et d'îles fluviales sur la période 1866-1899 affectant la section amont du cours d'eau, particulièrement les zones Z1 et Z3. Cette simplification se traduit par trois processus prédominants : 1) la disparition des îles de petite dimension apparentées à des îlots ; 2) l'agglomération des îles entre elles et 3) le rattachement des îles à la berge. La deuxième phase témoigne d'une complexification de la mosaïque fluviale par augmentation du nombre de chenaux et formation d'unités fluviales sur la période 1899-1972 en particulier au sein de la zone Z1 et Z3. Cette complexification s'explique par deux processus majeurs : 1) l'apparition de nouvelles unités fluviales et 2) la

division d'îles entre elles. La troisième phase montre une complexification de la structure fluviale à la fois sur la section amont et sur la section aval. Elle se traduit pour l'essentiel par trois processus principaux : 1) la division des îles entre elles, 2) l'apparition de nouvelles unités et 3) le détachement de fragments de plaine alluviale ou d'îles de la berge. En parallèle, une simplification locale de la structure fluviale est également remarquée sur les zones Z1 et Z3 et se traduit par la réduction du nombre de chenaux par disparition d'îles de petite dimension.

4. Conclusion

Le couplage des données topographiques, géophysiques et sédimentaires documentent exclusivement la période ancienne et mettent en évidence une rupture d'évolution dans la dynamique fluviale du fleuve Charente entre la section amont et aval. Toutefois la chronologie de l'évolution proposée devra être précisée par la réalisation de travaux et de datations supplémentaires et par de plus amples investigations sur d'autres sites.

Les données recueillies au droit de la section amont, entre Angoulême et Cognac, permettent d'envisager une métamorphose fluviale (fig. 163). La mosaïque fluviale évolue d'un modèle à style en tresses pré-holocène (Tardiglaciaire ?) à chenaux multiples de forte compétence et à charge sablo-graveleuse abondante vers un style anastomosé à chenaux multiples à faible énergie, peu mobiles et à granulométrie fine. Pour l'instant, la datation de cet événement reste conjectural et pourrait être attribué à l'Atlantique ancien. Si le cours d'eau a effectivement maintenu sa configuration à anastomose jusqu'à l'Actuel, cette dernière est présente dans un état dégradé c'est-à-dire simplifié par la réduction du nombre de chenaux. Cette simplification de la mosaïque fluviale semble s'être amorcée à partir du Néolithique et poursuivie à l'Âge du Bronze. Là aussi, le renforcement des données chronologiques sera nécessaire pour affiner cette interprétation et peut être, complexifier ce modèle simple.

Les données acquises au niveau de la section aval, entre Cognac et Saintes, montrent que le fleuve Charente répond à une dynamique fluvio-estuarienne de faible énergie entre ca 7 650 et 5 770 ans cal. BP (Atlantique ancien-milieu du Subboréal). Vers le milieu du Subboréal, les effets de la marée semblent s'atténuer et le fleuve Charente est caractérisé exclusivement par une dynamique fluviale. Il adopte une configuration à chenal unique à méandres peu incisé à très faible mobilité latérale jusqu'à l'Actuel abstraction faite des interventions anthropiques.

Les données géohistoriques, cartes historiques et archives textuelles, documentent pour l'essentiel l'évolution de la mosaïque fluviale charentaise sur la période récente (fin XVII^e siècle-Actuel). Ces travaux démontrent une stabilité globale des formes fluviales à l'échelle du linéaire sur la période 1866-2017. Toutefois le changement d'échelles spatiales et d'objets d'étude permet de nuancer ce résultat en particulier sur la section amont anastomosée. L'évolution de l'anastomose est caractérisée par une simplification de la mosaïque fluviale compensée parfois localement par une complexification de la structure fluviale. Ces tendances évolutives récentes sont corroborées sur un temps plus long d'après l'analyse qualitative des cartes anciennes des fins XVII^e et XVIII^e siècles.

Chapitre 14. Dynamiques d'évolution du fleuve Charente en réponse aux facteurs hydro-climatique et anthropique et aux héritages géomorphologiques

1. Introduction

Ce chapitre discute les évolutions de la mosaïque fluviale du fleuve Charente au cours de l'Holocène à la lumière des facteurs de contrôle hydro-climatique et anthropique. Les données archéologiques sont ainsi mobilisées afin d'expliquer la trajectoire du cours d'eau sur le long terme en complément des données de terrain. Les ruptures de trajectoire d'évolution du cours d'eau sur la période récente sont confrontées aux chroniques de crues et aux chronologies des usages anciens et de leurs aménagements établies dans le cadre de ce travail.

2. La stabilité globale de la mosaïque fluviale de la Charente sur le temps long : la conséquence de facteurs structurels

Ces travaux en géomorphologie historique démontrent la stabilité globale des formes fluviales du fleuve Charente sur le temps court à moyen (décennal à centennal) par l'analyse quantitative des cartes anciennes et récentes (milieu XIX^e siècle-Actuel) (fig. 163-A). Cette dernière peut être interprétée comme la conjonction entre deux facteurs : 1) la très faible énergie du cours d'eau mesurée par la puissance spécifique et 2) la forte cohésion des matériaux de la plaine alluviale et notamment des berges. En effet, la très faible pente, la largeur relativement faible des chenaux et la modestie des débits confèrent au fleuve Charente une puissance spécifique inférieure à 10 W.m^{-2} (moy. $9,8 \text{ W.m}^{-2}$), seuil en-dessous duquel la mobilité latérale des chenaux est nécessairement faible (cf. fig. 98 p. 165). La forte cohésion des sédiments de la plaine alluviale assure la stabilité des berges constituées de sédiments cohésifs argilo-limoneux à limono-sableux à granulométrie globalement fine. Leur stabilité est ici renforcée par la végétation dont le rôle stabilisateur semble être significatif dans le maintien de la configuration du style fluvial anastomosé dans la section amont et à chenal unique à méandres dans la section aval du fleuve Charente. Smith (1976) a également constaté son effet stabilisateur sur les berges de la rivière Alexandra. Cependant, ce critère de stabilité nécessiterait d'être plus amplement développé par des études biogéomorphologiques.

Cette stabilité de la mosaïque fluviale est confirmée sur le temps long (pluricentennal à millénaire) d'après les données topographiques et sédimentaires couplées à l'analyse spatiale des données archéologiques (zone Z4). La topographie actuelle ne conserve ainsi aucune trace de mobilité latérale du chenal principal ou des chenaux principaux selon la section étudiée ce qui suggère une stabilité ancienne des formes fluviales. À l'échelle de la section aval, le très faible nombre de paléochenaux ainsi que leur faible visibilité dans la topographie actuelle seraient liés à l'affaiblissement de l'énergie du cours d'eau ce qui atteste de la stabilité de ses formes. L'identification uniquement de dépôts de plaine alluviale distale de faible énergie sur les trois séquences prélevées corrobore également cette stabilité (cf. fig. 155-157 p. 255, 257, 259). La très grande richesse archéologique du lit mineur (piroge monoxyle néolithique, épaves antiques et médiévales, pêcheries médiévales) et des berges (aménagement

ments de pieux néolithiques) atteste également de la très faible mobilité du chenal principal et des bras secondaires principaux entre les périodes néolithique et médiévale.

Les chenaux semblent être soumis à priori à une très faible aggradation ce qui pourrait expliquer la bonne conservation des artefacts archéologiques situés au fond du lit des chenaux en particulier les gisements néolithiques et protohistoriques dans la section médiane du cours d'eau – sites de Bourg-Charente, de Saint-Simon et d'Angeac-Charente – (e.g., Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019, etc.) et les gisements antiques et médiévaux dans la section aval dans et hors emprise de la zone d'étude – sites de Courbiac, d'Orlac, du Priouté et de Taillebourg-Port d'Envaux (e.g., Mariotti, 2018 ; Mariotti, 2019a, 2019b ; Letuppe, 2019 ; Moyat, 2019, etc.).

3. Vers une simplification de la mosaïque fluviale : une réponse à la variabilité environnementale

Si les résultats acquis confirment la stabilité des formes fluviales à la fois sur la section amont anastomosée et la section aval à chenal unique à méandres conformément aux travaux sur la dynamique de ce type de cours d'eau (Nanson et Croke, 1992 ; Makaske, 2001 ; Candel, 2020), le travail mené à différentes échelles spatiales (zone homogène, tronçon) et formes fluviales (chenaux et îles) démontre une dynamique bien plus complexe à l'échelle locale (fig. 165A). En effet, l'anastomose du fleuve Charente connaît une simplification de la mosaïque fluviale par la réduction du nombre de chenaux et d'îles fluviales attribuée avant tout à la navigation et à la petite hydraulique pour améliorer la navigabilité et exploiter la force hydraulique du cours d'eau. Les travaux de terrain couplés aux travaux géohistoriques ont montré que cette évolution peut être rythmée en trois phases distinctes : 1) une phase ancienne amorcée au moins depuis le Néolithique final et maintenue pendant l'Âge du Bronze, 2) une phase médiévale *largo sensu*, qui reste à préciser chronologiquement, corrélée avec la mise en place du contrôle hydraulique et la mise en culture de la plaine alluviale et enfin 3) une phase moderne entre la fin du XVIII^e siècle et le début du XX^e siècle sous l'effet des aménagements pour la navigation.

3.1. Une phase ancienne de simplification de l'anastomose (Néolithique-Âge du Bronze)

Les enregistrements sédimentaires montrent l'apparition de formations détritiques à dominante limoneuse en particulier sur les séquences de colmatage des paléochenaux AC03 et AC04. Ces dernières sont apparues entre la fin du Néolithique final et le milieu de l'Âge du Bronze et sont issues de l'érosion des bassins versants. Ces formations indiquent une déconnexion progressive des chenaux avec le chenal actif même si ces derniers sont reconnectés régulièrement lors des crues comme en témoigne la présence d'apports plus grossiers (i.e., limons grossiers et sables fins). C'est en tout cas ce que suggèrent les premières données sédimentaires et chronologiques obtenues sur deux paléochenaux étudiés au droit du site d'Angeac-Charente. Ces résultats mettent donc en évidence une première phase ancienne de simplification de la mosaïque fluviale au droit de la section amont anastomosée du fleuve Charente amorcée vers la fin du Néolithique et le milieu de l'Âge du Bronze. Cependant, ces

premiers éléments devront être renforcés par des études géomorphologiques sur site supplémentaires afin d'améliorer la chronologie d'abandon des paléochenaux pour à terme mieux évaluer l'importance de cette simplification dans l'espace et dans le temps. Cette dernière aurait touché particulièrement les petits chenaux secondaires, les vestiges archéologiques dans le lit mineur et le long des berges attestant du maintien du chenal principal et des chenaux secondaires principaux jusqu'à l'Actuel.

Cette première phase de simplification de la mosaïque peut être corrélée étroitement avec les changements d'occupation du sol en liaison avec l'essor des pratiques agro-pastorales et des défrichements à cette période. Ce type d'évolutions a effectivement déjà été décrit sur d'autres cours d'eau européens de ce type (Lewin, 2010 ; Brown *et al.*, 2018) ainsi que sur des cours d'eau voisins. Les petits cours d'eau normands ont par exemple suivi une trajectoire similaire (Lespez, 2012 ; Beauchamp *et al.*, 2017 ; Beauchamp, 2018).

Toutefois, peu de données documentent les modifications paysagères et les modalités d'occupation et de gestion de la plaine alluviale voire du bassin versant du fleuve Charente susceptibles d'affecter la dynamique de la mosaïque fluviale à cette période. Les données mobilisées s'appuient ici exclusivement sur les fouilles archéologiques en particulier celles menées sur le segment anastomosé entre Angeac-Charente et Bourg-Charente (fig. 164) : la zone de la Haute-Moure (Billaud et Burnez, 2000 ; Burnez *et al.*, 2003 ; Gailledreau *et al.*, 2010) avec le site de l'île des Bois (Billaud, 2010) à Saint-Simon, le Brassiaud, petit affluent de la Charente (Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019) à Angeac-Charente et le lieu-dit le Gué de Beaulieu, près du Dérivant (Gomez de Soto, 1982) à Bourg-Charente.

Couplées aux données de la BD PATRIARCHE, ces informations archéologiques semblent corroborer le rôle significatif de ces sociétés anciennes dans l'évolution de l'anastomose tout en restant très prudent en raison des limites attribuées à l'information archéologique (faiblesse des données disponibles, visibilité limitée en surface des sites néolithiques, découvertes fortuites, limites liées à l'archéologie préventive). Les données archéologiques permettent d'établir plusieurs hypothèses sur l'occupation néolithique de la plaine alluviale charentaise.

-La mise au jour de plusieurs structures en bois (pêcheries, aménagements de berges), de mobiliers archéologiques (tessons, céramiques, silex taillés, meules, polissoirs, haches polies) et de restes de faune sauvage (aurochs) à Saint-Simon serait le témoignage du début de la sédentarisation des peuples néolithiques le long du fleuve Charente, estimé entre 5 000-2 500 av. J.-C. (Gailledreau, 2019) et de la première mise en valeur du fleuve (fig. 164).

-Les découvertes archéologiques liées à la navigation et aux pratiques halieutiques indiquent une appropriation ancienne et progressive du fleuve Charente par les sociétés néolithiques et ce dès le Néolithique ancien. La navigation sur le fleuve est attestée par la découverte d'une pirogue monoxyle, datée de 2 590 av. J.-C., et d'infrastructures portuaires (mouillage) à Bourg-Charente, marqueur le plus ancien de la navigation sur le fleuve (Gomez de Soto, 1982) (fig. 164).

-L'inventaire des sites archéologiques de la BD PATRIARCHE associé aux travaux archéologiques de Gailledreau et al. (2010) permettent d'envisager une occupation des berges du cours d'eau sur le secteur fluvial entre Saint-Simon et Angeac-Charente sur l'ensemble de la période néolithique (fig. 164).

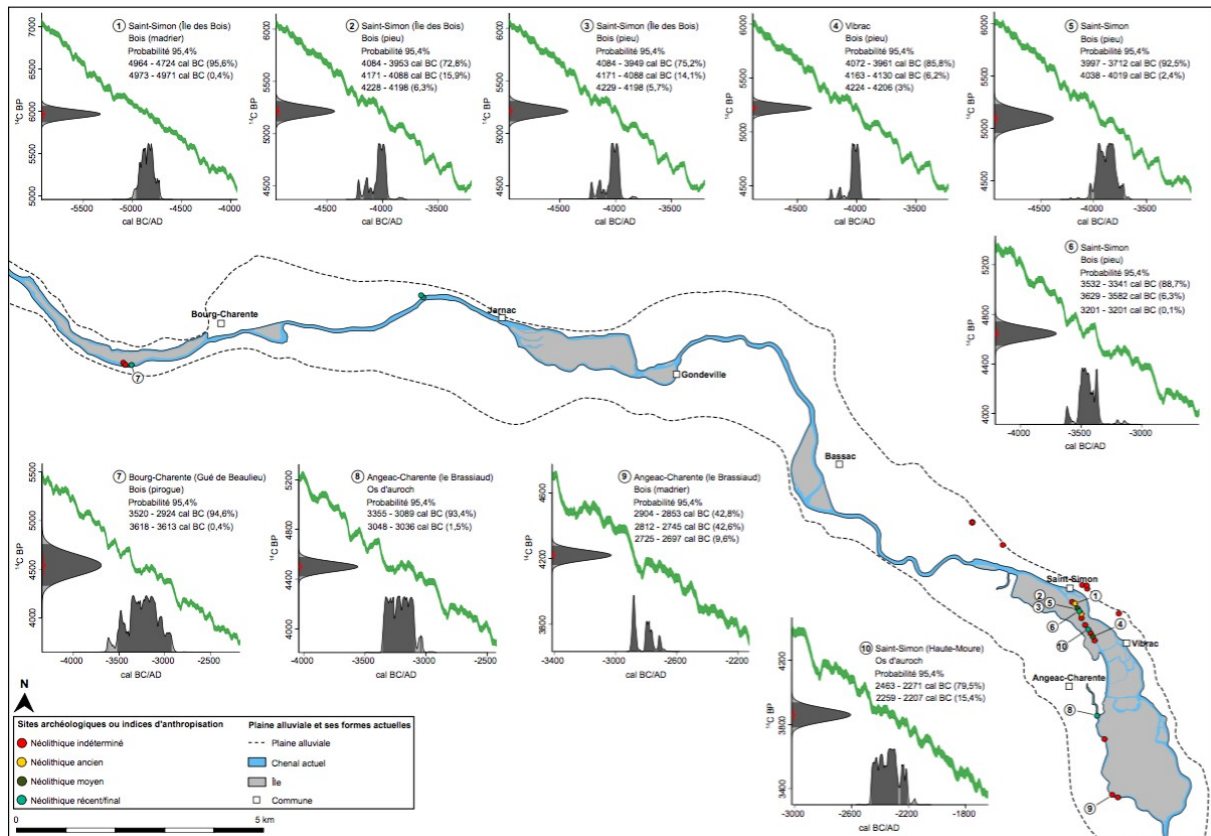


Fig. 164 – Cartographie des sites archéologiques et des indices d'anthropisation pour la période du Néolithique sur le tronçon fluvial entre Angeac-Charente et Bourg-Charente.

Les données archéologiques proviennent de la BD PATRIARCHE. Elles ont été réactualisées à l'aide de la Carte archéologique de la Gaule de Charente (Vernou, 1993) et des publications scientifiques d'archéologie fluviale (e.g., Gailledreau *et al.*, 2010 ; Gailledreau, 2019). Les datations ^{14}C présentées ont été récupérées dans Gailledreau et al. (2010). Elles ont été calibrées à 2σ à l'aide du package CLAM (Blaauw, 2010) sous le logiciel R et sont indiquées en âge BC/AD.

La découverte des enceintes néolithiques de Diconche à Saintes (Burnez et Fouéré, 1999), d'un habitat défensif à Salignac-sur-Charente (Port-du-Lys) et d'objets archéologiques à Chérac (Gomez de Soto et Joussaume, 1987) suggère une occupation de la partie aval du fleuve Charente au Néolithique ancien, moyen et final. Hors emprise de la zone d'étude, les recherches archéologiques montrent une occupation humaine très forte au voisinage du cours d'eau dans sa partie supérieure au cours du Néolithique récent (Ard, 2008) avec par exemple les enceintes fossoyées de Bellevue à Chenommet (Ard *et al.*, 2009 ; Mathé *et al.*, 2012) et de l'Échalette à Chenon (Mathé *et al.*, 2014). Plusieurs travaux archéologiques soulignent également une occupation humaine au Néolithique récent/final à proximité de l'estuaire de la Charente dans les marais de Rochefort et de Brouage en liaison avec l'exploitation du sel : sites de la Garenne à Saint-Hippolyte, du Pontet à Saint-Nazaire-sur-Charente, et de la Sau-

zaie à Soubise (Ard et Weller, 2014 ; Bruniaux *et al.*, 2016 ; Bruniaux, 2017 ; Bruniaux *et al.*, 2017).

Les connaissances archéologiques sur l'occupation de la plaine alluviale à l'Âge du Bronze sont encore très incomplètes et se concentrent principalement sur le secteur fluvial entre Bourg-Charente et Angeac-Charente (Burnez *et al.*, 2003 ; Gailledreau, 2019). Les quelques découvertes archéologiques laissent envisager une occupation structurée à l'Âge du Bronze caractérisée par la présence de structures d'habitat et funéraire. Ces vestiges signifieraient une occupation pérenne et un renforcement de l'emprise humaine sur cette partie de la plaine alluviale qui n'est plus seulement dédiée aux pratiques agricoles et halieutiques.

3.2. Une phase de simplification de l'anastomose amorcée au haut Moyen Âge

Les données géohistoriques fournissent très peu d'informations sur la dynamique de la mosaïque fluviale et ses facteurs de contrôle jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Cependant quelques documents textuels et cartographiques permettent d'envisager une deuxième phase de simplification de la mosaïque fluviale amorcée vers le haut Moyen Âge et amplifiée vers le Moyen Âge central. Cette dernière coïncide avec l'essor des moulins à eau et de leurs aménagements (Debord, 1984) et au développement des pratiques agro-pastorales.

Les formations toponymiques du début du XIX^e siècle dans le cadastre napoléonien suggèrent un rattachement progressif d'un certain nombre d'îles à la berge au droit de la section amont anastomosée du cours d'eau. C'est le cas en particulier de l'*île Magdelaine* à Si-reuil, de l'*île de Bois-Charente* et de l'*île de Grave* à Bassac ou de l'*Isle des Vaches* à Cognac. Dans l'hypothèse qu'ils datent du XI^e-XVI^e siècles au regard des travaux de Gerfaud et Poncet (2013) par exemple, les toponymes du cadastre napoléonien pourraient corroborer l'hypothèse d'une simplification de la structure fluviale essentiellement par rattachement des îles à la berge au cours de la période médiévale. Cette évolution s'expliquerait soit par la volonté de gagner des terres pour leur mise en culture soit par l'aménagement de seuils ou de digues à l'origine de la déconnexion de petits chenaux de faible énergie. Cependant, cette hypothèse nécessiterait d'être renforcée par de plus amples études diachroniques afin de mieux cerner la diversité des processus d'évolution de l'anastomose et en particulier des îles fluviales à la période médiévale, ce travail-ci se concentrant surtout sur la période récente (1700-Actuel).

3.3. Une phase de simplification de l'anastomose entre les fins du XVIII^e siècle et du XIX^e siècle : une réponse à la variabilité environnementale

Si les résultats obtenus démontrent clairement une simplification de la mosaïque fluviale entre la fin du XVIII^e siècle et l'Actuel, l'étude multi-dates et le changement d'échelles spatiales permettent de nuancer ce processus dans l'espace et dans le temps (fig. 165A). La simplification de la mosaïque fluviale semble s'accroître en particulier entre la fin du XVIII^e siècle et la fin du XIX^e siècle sous l'action des interventions liées à la navigation, à la petite hydraulique et aux usages agro-pastoraux ainsi que sous l'effet des variations du régime des crues et des étiages (fig. 165B-E).

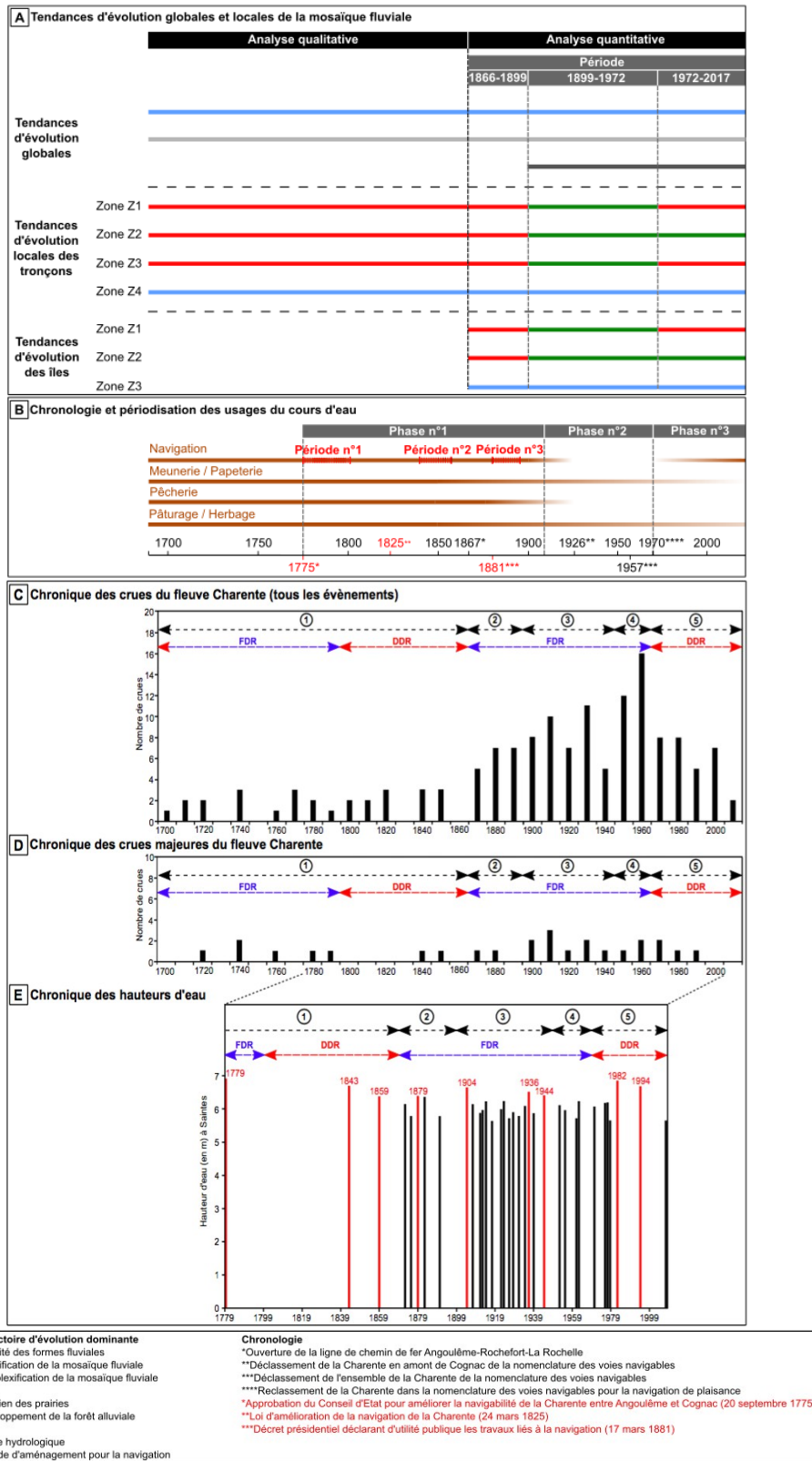


Fig. 165 – Tendances évolutives de la mosaïque fluviale du fleuve Charente sur la période récente en corrélation avec les facteurs de contrôle anthropique et hydro-climatique.

A : Tendances d'évolution globales et locales de la mosaïque fluviale ; B : Chronologie et périodisation des usages du cours d'eau ; C : Chronique des crues du fleuve Charente (tous les événements) ; D : Chronique des crues majeures du fleuve Charente ; E : Chronique des hauteurs d'eau.

Les aménagements de la fin du XVIII^e siècle ont contribué localement à la simplification de la mosaïque fluviale. L'implantation des écluses le long du linéaire pour accroître la navigabilité a été à l'origine de l'aménagement de nouvelles digues ou du prolongement d'anciennes installées en travers de chenaux ou en appui direct sur les îles afin de concentrer les flux d'eau vers le canal de navigation. Dans le premier cas, le chenal est progressivement déconnecté et colmaté, l'île qu'il délimite est alors rattachée à la berge, dans le deuxième cas, les chenaux séparant les îles sont déconnectés et les îles s'agglomèrent entre elles pour n'en former qu'une seule.

L'activité meunière a conduit parfois à un processus de simplification de la mosaïque fluviale par rattachement des îles à la berge ou par agglomération d'îles en une seule unité. L'implantation d'ouvrages en travers, i.e. seuils et digues, ont contribué à rediriger les flux d'eau de chenaux de faible énergie et de gabarit très modeste vers les chenaux en amont des moulins afin de garantir leur fonctionnement. Ces petits chenaux semblent avoir été progressivement déconnectés du chenal principal et ont été colmatés progressivement suite à la réduction des débits et à l'empiétement de la végétation. C'est le cas au niveau du site des moulins d'Angeac-Charente. L'aménagement de digues le long du chenal en amont des moulins a contribué à la déconnexion et au colmatage de petits chenaux étroits et peu profonds ce qui a contribué à l'agglomération d'îles de petite dimension en une seule unité rattachée ensuite à la berge au milieu du XIX^e siècle. Certains ouvrages hydrauliques (seuils, déversoirs, digues) sont parfois en appui direct sur les îles afin de rediriger les eaux de petits chenaux dans les bras de décharge des moulins. C'est le cas en particulier sur le site des moulins de la Baine sur la première partie du XIX^e siècle. L'ancien déversoir a été aménagé le long de trois îles ce qui a progressivement entraîné le colmatage de deux petits chenaux et l'agglomération des trois îles en une seule.

Les usages agro-pastoraux peuvent également jouer un rôle dans la simplification de l'anastomose (fig. 165B). La déconnexion de petits chenaux peut avoir été favorisée par la volonté de gagner des terres pour l'agriculture. Sur la commune de Saint-Simon, au niveau de l'île, le bras du Charenton a été colmaté par dépôts de terres et de gravats. L'île qu'il délimitait a été rattachée à l'île du Canal de Terre-Neuve.

Couplé aux actions anthropiques, le facteur hydro-climatique est envisagé dans la modification de la structure fluviale sur la deuxième partie du XIX^e siècle. Les chroniques des crues et des hauteurs d'eau suggèrent une influence des événements de crues dans la simplification de l'anastomose (fig. 165C-E). En effet, ces chroniques montrent une période d'activité hydrologique très soutenue entre 1870 et 1899 attribuée à la transition entre le PAG et le RG synonyme d'une période globalement plus chaude avec toutefois une variabilité climatique interannuelle très prononcée. Cette période se singularise par une augmentation de l'hydraulicité marquée par la succession de crues modérées caractéristiques du cours d'eau mais également de trois événements de forte intensité (i.e., crues de novembre-décembre-janvier 1872-1873, janvier-février-mars 1879 et décembre 1882) (fig. 165C-E). Par leur ampleur inédite, ces trois crues majeures pourraient expliquer la ré-organisation de l'anastomose et la disparition des unités fluviales les plus fragiles du linéaire (i.e., les îles de type 1).

4. La complexification de la mosaïque fluviale

Ainsi, si le segment anastomosé du fleuve Charente est marqué globalement par un processus de simplification de la mosaïque fluviale, le changement d'échelles spatiales (zones homogènes, tronçons fluviaux) et d'objets d'étude (les îles fluviales) montre une complexification locale de la structure fluviale à court et moyen termes sous l'effet des aménagements fluviaux pour la navigation et la petite hydraulique tant sur la section amont que sur la section aval (fig. 165A). Cette variabilité est aussi chronologique et répond au phasage selon les périodes d'hydraulicité (fig. 165C-E). Cette évolution est mise en évidence entre le milieu du XIX^e siècle et l'Actuel à des proportions différentes d'après l'étude diachronique cartographique (cf. chapitres 8 et 9). Ce type d'évolution est également envisagé sur une période beaucoup plus longue probablement amorcée dès le haut Moyen Âge avec l'essor des aménagements pour la maîtrise hydraulique du cours d'eau (Debord, 1984), mais le manque de données historiques ne permet pas d'être pour l'instant plus précis.

4.1. La complexification de la mosaïque fluviale sur la période antérieure au XX^e siècle : une conséquence des aménagements hydrauliques

L'aménagement des moulins à eau et de leurs ouvrages associés a donné lieu dans certains cas à la création de nouveaux chenaux afin de garantir leur alimentation en eau en toute saison. Ces chenaux nouvellement créés ont été maintenus dans le paysage aux moyens d'ouvrages en travers (seuils, déversoirs, digues). Ces derniers ont contribué à rediriger les flux d'eau vers ces chenaux artificiels au détriment de chenaux secondaires voire même du chenal principal ce qui a empêché l'empiétement de la végétation et leur colmatage. Ces chenaux artificiels ont été aménagés à une date inconnue, antérieure au début du XIX^e siècle probablement entre le haut Moyen Âge et le bas Moyen Âge simultanément à l'essor des moulins à eau et se distinguent des autres chenaux par leur toponymie officialisée dans les plans du cadastre napoléonien du début du XIX^e siècle. C'est le cas en particulier de chenaux situés sur les sites à moulins de Chaniers, Bassac, Vibrac ou encore Angeac-Charente indiqués ici sous le toponyme « *bras des moulins* ». Datant sans doute du XI^e-XVI^e siècles simultanément à l'aménagement des moulins, les toponymes pourraient confirmer l'hypothèse d'une création de ces chenaux artificiels durant le Moyen Âge central ou le bas Moyen Âge. Marcinkowski *et al.* (2017) ont aussi souligné dans leurs travaux le rôle significatif de la petite hydraulique dans la complexification de l'anastomose de la rivière Narew en Pologne.

La navigation a également joué un rôle essentiel dans l'évolution de l'anastomose charentaise par l'augmentation du nombre de chenaux à l'origine du détachement de fragments de plaine alluviale de dimension importante considérés comme des îles à part entière ou de la fragmentation d'îles fluviales de grande dimension en plusieurs unités. Ces nouveaux chenaux ont été créés afin d'améliorer la navigabilité du cours d'eau. Les chenaux déjà existants étaient aménagés de moulins et/ou de pêcheries ralentissant fortement le passage des gabares voire même les empêchant totalement de passer ce qui était à l'origine de nombreux conflits entre meuniers, pêcheurs et gabarriers. La toponymie du cadastre napoléonien couplée aux données textuelles et cartes historiques rend compte de cette évolution. C'est le

cas en particulier du Canal de Terre-Neuve sur la commune de Saint-Simon aménagé spécifiquement pour les besoins de la navigation à une date qui reste inconnue, antérieure à la fin du XVIII^e siècle car le canal de Juac (chenal principal) était barré par plusieurs anguillards détruits lors des grands aménagements de 1775-1807 (i.e., écluses à sas). L'aménagement de ce chenal artificiel est à l'origine du détachement d'un très large et long fragment de plaine alluviale nommé *L'île* dans le cadastre au début du XIX^e siècle. Plus récemment, les travaux d'amélioration de la navigation sur la période 1838-1845 ont contribué à la formation de nouveaux chenaux aujourd'hui naturalisés. C'est l'exemple du site de la Baine à Chaniers. Un canal de dérivation a été créé pour éviter aux gabariers de passer par le bras des moulins. Ce canal a été aménagé en travers de l'île de la Baine conduisant à sa dislocation en deux unités fluviales.

4.2. La complexification de la mosaïque fluviale au cours du XX^e siècle : une réponse à la variabilité climatique

À partir du début du XX^e siècle, la pression anthropique sur le chenal et les berges se réduit et elle ne peut plus être envisagée comme ayant un rôle central dans la modification de la mosaïque fluviale car la navigation et la petite hydraulique sont entrées dans une période de déclin dans les années 1920 puis d'abandon définitif au milieu du XX^e siècle (fig. 165A). Toutefois la réduction voire l'abandon des pratiques de gestion ont pu contribuer sur certains secteurs à la complexification de la structure fluviale en favorisant notamment l'apparition de nouvelles unités sans entretien régulier du chenal (e.g., dragages) ainsi que la reconnexion de chenaux secondaires. En parallèle, l'abandon progressif des moulins a conduit dans certains cas au démantèlement progressif des ouvrages en travers (i.e., seuils et digues) des petits chenaux secondaires. Ces derniers ont été alors reconnectés au chenal actif. Cette dynamique s'est poursuivie jusqu'à l'Actuel dans le cadre de politiques de restauration écologique et sédimentaire du cours d'eau se traduisant entre autre par l'arasement des ouvrages en travers.

Les chroniques des crues et des hauteurs d'eau tendent à démontrer le rôle essentiel des crues dans la complexification de la mosaïque fluviale (fig. 165C-E). Ces chroniques montrent une augmentation de l'hydraulicité sur la période 1950-1969 (phase 3) à mettre en liaison avec la hausse des précipitations annuelles en particulier au cours de la période hivernale. Ces deux décennies enregistrent une récurrence des événements de crues courants (24 crues) ponctuée par deux crues de forte intensité (i.e., crues de novembre-décembre-janvier 1952 et de janvier 1961). La conjonction de ces deux événements aurait conduit à une phase inédite par son ampleur de ré-organisation de l'anastomose. Cette dernière s'est traduite par la formation de nouvelles unités de petite dimension et la reconnexion de petits bras secondaires non entretenus au XIX^e siècle car non utilisés pour la navigation.

5. Conclusion

Les résultats obtenus ont démontré que la stabilité des formes fluviales de la Charente est attribuée avant tout à la faible énergie des chenaux, à la cohésion des matériaux de plaine et à la végétalisation des berges en accord avec les travaux menés sur la structure et le fonc-

tionnement de l'anastomose (e.g., Nanson et Croke, 1992 ; Makaske, 2001 ; etc.). Cette stabilité est toutefois rompue par les interventions anthropiques et les variations du régime des crues et des étiages susceptibles d'avoir accéléré la simplification de l'anastomose mais également de l'avoir maintenue dans une forme dégradée. À l'image du fleuve du Danube (e.g., Pišút, 2002 ; Hohensinner *et al.*, 2003 ; Ioana-Toroimac et Salit, 2016 ; etc.) et de la rivière Narew (Marcinkowski *et al.*, 2017), les interventions pour la navigation et la petite hydraulique ont joué un rôle essentiel dans la simplification de l'anastomose charentaise. Toutefois, cette évolution a été compensée localement par une complexification de la mosaïque fluviale sous l'effet des aménagements hydrauliques. Elle s'est produite sur une période plus ancienne, i.e. médiévale avec la maîtrise hydraulique et moderne avec l'amélioration de la navigabilité, et sur une période plus récente (XX^e siècle-Actuel) expliquée par la variabilité du régime de crues et par l'arrêt des pratiques de gestion et d'entretien du chenal de navigation.

Si le régime de crues du fleuve Charente a fait ici l'objet de travaux détaillés (cf. chapitre 5) afin d'identifier son impact dans la dynamique de la mosaïque fluviale, le rôle des étiages a quant à lui été très peu abordé dans le cas de ce travail. Pourtant, Marcinkowski et al. (2020) ont effectivement démontré l'extrême vulnérabilité de l'anastomose de la rivière Narew face au changement climatique en liaison avec la modification du régime des étiages. L'allongement des périodes d'étiages (août à octobre) est susceptible de favoriser la déconnexion des chenaux secondaires et leur évolution en bras morts suite à leur colmatage progressif ce qui pourrait accélérer la simplification de l'anastomose de la rivière Narew et à terme favoriser son extinction. Ce type d'évolution est également envisageable sur le fleuve Charente. Le cours d'eau est effectivement sujet à des étiages d'été très prononcés. Ces derniers peuvent durer dans le temps en raison de l'irrégularité des précipitations et de l'importance de l'évapotranspiration (EPTB Charente, 2019). Les évolutions climatiques qui pourraient augmenter à la fois la fréquence et l'intensité des étiages, l'augmentation des prélèvements en eau pour l'agriculture et l'artificialisation croissante des débits contribueraient à accentuer la vulnérabilité de l'anastomose charentaise face aux étiages. Ce critère devra être renforcé par des études géohistoriques, climatiques et hydrologiques afin de mieux évaluer ce risque et de contribuer à la mise en œuvre de mesures de gestion/restauration prenant en compte la spécificité de fonctionnement de l'anastomose.

CONCLUSION GÉNÉRALE

1. Rappel du contexte et des objectifs de recherche

La démarche scientifique de ce travail s'est articulée autour de trois objectifs principaux : 1) reconstituer la trajectoire d'évolution du fleuve Charente, d'Angoulême à Saintes, à l'échelle multi-séculaire et déterminer le rôle des forçages anthropiques, des héritages géomorphologiques et de la variabilité hydro-climatique à l'origine de sa trajectoire d'évolution ; 2) expliquer l'origine et le maintien de l'anastomose charentaise située sur la section amont du linéaire d'étude et 3) expliquer l'origine de la rupture du style fluvial à Cognac et la transition anastomose/méandrage. Pour répondre à ces objectifs, la démarche méthodologique s'est appuyée sur le croisement entre approche géohistorique, géomorphométrique et géomorphologique. Le volet géohistorique a contribué à identifier et à caractériser le rôle des facteurs de contrôle potentiels, aussi bien hydro-climatiques qu'anthropiques, dans l'évolution de la dynamique fluviale du cours d'eau sur la période récente (1700-Actuel). Le deuxième volet a quant à lui proposé une analyse de l'évolution de la dynamique de la mosaïque fluviale entre 1866 et l'Actuel à travers plusieurs échelles spatiales (linéaire, zone, tronçon) et objets d'étude (chenaux, îles fluviales). Enfin, le dernier volet a permis de décrire et de caractériser l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et les processus de colmatage et d'évolution des paléochenaux par le biais d'analyses sédimentaires et de datations ^{14}C à l'échelle de deux sites représentatifs ce qui a révélé des spécificités d'évolution propres à la section amont anastomosée et à la section aval à méandres.

2. Apports scientifiques et méthodologiques principaux

Ce travail contribue à la connaissance du fonctionnement des cours d'eau à faible énergie en particulier sur l'anastomose tant sur le plan de leur origine, de leur fonctionnement, de leur structure fluviale que de leur dynamique d'évolution. De manière plus spécifique, il a permis d'améliorer les connaissances hydro-géomorphologiques locales sur le fleuve Charente qui pourront enrichir les pratiques de gestion et/ou de restauration du cours d'eau et participer à l'élaboration de référentiel de gestion appliqués à ce type de cours d'eau. Enfin, ce travail visait à adapter une méthodologie de recherche aux spécificités du cours d'eau étudié attribuées à sa très faible énergie (e.g., faiblesse des sources sur les inondations en raison des caractéristiques du régime de crue, ajustements fluviaux faibles en-dessous de la marge d'erreur dans le cas de l'analyse diachronique sous SIG, etc.).

3. Synthèse des principaux résultats

3.1. Une anastomose simplifiée héritée d'un style en tresses pré-Holocène ? (section amont)

Les données géophysiques principalement et les géométries des corps sédimentaires mettent en évidence une métamorphose fluviale au niveau de la section amont au droit du site d'Angeac-Charente. Le style fluvial semble évoluer d'un modèle en tresses pré-Holocène à chenaux multiples de forte compétence, présentant un ratio largeur/profondeur élevé et à charge sablo-graveleuse abondante vers un style anastomosé à chenaux étroits et peu mobiles, transportant une charge de fond limitée à granulométrie fine (cf. fig. 142-143 p. 237-

238). Faute de matériaux disponibles pour datation, la chronologie de cette métamorphose fluviale reste conjecturale mais intervient avant l'Atlantique récent. Le rôle du climat étant déterminant, le *terminus post quem* peut être fixé au Pléniglaciaire supérieur. Par analogie avec les travaux de Vayssière (2018) sur le Cher, l'hypothèse proposée est que cet épisode pourrait se placer vers la fin du Pléniglaciaire. Les données chronologiques nécessitent d'être renforcées afin d'affiner cette interprétation et de complexifier ce modèle.

3.2. Une anastomose complexe mais montrant des traces de simplification

L'analyse des paléo-formes fluviales dans la topographie actuelle (paléochenaux) semble indiquer que l'anastomose a pu être plus développée et complexe que la structure actuelle. L'anastomose actuelle ne serait donc que relictuelle et très simplifiée au droit du site étudié et plus largement au niveau de la section amont (cf. fig. 163 p. 272). Au regard des données sédimentaires et chronologiques obtenues, cette simplification de la mosaïque fluviale pourrait s'initier au cours du Néolithique final et de l'Âge du Bronze. Cette évolution serait attribuée à l'essor des pratiques agro-pastorales et des défrichements qui pourrait avoir conduit à une augmentation de la charge solide fine et contribué au colmatage puis à la fossilisation de certains chenaux. Là également, les connaissances très lacunaires sur l'évolution des paysages à l'échelle du bassin versant de la Charente rendent ce scénario hypothétique. Toutefois, les résultats encore non publiés d'Aoustin et Carozza sur la séquence tourbeuse Chante-merle à Saint-Freigne (16) sur l'Aume-Couthure, un tributaire de la Charente, présentent des indices robustes d'anthropisation dès le Néolithique ancien (5050-4930 cal BC) puis au Néolithique moyen ancien atlantique (4330-3955 cal BC), associés à une augmentation du détritisme.

Toutefois pour être conforté et précisé, ce scénario devra pouvoir s'appuyer sur des données complémentaires afin de dater de manière massive l'abandon des paléochenaux et mieux renseigner la période entre l'Âge du Bronze et le Moyen Âge qui fait pour l'instant l'objet d'un hiatus documentaire.

3.3. Une transition d'un système fluvio-estuarien à un système fluvial vers le milieu du Subboréal (section aval)

L'identification de faciès tidaux indique que le fleuve Charente répond dans sa partie aval à une dynamique fluvio-estuarienne entre ca 7 650 et 5 770 ans cal. BP (Atlantique ancien-milieu du Subboréal) (cf. fig. 163 p. 272). Cette dynamique est documentée dans la section aval ou tout du moins au niveau du site de Chaniers/Courcoury, mais ces influences pourraient s'étendre vers l'amont jusqu'à Cognac comme cela peut être mis en évidence par la reconstitution du paléo-profil en long de la Charente (Carozza *et al.*, 2021, soumis) et était déjà supposé par Bourgueil (2005). En l'état des connaissances, il reste difficile d'établir la limite entre influence de la marée maritime et de la marée dynamique, ce point pouvant là aussi faire l'objet de travaux à venir. Les influences estuariennes s'atténuent puis disparaissent après ca 5 780 ans cal. BP. Le cours d'eau répond alors exclusivement à une dynamique fluviale. Le fleuve Charente adopte un style fluvial à méandres peu mobiles. Cette faible mobilité est attestée d'un point de vue sédimentologique par les carottages de Cha-

niers/Courcoury et archéologique par les découvertes réalisées en fond de chenal qui attestent d'une quasi stabilité des berges depuis le Néolithique ancien (pêcheur).

3.4. Des signaux climatiques discrets et peu corrélés aux RCC

Ainsi, si l'analyse des archives fluviales révèle la signature indirecte d'évènements climatiques associés à une remontée du niveau marin relatif ou directe dans l'enregistrement local (phases de tourbification associées à des stades de haut niveau de nappe), les réponses du fleuve Charente au cours des trois derniers millénaires restent encore à préciser en l'état actuel des recherches. En particulier, le rôle des évènements de type RCC (i.e., 4.2 ka BP (crise de l'Âge du Bronze), 2.7 ka BP (crise de l'Âge du Fer) ou encore 0.8 ka BP (Petit Âge Glaciaire) reste largement non identifié (cf. fig. 163 p. 272). Cette carence documentaire pourrait s'expliquer par une faible réponse du fleuve Charente à ces périodes de péjoration climatique. Cela serait attribué au fonctionnement spécifique de ce type de cours d'eau à faible énergie : faible impact de ces épisodes sur la puissance spécifique qui reste très faible, débits de crue peu morphogènes, variations peu perceptibles des vitesses de sédimentation dans la plaine alluviale ou sur les bourrelets de berges, etc.

3.5. Stabilité globale de la mosaïque fluviale entre 1866 et l'Actuel

Conformément aux travaux sur la dynamique de l'anastomose (Nanson et Croke, 1992 ; Nanson et Knighton, 1996 ; Makaske, 2001) et du méandrage (Candel, 2020), une stabilité globale des formes fluviales du fleuve Charente est observée sur la période 1866-2017 en particulier sur la section aval à méandres et probablement sur un temps long (pluricentennal à millénal) en accord avec les données archéologiques, sédimentaires et topographiques. Cette stabilité est expliquée par la très faible énergie des chenaux et la forte cohésion des sédiments de la plaine alluviale y compris des berges. Le rôle stabilisateur de la végétation de berges est également envisagé mais il devra être précisé et faire l'objet d'études biogéomorphologiques.

3.6. Simplification récente de l'anastomose charentaise

Cependant, si la stabilité des formes fluviales est attestée sur la période 1866-Actuel, le travail à plusieurs échelles nuance cette conclusion. Les résultats acquis mettent en évidence une simplification de la mosaïque fluviale rythmée selon la trajectoire d'anthropisation et la variabilité hydro-climatique du cours d'eau. Le fleuve Charente est marqué par une phase de simplification entre la fin du XVIII^e siècle et l'Actuel accentuée entre les fins des XVIII^e et XIX^e siècles. Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, la simplification de l'anastomose est mise en relation avant tout avec les grandes phases d'aménagement pour améliorer la navigabilité (1785-1807, 1838-1845, 1850-1855) et pour faciliter la maîtrise hydraulique du cours d'eau comme en témoigne la périodisation des phases d'aménagements (cf. fig. 165 p. 282). En revanche, l'augmentation de l'hydraulicité (transition PAG/RG) constatée sur les chroniques de crues et de hauteurs d'eau (période 1870-1899) couplée aux actions anthropiques (1880-1896) pourrait expliquer la ré-organisation plus globale de l'anastomose sur la période 1866-1899 (i.e., disparition des unités fluviales de petite dimension) (cf. fig. 165 p. 282). Les don-

nées et résultats obtenus montrent également une simplification de la mosaïque fluviale au cours du XX^e siècle moins prononcée et plus localisée.

3.7. Complexification localisée de la mosaïque fluviale

Un processus de complexification de la mosaïque fluviale est mis en évidence en particulier sur le XX^e siècle à l'échelle locale au niveau de la section amont. Cette évolution pourrait être corrélée avec 1) la réduction des pratiques de gestion et d'entretien du chenal de navigation suite à l'arrêt de la navigation et de la petite hydraulique et 2) l'augmentation de l'hydraulicité notamment sur la période 1950-1969 avec la récurrence des crues courantes et l'enregistrement ponctuel d'évènements majeurs (cf. fig. 165 p. 282). L'ensemble est susceptible d'expliquer la ré-organisation de l'anastomose à cette période par la formation de nouvelles îles et la reconnexion des chenaux secondaires. Ce processus de complexification se serait toutefois initié probablement dès le haut Moyen Âge mais ce scénario reste hypothétique. L'acquisition de données géohistoriques et sédimentaires supplémentaires permettra de préciser cette évolution et ses facteurs de contrôle potentiels à la période médiévale.

4. Perspectives de recherche et d'application

Au terme de ce travail, plusieurs points n'ont pu être explicités en raison du temps imparti et du manque de données disponibles, faisant de ce fait émerger de nouveaux questionnements qu'il serait nécessaire d'approfondir par des travaux ultérieurs. Ces derniers portent sur cinq axes scientifiques majeurs : 1) améliorer les connaissances sur le fonctionnement et la dynamique de l'anastomose charentaise ; 2) acquérir de nouvelles données sur la trajectoire d'anthropisation du cours d'eau ; 3) renforcer les données de terrain et préciser les incertitudes chronologiques ; 4) élargir sur de nouvelles thématiques et méthodes de recherche et 5) étendre le cadre géographique et appliquer une dimension comparative.

4.1. Améliorer la connaissance sur le fonctionnement et la dynamique de l'anastomose charentaise

La stabilité des formes fluviales du fleuve Charente a été attribuée avant tout à la faible énergie des chenaux et à la forte cohésion des matériaux de plaine. Le rôle de la végétation comme facteur de stabilité a également été avancé en accord avec les travaux de Smith (1976). Toutefois son rôle sur le maintien de l'anastomose charentaise n'a pu être confirmé en l'absence de données disponibles. Ainsi, la dynamique de la ripisylve devra être approfondie par des études biogéomorphologiques afin de mieux évaluer son impact potentiel sur la dynamique fluviale actuelle et de mieux déterminer les implications qu'elle représente en termes de gestion et de préservation sur ce type de cours à faible énergie.

Comme cela a déjà été précisé, aucune donnée quantitative sur les transports de la charge en suspension et de fond n'existe sur le segment étudié. Les seules données disponibles concernent pour l'instant la partie estuarienne hors emprise de la zone d'étude (Dabrin, 2009). Les observations de terrain faites dans ce travail indiquent l'existence d'une charge en suspension fine dominante (i.e., limons et sables fins) sur l'ensemble du linéaire et

d'une charge de fond sableuse grossière identifiée jusqu'en amont de Cognac. Cette thématique nécessiterait d'être renforcée par des travaux supplémentaires afin de caractériser la nature des sédiments des berges et du fond du lit, de quantifier le transit des matériaux en suspension et de la charge grossière et d'estimer le piégeage des sédiments par les ouvrages en travers pour établir leur impact direct sur le transit sédimentaire. Ce dernier point permettrait d'évaluer la vulnérabilité de l'anastomose à la présence de ce type d'ouvrages et de mettre en évidence les effets des multiples actions de désaménagement.

Au terme de ce travail, il semble essentiel de renforcer les connaissances sur les chenaux et leur fonctionnement hydro-sédimentaire en particulier en contexte d'étiage, cet axe n'ayant pas été traité ici car en marge des objectifs de recherche fixés préalablement. Le recours à des relevés limnimétriques et bathymétriques permettrait de mesurer les effets des étiages sur le colmatage des chenaux anastomosés et d'évaluer l'évolution et la sensibilité de l'anastomose à court et moyen termes face aux étiages d'été. Ce volet de recherche suscite un intérêt croissant en réponse à l'altération du régime des étiages (i.e., allongement des périodes d'étiages et augmentation de la fréquence et de l'intensité des étiages) et à l'augmentation accrue des prélèvements en eau dans un contexte de changement climatique. Ces nouvelles données contribueraient à la mise en œuvre le cas échéant de mesures d'entretien spécifiques.

4.2. Acquérir de nouvelles données sur la trajectoire d'anthropisation du fleuve Charente

Au regard des travaux actuels sur le facteur anthropique, les recherches menées auprès des archives et des fonds de divers organismes ont permis de bien documenter la période récente. La période plus ancienne, entre le Néolithique et le Moyen Âge, a quant à elle été surtout renseignée par les données archéologiques mais ces dernières apportent très peu d'informations sur le rôle des sociétés anciennes dans la trajectoire de la dynamique fluviale. Ces travaux géohistoriques nécessiteraient donc d'être renforcés par une collaboration avec les archéologues et historiens régionaux. Cette collaboration pourrait permettre 1) d'affiner la chronologie et la périodisation des interventions anthropiques et des changements d'occupation du sol sur la période récente (1700-Actuel) ; 2) d'approfondir les modalités d'occupation des fonds de vallée en particulier les dynamiques d'évolution de la forêt alluviale au Néolithique et à l'Âge du Bronze par la mise en œuvre d'études mixtes archéologiques, géomorphologiques et palynologiques à visée paléoenvironnementale afin de démontrer le rôle des sociétés anciennes dans la phase de simplification de la mosaïque fluviale ; 3) d'acquérir de nouvelles données géohistoriques (textes et cartes historiques) sur une temporalité plus longue puisque une phase de simplification globale de la mosaïque fluviale s'est probablement amorcée simultanément à l'équipement du cours d'eau au moins dès le haut Moyen Âge (Debord, 1984 ; Dumont et Mariotti, 2013) conformément aux travaux de Brown et al. (2018) ; 4) de préciser par ces nouvelles données géohistoriques la simplification de la mosaïque fluviale tant à l'échelle spatiale que temporelle, 5) de nuancer ce type d'évolution par la mise en évidence d'un processus de complexification de la structure fluviale à l'échelle locale dépendante à la fois des interventions anthropiques et de la dynamique hydrologique et enfin 6) d'affiner la distinction entre les secteurs à structure anastomosée et les secteurs à

chenaux multiples artificiels attribués aux aménagements hydrauliques qui remontent pour l'essentiel à la période médiévale.

4.3. Renforcer les données de terrain et préciser les incertitudes chronologiques

L'acquisition de nouvelles données de terrain et l'exploration de nouvelles approches méthodologiques permettraient de compléter les connaissances sur l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et sur les processus de remplissage des paléochenaux. Cette nouvelle stratégie de terrain proposerait entre autres 1) de réaliser des investigations supplémentaires en amont et en aval des deux sites étudiés afin de conforter les résultats obtenus et de mieux cerner la remontée de l'influence tidale dans la section aval tant au niveau spatial que temporel ; 2) de déterminer la position et la forme des paléochenaux anastomosés récents situés surtout sur la section amont par l'utilisation du géoradar, ce type de méthode ayant déjà été privilégié à la tomographie de résistivité électrique par Słowik (2011) ; 3) d'acquérir des données sédimentaires relatives à la période entre le haut Moyen Âge et la fin du XIX^e siècle correspondant au PAG car jusqu'à présent aucun signal climatique attribué à cette période de péjoration climatique n'a été détecté dans les archives sédimentaires étudiées ; 4) de préciser les faciès, la granulométrie, les processus de dépôts, l'architecture et la chronologie des formations grossières apparentées à d'anciennes bandes de tressage car seule la partie supérieure de ces formations a pu être observée et n'a pas fait l'objet d'analyse spécifique ; 5) de mieux caractériser les faciès estuariens observés sur le site de Chaniers par l'étude d'indicateurs fauniques (ostracodes, foraminifères) ; 6) d'affiner l'analyse des niveaux de remplissage des paléochenaux et des processus d'aggradation de la plaine alluviale sur la période actuelle par l'utilisation de nouveaux marqueurs chronologiques en particulier le ²¹⁰Pb et le ¹³⁷Cs et enfin 7) de réaliser un référentiel des processus et des milieux de dépôts spécifiques au fleuve Charente avec notamment l'intégration d'un protocole d'analyse granulométrique propre à la fraction supérieure à 2 mm.

4.4. Développer de nouvelles thématiques et méthodes de recherche

4.4.1. Établir un modèle de restauration le long du fleuve Charente et de ses affluents

Un premier inventaire des actions de restauration a été mené à l'échelle du fleuve Charente et de ses principaux affluents à partir d'une veille internet sur la base d'une méthodologie déjà éprouvée par Morandi et Piégay (2011) et par David et al. (2017). Ce travail a permis de mieux appréhender les objectifs et l'organisation de ce type d'actions et de mieux comprendre le modèle de restauration du fleuve Charente. Au regard des premiers résultats obtenus, il semble que les actions de restauration réalisées se basent sur les modèles déjà existants sans véritable prise en compte des caractéristiques propres à la structure et au fonctionnement d'un cours d'eau à faible énergie. Ce travail est présenté dans l'Annexe G. Toutefois il doit être renforcé par la réalisation d'une enquête auprès des gestionnaires afin de pallier aux limites intrinsèques liées à la méthode employée, de mieux comprendre le modèle de restauration en cours et de questionner l'éventuelle intégration dans les politiques de gestion et/ou de restauration des spécificités de fonctionnement liées à la faible énergie du cours d'eau et plus précisément à l'anastomose.

4.4.2. Quantifier les impacts anthropiques cumulés sur les systèmes fluviaux

Au cours de ces recherches doctorales, une étude spécifique a été menée sur l'analyse et la quantification des impacts anthropiques cumulés sur le fleuve Charente à l'échelle de la zone test de Chaniers. Les interventions anthropiques ont été appréhendées à partir d'une approche globale semi-quantitative et spatialisée inspirée des travaux d'Halpern et al. (2007), Pereira et al. (2019) et La Rivière et al. (2015). La méthode est détaillée dans l'Annexe H. Cette approche n'a jusqu'à présent pas été appliquée sur les milieux fluviaux à l'inverse des milieux côtiers, estuariens et marins (e.g., Halpern *et al.*, 2007 ; Micheli *et al.*, 2013 ; Andersen *et al.*, 2019 ; Furlan *et al.*, 2019 ; Pereira *et al.*, 2019 ; etc.), mais elle reste fortement discutée en raison des limites intrinsèques liées à la méthode employée (Ban *et al.*, 2010 ; Halpern et Fujita, 2013 ; Toro *et al.*, 2010). Les premiers résultats ont permis 1) de caractériser et d'analyser l'organisation spatiale et l'intensité de l'anthropisation sur le fleuve Charente ; 2) de proposer une hiérarchisation des interventions humaines les plus impactantes sur le système fluvial et 3) de cartographier les impacts cumulés des interventions humaines et leurs principaux effets sur le fonctionnement du cours d'eau. Ce travail de recherche au caractère exploratoire pourrait contribuer à mieux identifier l'organisation et l'intensité des impacts anthropiques sur le système fluvial, et à mieux prioriser les enjeux de restauration et le type d'action à mener sur le cours d'eau. Ce travail n'a pas été inclus au manuscrit car cette thématique est quelque peu en marge des objectifs de recherche fixés au début du projet et il nécessite d'être encore approfondi en particulier sur le plan méthodologique. Toutefois ce travail a fait l'objet d'une communication au colloque Spatial Analysis and GEOmatics Conference (SAGEO, 5-7 mai 2021, La Rochelle, <https://pod.univ-lr.-fr/sageo-2021/>).

4.5. Étendre le cadre géographique et apporter une dimension comparative

Les résultats obtenus devront s'inscrire dans un cadre spatial plus large. Cela contribuera tout d'abord à améliorer les connaissances déjà existantes sur la section aval à méandres peu mobiles du fleuve Charente de Cognac jusqu'à son embouchure en termes de morphologie du chenal et d'architecture sédimentaire de la plaine. Les données acquises seront discutées notamment à la lumière de la typologie récente des cours d'eau à faible énergie à chenal unique proposée par Candel (2020).

L'extension du cadre spatial permettra également de mesurer l'importance actuelle de l'anastomose et de quantifier sa simplification sur les derniers siècles à l'échelle du bassin versant du fleuve Charente. Ces résultats devront être insérés dans une démarche comparative afin d'intégrer le fleuve Charente en tout cas le segment anastomosé parmi le corpus d'anastomoses déjà étudiées. Cette confrontation à l'échelle européenne voire internationale permettra de distinguer si la trajectoire d'évolution de l'anastomose charentaise s'inscrit dans une tendance globale ou si au contraire elle adopte des spécificités d'évolution.

Références bibliographiques

Abbado D., Slingerland R., Smith N.D. (2005) – Origin of anastomosis in the upper Columbia River, British Columbia, Canada. In Blum M.D., Marriot S.B., Lelair S.M. (Eds.) : *Fluvial Sedimentology VII. Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 35, Blackwell Oxford, UK, 3-15.

DOI : 10.1002/9781444304350.ch1

Agence de l'Eau Adour-Garonne (2016) – *Les milieux aquatiques du bassin Adour-Garonne*, 35 p.

Alber A., Piégay H. (2011) – Spatial disaggregation and aggregation procedures for characterizing fluvial features at the network-scale: Application to the Rhône basin (France). *Geomorphology*, 125 (3), 343-360.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2010.09.009

Allen J.R.L. (1965) – A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5 (2), 89–191.

DOI : 10.1111/j.1365-3091.1965.tb01561.x

Amoros C., Petts G.E. (1993) – *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, Paris, 300 p.

Andersen J.H., Al-Hamdani Z., Thérèse Harvey E., Kallenbach E., Murray C., Stock A. (2019) – Relative impacts of multiple human stressors in estuaries and coastal waters in the North Sea-Baltic Sea transition zone. *Science of the Total Environment*, 704, 1-15.

DOI : 10.1016/j.scitotenv.2019.135316

Andrén H. (1994) – *Development of the Laitaure Delta, Swedish Lapland. A study of growth, distributary forms and processes*. Institute of Earth Sciences, Physical Geography, Uppsala University. UNGI Rapport 88, 188 p.

Antoine J.M. (2010) – *Géohistoire des catastrophes et des risques torrentiels. Une histoire de l'environnement pyrénéen*. Rapport postdoctoral, Université Toulouse Le Mirail (Toulouse II), 330 p.

Archambault M. (1995) – Propositions pour la protection des Vals de Loire contre les crues dévastatrices du fleuve. *Noréis*, 42 (166), 305-318.

Ard V. (2008) – Traditions techniques et savoir-faire céramiques au Néolithique récent dans le Centre-Ouest de la France : le cas des sites d'habitat attribués au Vienne-Charente. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 105 (2), 345-369.

DOI : 10.3406/bspf.2008.13804

Ard V., Dufraisse A., Fouéré P., Frémondeau D., Liard M., Maingaud A., Maitay C. (2009) – Enfin des traces d'habitat à l'intérieur d'une enceinte du Néolithique récent du Centre-Ouest

de la France : premiers résultats et perspectives des fouilles du site de Bellevue (Chenomet, Charente). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106 (3), 597-601.
DOI : 10.3406/bspf.2009.13883

Ard V., Weller O. (2014) – Des enceintes qui ne manquent pas de sel. Les vases de « type ChampDurand » comme témoins d’une activité spécifique aux pourtours des marais poitevin et charentais. In : actes du colloque CrabeNéo. Les Lucs-sur-Boulogne, 19-21 septembre 2012, 371-385.

Arnaud F. (2012) – Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d’un tronçon fluvial aménagé : le cas du Vieux Rhin entre Kembs et Breisach (France, Allemagne). Thèse de doctorat, Université Lumière - Lyon II, 280 p.

Arnaud-Fassetta G., Quisserne D., Antonelli C. (2003) – Downstream grain-size distribution of surficial bed material and its hydro-geomorphological significance in a large and regulated river: the Rhône River in its delta area (France) / Distribution granulométrique longitudinale des dépôts de fond superficiels et sa signification hydro-géomorphologique dans un grand fleuve chenalisé : le Rhône dans son aire deltaïque (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 9 (1), 33-49.
DOI : 10.3406/morfo.2003.1164

Astrade L. (2012) – Les îles de la Saône, témoins des relations hommes/crues/paysages. *Paysages en mouvement. Les paysages du Mâconnais et du Val de Saône de la préhistoire à nos jours*, 39-43.

Aucelli P.P.C., Fortini P., Roskopf C.M., Scorpio V., Viscosi V. (2011) – Recent channel adjustments and riparian vegetation: Some examples from Molise (Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 34 (2), 161-173.
DOI : 10.4461/GFDQ.2011.34.15

Axelsson V. (1967) – The Laitaure delta, a study of deltaic morphology and processes. *Geografiska Annaler*, 49 (1), 127 p.
DOI : 10.1080/04353676.1967.11879743

Bagnold R.A. (1960) – Sediment discharge and stream power: a preliminary announcement. *US Geological Survey Circular*, Washington 25, D.C., 421.

Bagnold R.A. (1977) – Bed load transport by natural rivers. *Water Resources Research*, 13 (2), 303-312.

Baigl J.P., Camus A., Dayrens O., Lebaron V., Letuppe J., Mathé V. (2020) – Le port antique de Saintes/Mediolanum (Charente-Maritime). *Gallia*, 77 (1), 419-431.
DOI : 10.4000/gallia.5358

Baker V.R. (1978) – Adjustment of fluvial systems to climate and source terrain in tropical and subtropical environments. In Miall A.D. (Eds) : Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, Calgary, 211–230.

Ban N.C., Alidina H.M., Ardron J.A. (2010) – Cumulative impact mapping : Advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada’s Pacific waters as a case study. *Marine Policy*, 34 (5), 876-886.

DOI : 10.1016/j.marpol.2010.01.010

Banaszuk P., Wysocka-Czubaszek A. (2005) – Phosphorus dynamics and fluxes in a lowland river: The Narew Anastomosing River System, NE Poland. *Ecological Engineering*, 25 (4), 429-441.

DOI : 10.1016/j.ecoleng.2005.06.013

Barriendos M., Rodrigo F.S. (2006) – Study of historical flood events on Spanish rivers using documentary data. *Hydrological Sciences Journal*, 51 (5), 765-783.

DOI : 10.1623/hysj.51.5.765

Baubinienė A., Satkūnas J., Taminskas J. (2015) – Formation of fluvial islands and its determining factors, case study of the River Neris, the Baltic Sea basin. *Geomorphology*, 231, 343-352.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2014.12.025

Beauchamp A., Lespez L., Rollet A.J., Germain-Vallée C., Delahaye D. (2017) – Les transformations anthropiques d’un cours d’eau à faible énergie et leurs conséquences, approche géomorphologique et géoarchéologique dans la moyenne vallée de la Seulles, Normandie. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 23 (2), 1-30.

DOI : 10.4000/geomorphologie.11702

Beauchamp A. (2018) – Impacts des aménagements hydrauliques sur les systèmes fluviaux bas-normands depuis 2000 ans. *Approches géomorphologique et géoarchéologique*. Thèse de doctorat, Université de Caen, 573 p.

Beechie T.J., Liermann M., Pollock M.M., Baker S., Davies J. (2006) – Channel pattern and river floodplain dynamics in forested mountain river systems. *Geomorphology*, 78 (1), 124–141.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2006.01.030

Berendsen H.J.A., Cohen K.M., Stouthamer E. (2007) – The use of GIS in reconstructing the Holocene palaeogeography of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. *International Journal of Geographical Information Science*, 21 (5), 589-602.

DOI : 10.1080/13658810601064918

Bernal C., Christophoul F., Darrozes J., Laraque A., Bourrel L., Soula J.C., Guyot J.L., Baby P. (2012) – Crevassing and capture by floodplain drains as a cause of partial avulsion and anastomosis (lower Rio Pastaza, Peru). *Journal of South American Earth Sciences*, 44, 63-74.
DOI : 10.1016/j.jsames.2012.11.009

Billaud Y. (2010) – Le Néolithique ancien du site subaquatique de Saint-Simon : le site de l'île des Bois, Charente. *L'Archéo thema revue d'archéologie et d'histoire*, 6, 6-7.

Billaud Y., Burnez C. (2000) – Opérations subaquatiques dans le lit de la Charente entre Cognac et Angoulême. *The Newsletter of the Wetland Archaeology Research Project*, 27, 26-27.

Blaauw M. (2010) – Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5 (5), 512-518.
DOI : 10.1016/j.quageo.2010.01.002

Black A.R., Law F.M. (2004) – Development and utilization of a national web-based chronology of hydrological events. *Hydrological Sciences Journal*, 49 (2), 237-246.
DOI : 10.1623/hysj.49.2.237.34835

Blott S.J., Pye K. (2001) – GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26 (11), 1237-1248.
DOI : 10.1002/esp.261

Boissonnade P. (1907) – Cahiers de doléances de la Sénéchaussée d'Angoulême et du Siège Royal de Cognac pour les États généraux de 1789, Hachette Livre, Paris, 563 p.

Booth P., Dodd A., Robinson M., Smith A. (2007) – The Thames Through Time. The Archaeology of the Gravel Terraces of the Upper and Middle Thames: The Early Historical Period: AD1-1000. Oxford Archaeology, Thames Valley Landscape Monograph, 27, 487 p.

Bordaries M. (2000) – La prévention du risque d'inondation en Tarn-et-Garonne. *La Houille Blanche*, 1, 30-36.
DOI : 10.1051/lhb/2000004

Boudou M. (2015) – Approche multidisciplinaire pour la caractérisation d'inondations remarquables Enseignements tirés de neuf évènements en France (1910-2010). Thèse de doctorat. Université Paul Valéry-Montpellier III, 463 p.

Boudou M., Cœur D., Lang M., Vinet F. (2015) – Grille de lecture pour la caractérisation d'évènements remarquables d'inondation : exemple d'application pour la crue de mars 1930 dans le bassin de la Garonne et du Tarn. In Berringuier P., Blot F., Desailly B., Saqualli M. (Eds): *Environnement, politiques publiques et pratiques locales*. L'Harmattan, Paris, 311-336.
DOI : 10.13140/RG.2.1.3988.0568

Bourgueil B. (2005) – Évolution de la transgression flandrienne et du littoral charentais depuis 8 500 BP. *Géologie de la France*, 75-84.

Bourquin-Mignot C., Girardclos O. (2001) – Construction d'une longue chronologie de hêtres au Pays Basque : la forêt d'Iraty et le petit âge glaciaire. *Sud-Ouest Européen*, 11, 59-71.

Boyer J.F. (1998) – Khronostat – Statistical time series analyses software. Montpellier : UMR 5569 Hydrosiences, IRD - Maison des Sciences de l'Eau.

Bravard J.P. (1983) – Les sédiments fins des plaines d'inondation dans la vallée du Haut-Rhône (approche qualitative et spatiale). *Revue de Géographie alpine*, 71 (4), 363-379.
DOI : 10.3406/rga.1983.2543

Bravard J.P., Petit F. (1997) – Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. A. Colin, Paris, 222 p.

Bravard J.P., Peiry J.L. (1999) – The CM pattern as a tool for the classification of alluvial suites and floodplains along the river continuum. In Marriott S.B., Alexander J. (Eds): *Floodplains: Interdisciplinary Approaches*. Special Publication 163, London Geological Society, 259-268.
DOI : 10.1144/GSL.SP.1999.163.01.20

Bravard J.P., Malavoi J.R. (2010) – *Éléments d'hydromorphologie fluviale appliquée*. ONEMA, 224 p.

Brázdil R., Dobrovolny P., Kakos V., Kotyza O. (2004) – Historical and recent floods in the Czech Republic: causes, seasonality, trends, impacts. In Schanze J., Zeman E., Marsalek J. (Eds): *Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures*. NATO Science Series, 67, Édité. Elsevier, Dordrecht (Pays-Bas), 247- 259.

Brázdil R., Pfister C., Wanner H., Von Storch H., Luterbacher J. (2005) – Historical climatology in Europe – the state of the art. *Climate Change*, 70 (3), 363- 430.
DOI : 10.1007/s10584-005-5924-1

Brázdil R., Kotyza K., Dobrovolný P. (2006) – July 1432 and August 2002 – two millennial floods in Bohemia? *Hydrological Sciences Journal*, 51 (5), 848-863.
DOI : 10.1623/hysj.51.5.848

Briard J., Gomez de Soto J., Milcent P.Y., Pautreau J.P. (2001) – Les recherches sur l'âge du Bronze en Poitou-Charentes, Centre, Pays de Loire, Bretagne et Basse Normandie. *Documents d'archéologie méridionale*, 24, 259-266.
DOI : 10.4000/dam.1001

Brice J.C. (1975) – Airphoto interpretation of the form and behavior of alluvial rivers. Final report to the U.S. Army Research Office, Durham, NC, Washington University, St. Louis, MO, 10 p.

Brice J.C. (1982) – Stream channel stability assessment. US Department of Transportation, Federal Highway Administration Report FHWA/RD-82/021, Washington DC, 42 p.

Brice J.C. (1984) – Planform properties of meandering rivers. In Elliott C.M. (Eds): Proceedings of the Conference – Rivers'83. American Society of Civil Engineers, Nouvelle-Orléans, 1–15.

Bridge J.S., Mackey S.D. (1993) – Revised alluvial stratigraphy model. In Marzo M., Puigdefábregas C. (Eds.) : Alluvial Sedimentation. Special Publication of the International Association of Sedimentologists 17, Blackwell, Oxford, 319–336.

Brierley G.J., Fryirs K. (2000) – River styles, a geomorphic approach to catchment characterization: implications for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, 25 (6), 661–679.

Brierley G.J., Fryirs K., Outhet D., Massey C. (2002) – Application of the river styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22 (1), 91–122.

DOI : 10.1016/S0143-6228(01)00016-9

Brierley G.J., Fryirs K.A. (2005) – *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. Blackwell, Oxford, UK, 398 p.

Brookes A. (1988) – *Channelized rivers : Perspectives for environmental management*. Wiley, Chichester, 326 p.

Brown A., Keough M. (1992) – Holocene floodplain metamorphosis in the Midlands, United Kingdom. *Geomorphology*, 4 (6), 433-445.

DOI : 10.1016/0169-555X(92)90037-O

Brown A.G., Harper D.M., Peterken G.F. (1997) – European floodplain forests: structure, functioning and management. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6 (3-4), 169-178.

DOI : 10.2307/2997730

Brown A.G., Lespez L., Sear D.A., Macaire J.J., Houben P., Klimek K., Brazier R.E., Van Oost K., Pears B. (2018) – Natural vs Anthropogenic Streams in Europe: History, Ecology and Implications for Restoration, River-Rewilding and Riverine Ecosystem Services. *Earth-Science Reviews*, 180, 185-205.

DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.02.001

Bruniaux G. (2017) – *Reconstitution paléogéographique et prospection archéologique en zone littorale par approches géophysiques multi-méthodes et multi-échelles*. Thèse de doctorat, La Rochelle Université, 365 p.

Bruniaux G., Mathé V., Lévêque F., Ard V., Camus A. (2016) – Prospections géophysiques sur le site néolithique du “Pontet” (Saint-Nazaire-sur-Charente, Charente-Maritime). Actes des Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, 2016, Bayonne, France, 179-184.

Bruniaux G., Mathé V., Lévêque F., Camus A., Ard V. (2017) – Data processing chain for high spatial resolution magnetic survey: Application on the Neolithic site of le Pontet (Charente-maritime, France). *Archaeological Prospection*, 25 (1), 3-16.

DOI : 10.1002/arp.1590

Brunier G., Anthony E.J., Goichot M., Provansal M., Dussouillez P. (2014) – Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong Delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilisation. *Geomorphology*, 224 (177), 177-191.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2014.07.009

Bry C., Hoflack P. (2004) – Le bassin versant de la Charente : une illustration des problèmes posés par la gestion quantitative de l’eau. *Courrier de l’Environnement de l’INRA*, 52, 81-96.

Buffington J.M., Montgomery D.R. (2013) – Geomorphic classification of rivers. In Shroder J., Whol E. (Eds): *Treatise on Geomorphology*, 9, Academic Press, San Diego, 730-767.

Burnez C., Fouéré P. (dir.) (1999) – Les enceintes néolithiques de Diconche à Saintes (Charente-Maritime). Une périodisation de l’Artenac. SPF et Chauvigny : Association des publications chauvinoises (Mémoire 15), Paris, 2 vol., 829 p.

Burnez C., Gailledreau J.P., Gomez de Soto J. et coll. (2003) – Nouvelles trouvailles subaquatiques néolithiques et protohistoriques dans la Charente à Saint-Simon et à Vibrac (Charente). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100 (3), 575-587.

Candel J. H.J., Makaske B., Storms J., Wallinga J. (2017) – Oblique aggradation: a novel explanation for sinuosity of low-energy streams in peat-filled valley systems. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42 (15), 2679-2696.

DOI:10.1002/esp.4100

Candel J. H.J., Kleinhans M. G., Makaske B., Hoek W. Z., Quik C., Wallinga J. (2018) – Late holocene channel pattern change from laterally stable to meandering - A palaeohydrological reconstruction. *Earth Surface Dynamics*, 6 (3), 723 – 741.

DOI : 10.5194/esurf-6-723-2018

Candel J. H.J. (2020) – Channel pattern formation of low-energy rivers. Thèse de doctorat, Université de Wageningen, 264 p.

Carozza J.M., Duquesne A., Vayssière A. (2021, soumis) – La quantification de l’anastomose du fleuve Charente (Sud-Ouest, France) : Apport à la connaissance des processus géomor-

phologiques et des facteurs de contrôle. . Géomorphologie : relief, processus, environnement.

Casin P., Stachowiak C., Marque F. (2011) – L'analyse en composantes principales de variables non stationnaires. *Mathématiques et sciences humaines*, 196 (4), 27-40.
DOI : 10.4000/msh.12117

Catalon E. (2015) – Vers une recomposition des rapports entre sociétés et rivières : l'hydromorphologie des cours d'eau. Processus, représentations et enjeux de gestion environnementale sur la Dordogne moyenne. Thèse de doctorat, Université Paris Ouest (Nanterre La Défense), 448 p.

Champion M. (1859) – Les inondations en France depuis le VI^e siècle jusqu'à nos jours. Dalmont et Dunod, Paris.

Chapelot J. (2005) – Le pont et la chaussée de Taillebourg (Charente-maritime) : l'histoire complexe d'un grand aménagement médiéval. In Gallicé A. et Serna V. (Eds) : Actes du colloque La rivière aménagée entre héritages et modernité. Formes, techniques et mise en œuvre, Orléans, 15-16 octobre 2004, *Æstuarina*, 151-205.

Chapelot J., Rieth E. (1995) – Navigation et milieu fluvial au XI^e siècle. L'épave d'Orlac (Charente-Maritime). *Documents d'archéologie française*, 48, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 165 p.

Chapelot J., Rieth E. (2004) – Navigation et ports fluviaux dans la moyenne Charente, de l'Antiquité tardive au XI^e siècle d'après l'archéologie et les textes. In Ports maritimes et ports fluviaux au Moyen Age, actes du XXXV^e congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public, La Rochelle, 4-6 juin 2004, Publications de la Sorbonne, Paris, 2005, 195-215.

Chapelot J., Rieth E. (2007) – L'archéologie des fleuves et des rivières, une thématique de recherche originale : l'exemple du fleuve Charente. Quatrième congrès international d'archéologie médiévale et moderne, Paris, 3-8 septembre 2007, 1-20.

Charrad M., Ghazzali N., Boiteau V., Niknafs A. (2014) – NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. *Journal of Statistical Software*, 61 (6), 1-36.
DOI : 10.18637/jss.v061.i06

Chorley R.J. (1962) – Geomorphology and General Systems Theory. U.S. Geological Survey Professional Paper 500-B, 10 p.

Church M. (1992) – Channel morphology and typology. In Carlow P., Petts G.E. (Eds.): *The Rivers Handbook*. Blackwell, Oxford, UK, 126–143.

Church M. (2006) – Bed material transport and the morphology of alluvial rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34 (1), 325–354.
DOI : 10.1146/annurev.earth.33.092203.122721

Cœur D. (2003) – La plaine de Grenoble face aux inondations. Genèse d'une politique publique du XVIIe au XXe siècle. Thèse de doctorat, Université de Grenoble (publiée aux éditions Quae), 324 p.

Cœur D., Lang M. (2000) – L'information historique des inondations : l'histoire ne donne-t-elle que des leçons ? *La Houille Blanche*, 86 (2), 79-84.
DOI : 10.1051/lhb/2000020

Cœur D., Lang M. (2008) – Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning. *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 644-650.
DOI : 10.1016/j.crte.2008.03.001

Comiti F., Da Canal M., Surian N., Mao L., Lenzi M.A. (2011) – Channel adjustments and vegetation cover dynamics in a large gravel bed river over the last 200 years. *Geomorphology*, 125 (1), 147-159.
DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.09.011

Comiti F. (2012) – How natural are Alpine mountain rivers? Evidence from the Italian Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37 (7), 693-707.
DOI : 10.1002/esp.2267

Corbonnois J., Bonnefond M., Chardon V., Rodrigues S., Jugé P., Cali J., Verdun J., Simonetto E., Tchekpo W., Labergerie E., Faucheux G. (2016) – Détermination des conditions de la dynamique fluviale d'une rivière aménagée de basse énergie, à partir de secteurs du Loir (Bassin de la Loire aval). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 22 (4), 345-361.
DOI : 10.1016/j.jhydrol.2018.06.019

Dabrin A. (2009) – Mécanismes de transfert des éléments traces métalliques (ETM) et réactivité estuarienne – Cas des systèmes Gironde, Charente, Seudre et Baie de Marennes Oléron. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 3, 387 p.

Dacharry M. (1996) – Les grandes crues historiques de la Loire. *La Houille Blanche*, 6-7, 47-53.
DOI : 10.1051/lhb/1996067

Dandurand G. (2011) – Cavités et remplissages de la nappe karstique de Charente (bassin de la Touvre, La Rochefoucauld). Spéléogénèse par fantômisation, archives pléistocène et holocène, rôle de l'effet de site. Thèse de doctorat, Université Michel de Montaigne – Bordeaux III, 323 p.

David M. (2016) – Dynamique fluviale de la Garonne à l’anthropocène : trajectoire d’évolution du tronçon fluvial compris entre les confluences de l’Ariège et du Tarn (Garonne toulousaine, 90 km). Thèse de doctorat. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 285 p.

David M., Labenne A., Carozza J.M., Valette P. (2016) – Evolutionary trajectory of channel planforms in the middle Garonne River (Toulouse SW France) over a 130-year period: Contribution of mixed multiple factor analysis (MFAMix). *Geomorphology*, 258, 21-39. DOI : 10.1016/j.geomorph.2016.01.012

David M., Valette P., Carozza J.M., Cottet M. (2017) – La restauration des services écosystémiques le long de la Garonne toulousaine : premier état des lieux. *Sud-Ouest Européen*, Presses Universitaires du Mirail – CNRS, 139-153. DOI : 10.4000/soe.3637

Dean W.E. Jr. (1974) – Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44 (1), 242–248. DOI : 10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D

Debord A. (1984) *La société laïque dans les pays de la Charente, X^e-XII^e siècles*. Picard, Paris, 590 p.

Deconinck A. (2019) – Récit de prospections en aval de Saintes, Arcades, Hors-Série, 22-25.

De Haas T. (2010) – Network dynamics and origin of anastomosis, upper Columbia River, British Columbia, Canada. MSc Thesis, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht.

Delaistre G. (1801) – *Statistique du département de la Charente*. Imprimerie des Sourds-Muets, Paris, 42 p.

Dépret T. (2014) – Fonctionnement morphodynamique actuel et historique des méandres du Cher. Thèse de doctorat, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 514 p.

Dépret T., Gautier E., Hooke J., Grancher D., Virmoux C. (2015) – Hydrological controls on the morphogenesis of low-energy meanders (Cher River, France). *Journal of Hydrology*, 531 (3), 887-891. DOI : 10.1016/j.jhydrol.2015.10.035

Dépret T., Gautier E., Hooke J., Grancher D., Virmoux C., Brunstein D. (2017) – Causes of planform stability of a low-energy-meandering gravel-bed river (Cher River, France). *Geomorphology*, 285, 58-81. DOI : 10.1016/j.geomorph.2017.01.035

Desloges J.R., Church M.A. (1989) – Wandering gravel-bed rivers. *The Canadian Geographer*, 33 (4), 360–364.

DOI : 10.1111/j.1541-0064.1989.tb00922.x

Dietze E., Hartmann K., Diekmann B., Ijmker J., Lehmkuhl F., Opitz S., Stauch G., Wünnemann B., Borchers A. (2012) – An end-member algorithm for deciphering modern detrital processes from lake sediments of Lake Donggi Cona, NE Tibetan Plateau, China. *Sedimentary Geology*, 243-244, 169-180.

DOI : 10.1016/j.sedgeo.2011.09.014

Dietze E., Wünnemann, B., Hartmann K., Diekmann B., Jin H., Stauch G., Yang S., Lehmkuhl F. (2013) – Early to mid-Holocene lake high-stand sediments at Lake Donggi Cona, northeastern Tibetan Plateau, China. *Quaternary Research*, 79 (3), 325-336.

DOI : 10.1016/j.yqres.2012.12.008

Dietze E., Maussion F., Ahlborn M., Diekmann B., Hartmann K., Henkel K., Kasper T., Locket G., Opitz S., Haberzettl T. (2014) – Sediment transport processes across the Tibetan Plateau inferred from robust grain-size end members in lake sediments. *Climate of the Past*, 10 (1), 91-106.

DOI : 10.5194/cp-10-91-2014, 2014.

Dietze E., Dietze M. (2019) – Grain-size distribution unmixing using the R package EMMAgeo. *E&G Quaternary Science Journal*, 68 (1), 29-46.

DOI : 10.5194/egqsj-68-29-2019, 2019.

Dournel S. (2016) – La vulnérabilité d'un territoire, un héritage complexe à révéler : démonstration à travers l'étude géohistorique du risque d'inondation en Val d'Orléans (France). *VertigO*, 16 (3), 1-42.

DOI : 10.4000/vertigo.18040

DREAL Poitou-Charentes (2014) – Rapport de présentation de la cartographie du risque d'inondation de la Charente sur le secteur de Saintes-Cognac-Angoulême. Édité. DREAL Midi-Pyrénées-bassin Adour-Garonne, Toulouse, 96 p.

Dumont A., Mariotti J.F. (dir.), (2013) – Archéologie et histoire du fleuve Charente : Taillebourg – Port d'Envaux : une zone portuaire du haut Moyen Âge sur le fleuve Charente. Éditions universitaires de Dijon, Dijon, 316 p.

Dupont N. (2012) – Quand les cours d'eau débordent. Les inondations dans le bassin de la Vilaine du XVIII^e siècle à nos jours. Presses Universitaires de Rennes, collection "Espace et Territoire", 267 p.

Duquesne A., Carozza J.M. (2019) – Écrire la géohistoire d'un fleuve à faible énergie : les crues de la Charente entre Angoulême et Saintes. *Physio-Géo – Géographie Physique et Environnement*, 14, 57-86.

DOI : 10.4000/physio-geo.8942

Duquesne A., Plumejeaud-Perreau C., Carozza J.M. (2020) – Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à très faible énergie : le cas de la Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 26 (2), 1-33.

Duquesne A., Plumejeaud-Perreau C., Carozza J.M. (2021, sous presse) – Trajectoire d'évolution des îles fluviales d'un cours d'eau anastomosé à faible énergie : l'exemple de la Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France). Presses Universitaires du Midi.

Durand P. (2000) – Approche méthodologique pour l'analyse des littoraux sableux par photo-interprétation. Exemple des plages situées entre l'Aude et l'Hérault (Languedoc, France). *Photo-Interprétation*, 38 (1-2), 3-18.

EAUCÉA (2015) – Étude des débits morphogènes sur la rivière Dordogne. Rapport pour EPI-DOR EPTB Dordogne, 118 p.

Elleder L. (2015) – Historical changes in frequency of extreme floods in Prague. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19 (10), 4307-4315.
DOI : 10.5194/hessd-12-1633-2015

Enjalbert H. (1947) – Le Karst de la Rochefoucauld (Charente). *Annales de géographie*, 56, 302, 104-124.
DOI : 10.3406/geo.1947.12361

Enjalbert H. (1952) – La vallée moyenne de la Charente. Esquisse morphologique. *Annales de géographie*, 61, 323, 16-33.
DOI : 10.3406/geo.1952.13340

EPIDOR EPTB Dordogne (2014) – Programme d'actions de prévention des inondations du bassin de la Dordogne. Diagnostic du territoire. Période 2015-2019. Établissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 213 p.

EPTB Charente (2003) – Synthèse de l'étude. Étude des potentialités piscicoles des bassins de la Charente et de la Seudre pour les poissons migrateurs. Établissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 44 p.

EPTB Charente (2012) – SAGE Charente – Etat initial. Etablissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 47 p.

EPTB Charente (2016a) – Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI) 2016-2021. Etablissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 123 p.

EPTB Charente (2016b) - Stratégie du SAGE Charente, Etablissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 30 p.

EPTB Charente (2019) – Rapport de suivi du PGE Charente : bilan de l'étiage 2019. Etablissement Public Territorial de Bassin Charente, Angoulême, 67 p.

EPTB Vilaine (2016) – Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation du bassin de la Vilaine. Rapport de présentation. Établissement Public Territorial de Bassin Vilaine, Rennes, 31 p.

Erskine W., Warner R.F. (1988) – Geomorphic Effects of Alternating Flood- and Drought-Dominated Regimes on NSW Coastal Rivers. In Warner R.F. (Eds): *Fluvial Geomorphology of Australia*. Academic Press, 223-244

Eschbach D. (2017) – Trajectoire temporelle et monitoring hydro-morphologique d'une anastomose rhénane restaurée : le Bauerngrundwasser dans l'île du Rohrschollen (Strasbourg, France). Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 235 p.

Everitt B. (1993) – Channel responses to declining flow on the Rio Grande between Ft. Quitman and Presidio, Texas. *Geomorphology*, 6 (3), 225-242.
DOI : 10.1016/0169-555X(93)90048-7

Fagan S.D. (2001) – Channel and floodplain characteristics of Cooper Creek, Central Australia, Thesis, School of Geosciences, University of Wollongong, 302 p.

Faure A., Maisonable A. (2012) – Bort-les-Orgues, les mots sous le lac. Récits et témoignages d'avant le barrage, Privat, Toulouse, 95 p.

Faye B., Grelet Y. (1991) – Profils sanitaires en élevage bovin laitier : mise en relation avec une typologie d'exploitation. *Etudes et recherche sur les systèmes agraires et le développement*, 21, 13-47.

Faye I.B. Nd., Hénaff A., Gourmelon F., Diaw A.T. (2008) – Évolution du trait de côte à Nouakchott (Mauritanie) de 1954 à 2005 par photo-interprétation. *Noroi – Environnement, aménagement, société*, 208 (3), 11-27.
DOI : 10.4000/noroi.2146

Ferguson R.I. (1981) – Channel form and channel changes. In Lewin J. (Eds.): *British Rivers*, Allan & Unwin, Boston, 90-125.

Ferguson R.I. (1987) – Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern. In Richards K.S. (Eds.): *River Channels: Environment and Process*. Blackwell, Oxford, UK, 129–158.

Ferguson R.J., Brierley G.J. (1999) – Downstream changes in valley confinement as a control on floodplain morphology, lower Tuross River, New South Wales, Australia – a constructivist approach to floodplain analysis. In Miller A.J., Gupta A. (Eds): *Varieties of Fluvial Form*, John Wiley, Chichester, UK, 377-408.

Fischer J. (1930) – Maurice Pardé. – La crue catastrophique de mars 1930 dans le Sud-Ouest de la France. *Géocarrefour*, 6 (3), 344-346.

Forzi L. (2021) – Cartographie des paléochenaux de la Charente anastomosée entre Bignac et Montignac-Charente. Mémoire Master 1, La Rochelle Université, 66 p.

Fraudin C. (2021) – Contexte paléoenvironnemental des architectures monumentales du Néolithique de la façade atlantique (milieu du V^e millénaire - fin du III^e millénaire av. JC) : état des connaissances et apports des données nouvelles. Mémoire de Master 2, La Rochelle Université, 108 p.

Furlan E., Torresan S., Critto A., Lovato T., Solidoro C., Lazzari P., Marcomini A. (2019) –Cumulative Impact Index for the Adriatic Sea : Accounting for interactions among climate and anthropogenic pressures. *Science of the Total Environment*, 670, 379- 397.
DOI : 10.1016/j.scitotenv.2019.03.021

Gaillard F. (2018) – Au fil de la Charente, sur la route du papier. *Arcades*, Numéro spécial, 64-65.

Gaillardreau J.P. (2019) – Les principaux témoignages du Néolithique dans le fleuve Charente. *Arcades*, Hors-Série, 18-21.

Gaillardreau J.P., Soler L., Gomez de Soto J. (2010) – Prospections subaquatiques dans le fleuve Charente : témoignages du Néolithique et découverte d'un tesson du Néolithique ancien. 9^{ème} Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, *Actualité de la recherche en Poitou-Charentes*, 171-175.

Galay V.J., Kellerhals R., Bray D.I. (1973) – Diversity of river types in Canada. In *Fluvial Processes and Sedimentation, Proceedings of Hydrology Symposium No 9*, Edmonton, Alberta. National Research Council of Canada, 216-250.

Galay V.J., Tutt D.B., Kellerhals R. (1984) – The meandering distributary channels of the upper Columbia River. In Elliot C. M. (Eds): *River Meandering: Proceedings of the conference Rivers'83*, New Orleans, Louisiana, October 24- 26, 1983. New York: American Society of Civil Engineers, 113-125.

Gallais J. (1967) – Le Delta intérieur du Niger et ses bordures ; étude morphologique. *Mémoires et documents, nouvelle série 3*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

Gao C., Wang S. (2019) – Evolution of the gravel-bedded anastomosing river within the Qiha-ma reach of the First Great Bend of the Yellow River. *Journal of Geographical Sciences*, 29 (2), 306-320.
DOI : 10.1007/s11442-019-1598-x

Garnier E. (2008) – Histoire d'eau, histoire du climat. Matériaux et méthodes d'une histoire du climat en milieu fluvial, XVI^e-XIX^e siècles. Actes des Séminaires du CRESAT, 5, 19-26.

Gautier E., Costard F. (2000) – Les systèmes fluviaux à chenaux anastomosés en milieu périglaciaire : la Léna et ses principaux affluents (Sibérie centrale). Géographie Physique et Quaternaire, 54 (3), 327-342.

DOI : 10.7202/005647ar

Gautier E., Grivel S. (2006) – Multi-scale analysis of island formation and development in the Middle Loire River, France », In Rowan J. S., Duck R. W., Werrity A. (Eds) : Sediment dynamics and the hydromorphology of fluvial systems, International Association of Hydrological Sciences, 306, 179-187.

Gautier E., Grivel S., Garcia C., Dépret T., Virmoux C., Brunstein D. (2016) – Analyse comparée de la dynamique des îles fluviales de trois grands cours d'eau – Léna, Napo et Loire. Bulletin de la Société de Géographie de Liège, 67, 125-141.

DOI : 10.25518/0770-7576.4387

Gazelle F. (1984) – La crue de décembre 1981 dans le bassin de la Garonne. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 55 (1), 5-28.

DOI : 10.3406/rgpso.1984.4602

Gerfaud J.P., Poncet N. (2013) – L'inventaire des microtoponymes : enjeux théoriques et méthodologiques. Géolinguistique, 14, 7-20.

DOI : 10.4000/geolinguistique.765

Giret A. (2002) – L'hydrologie de la Charente entre nature et anthropisation (1960-1994), Sciences et changements planétaires, Sécheresses, 13, 2, 105-112.

Giret A. (2004) – Anthropisation de l'écoulement en Poitou-Charentes, Norois, 193, 61-76.

DOI : 10.4000/noroi.745

Giret A. (2016) – Ruissellement et écoulement des eaux sur les bassins versants français. Éditions L'Harmattan, Paris, 206 p.

Golovlyov P., Kornilova E., Krylenko I., Belikov V., Zavadskii A., Fingert E., Borisova N., Morozova E. (2019) – Numerical modeling and forecast of channel changes on the river Lena near city Yakutsk. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 381, 65-71.

DOI : 10.5194/piahs-381-65-2019

Gomez de Soto J. (1982) – Une pirogue monoxyle néolithique dans le lit de la Charente. Bulletin de la Société préhistorique française, 79 (2), 61-64.

Gomez de Soto J., Joussaume R. (1987) – Poterie du Néolithique ancien de Chérac en Charente-Maritime. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 84 (3), 68-69

Gradziński R., Baryła J., Doktor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S. (2003) – Vegetation-controlled modern anastomosing system of the upper Narew River (NE Poland) and its sediments. *Sedimentary Geology*, 157 (3), 253-276.
DOI : 10.1016/S0037-0738(02)00236-1.

Gregory K. (1987) – The power of nature-energetics in physical geography. In Gregory K. (Éds.), *Energetics of physical environment: Energetic Approaches to Physical Geography*, Wiley and Sons, Chichester, 1-31.

Grelie J. (1933) – La Charente, étude de fleuve. *Annales de Géographie*, 42 (235), 44-60.
DOI : 10.3406/geo.1933.10622

Grivel S. (2008) – La Loire des îles, du Bec d'Allier à Gien : rythmes d'évolution et enjeux de gestion. Thèse de doctorat, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 519 p.

Grivel S., Gautier E. (2012) – Mise en place des îles fluviales en Loire moyenne, du 19^e siècle à aujourd'hui. *Cybergéo : European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, 1-22.
DOI : 10.4000/cybergeo.25451

Grousset F. (2015) – Du climat du passé au climat du futur. In Le Treut H. (dir.): *Les impacts du changement climatique en Aquitaine, Dynamiques Environnementales*. Presses Universitaires de Bordeaux, chapitre 2, 41-58.

Grove J.M. (1988) – *The Little Ice Age*. Édit. Methuen, Londres (Grande-Bretagne), 520 p.

Gurnell A., Petts G.E. (2002) – Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, an European perspective. *Freshwater Biology*, 47 (4), 581-600.
DOI : 10.1046/j.1365-2427.2002.00923.x

Gurnell A.M., Bussettini M., Camenen B., González Del Tánago M., Grabowski R.C., Hendriks D., Henshaw A., Latapie A., Rinaldi M., Surian N. (2014) – A hierarchical multi-scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms. Deliverable 2.1, Part 1, of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656.

Hack J.T. (1960) – Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. *American Journal of Science*, 258, 80-97.

Halpern B.S., Selkoe K.A., Micheli F., Kappel C.V. (2007) – Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conservation Biology*, 21 (5), 1301-1315.

DOI : 10.1111/j.1523-1739.2007.00752.x

Halpern B.S., Fujita R. (2013) – Assumptions, challenges and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere*, 4 (10), 1-11.

DOI : 10.1890/ES13-00181.1

Harwood K., Brown A.G. (1993) – Fluvial processes in a forested anastomosing river: flood partitioning and changing flow patterns. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18 (8), 741–748.

DOI : 10.1002/esp.3290180808

Hassan A., Martin T.C., Mosselman E. (1999) – Island topography mapping for the Brahmaputra-Jamuna River using remote sensing and GIS. Geological Society, London, Special Publications, 163, 153-161.

DOI : 10.1144/GSL.SP.1999.163.01.13

Heiri O., Lotter A., Lemcke G. (2001) – Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediments: Reproducibility and Comparability of Results. *Journal of Paleolimnology*, 25 (1), 101-110.

DOI : 10.1023/A:1008119611481

Hohensinner S., Jungwirth M., Habersack H. (2003) – Historical analysis as a reference for restoration of the Danube floodplain system in the Austrian Machland. Conference: Ecoflood Conference "Towards natural flood reduction strategies", Warsaw, 6-13 September 2003.

Hohensinner S., Habersack H., Jungwirth M., Zauner G. (2004) – Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river–floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812–1991). *River Research and Applications*, 20 (1), 25-41.

DOI : 10.1002/rra.719

Houbrechts G., Hallot E., Levecq Y., Denis A.-C., Van Campenhout J., Peeters A., Petit F. (2013) – Images CM de Passé de la région ardennaise. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 61, 37-68.

Huang H.Q., Nanson G.C. (1997) – Vegetation and channel variation; a case study of four small streams in southeastern Australia. *Geomorphology*, 18 (3-4), 237–249.

DOI : 10.1016/S0169-555X(96)00028-1

Huang H.Q., Nanson G.C. (2007) – Why some rivers develop an anabranching pattern. *Water Resources Research*, 43 (7), 1-12.

DOI:10.1029/2006WR005223

Hubert P., Carbonnel J.P. (1987) – Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 95 (1), 165-183.
DOI : 10.1016/0022-1694(87)90123-5

Hudson P.F., Van der Hout E., Verdaasdonk M. (2018) – (Re)Development of fluvial islands along the lower Mississippi River over five decades, 1965-2015. *Geomorphology*, 331, 78-91.
DOI : 10.1016/j.geomorph.2018.11.005

Ioana-Toroimac G., Salit F. (2016) – La restauration hydromorphologique d'un hydrosystème social. Étude de cas du Danube en Roumanie. *Cinq Continents*, 6 (14), 219-234.

IRD (1998) – KhronoStat version 1.0. Logiciel, IRD, Montpellier.
URL : <http://www.hydrosociences.org/spip.php?article239>.

Johnsen S., Clausen H., Dansgaard W., Fuhrer K., Gundestrup N., Hammer C., Iversen P., Jouzel J., Stauffer B., Steffensen J. (1992) – Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature*, 359, 311-313.

Joshi S., Jun X.Y. (2017) – Recent changes in channel morphology of a highly engineered alluvial river – the Lower Mississippi River. *Physical Geography*, 39 (2), 140-165.
DOI : 10.1080/02723646.2017.1340027

Jouannet G. (1992) – Charente, Fleuve et Symbole. Le Croit Vif, Paris, 270 p.

Jugie M. (2018) – Trajectoire hydrogéomorphologique d'un petit cours d'eau périurbain francilien : aménagement, « désaménagement » ?. Thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne – Paris I, 466 p.

Kaufman L., Rousseeuw P.J. (1987) – Clustering by means of medoids. In: Dodge Y (ed) *Statistical Data Analysis Based on the L1 Norm and Related Methods*, 405–416.

Kaufman L., Rousseeuw P.J. (1990) – *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. John Wiley & Sons, 342 p.
DOI : 10.1002/9780470316801

Keesstra S.D., Van Huissteden J., Vandenberghe J., Van Dam O., De Gier J., Pleizier I. D. (2005) – Evolution of the morphology of the river Dragonja (SW Slovenia) due to land-use changes. *Geomorphology*, 69, 1, 191-207.
DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.01.004

Kellerhals R., Neill C.R., Bray D.I. (1972) – Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta. Edmonton: Research Council of Alberta, River Engineering and Surface Hydrology Report 72-1, 52 p.

Kellerhals R., Church M., Bray D.I. (1976) – Classification and analysis of river processes. *Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers*, 102 (7), 813–829.

Khodri M., Swingedouw D., Mignot J., Sicre M.A., Garnier E., Masson-Delmotte V., Ribes A., Terray L. (2015) – Le climat du dernier millénaire. *La Météorologie*, 88, 36-47.

Killick R., Eckley I.A. (2014) – Changepoint: An R Package for Changepoint Analysis. *Journal of Statistical Software*, 58 (3), 1-19.

DOI : 10.18637/jss.v058.i03

King W.A., Martini I.P. (1984) – Morphology and recent sediments of the lower anastomosing reaches of the Attawapiskat River, James Bay, Ontario, Canada. *Sedimentary Geology*, 37 (4), 295-320.

DOI : 10.1016/0037-0738(84)90019-8

Kiss T., Blanka V. (2012) – River channel response to climate-and human-induced hydrological changes: Case study on the meandering Hernád River, Hungary. *Geomorphology*, 175-176, 115-125.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2012.07.003

Kleinhans M.G., Van den Berg J.H. (2011) – River channel and bar patterns explained and predicted by an empirical and a physics-based method. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (6), 721-738.

DOI : 10.1002/esp.2090

Kleinhans M.G., De Haas T., Lavooi E. , Makaske B. (2012) – Evaluating competing hypotheses for the origin and dynamics of river anastomosis. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37 (12), 1337-1351.

DOI : 10.1002/esp.3282

Knighton A.D. (1984) – *Fluvial Forms and Processes*. Edward Arnold, Londres, 218 p.

Knighton A.D., Nanson G.C. (1993) – Anastomosis and the continuum of channel pattern. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18 (7), 613-625.

DOI : 10.1002/esp.3290180705

Knighton A.D., Nanson G.C. (1994) – Waterholes and their significance in the anastomosing channel system of Cooper Creek, Australia. *Geomorphology*, 9 (4), 311-324.

DOI : 10.1016/0169-555X(94)90052-3

Knighton A.D., Nanson G.C. (2002) – Inbank and overbank velocity conditions an arid zone anastomosing river. *Hydrological Processes*, 16 (9), 1771-1791.

DOI : 10.1002/hyp.1076

Kondolf G.M. (1995) – Geomorphological stream channel classification in aquatic habitat restoration: uses and limitations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5, 127-141.

Kondolf G.M., Larson M. (1995) – Historical channel analysis and its application to riparian and aquatic habitat restoration. *Aquatic Conservation*, 5 (2), 109-126.

DOI : 10.1002/aqc.3270050204

Kondolf G.M., Montgomery D.R., Piègay H., Schmitt L. (2005) – Geomorphic classification of rivers and streams. In Kondolf G.M., Piègay H. (Eds): *Tools in fluvial geomorphology*. John Wiley & Sons, 169-202.

DOI : 10.1002/9781118648551.ch7

Lamb H.H. (1982) – *Climate, history and the modern world*. Methuen, Londres (Grande-Bretagne), 387 p.

Lambert R., Vigneau J.P. (1981) – Les inondations catastrophiques de juillet 1977 en Gascogne. Étude géographique d'une situation. Problèmes de prévision et de prévention. *Annales de Géographie*, 497, 1-54.

DOI : 10.3406/geo.1981.20002

Lambert R., Gazelle F., Gholami M., Prunet C. (2001) – La cartographie informative des zones inondables. L'exemple de Midi-Pyrénées. In Lemartinel B. (Eds): *Au chevet d'une catastrophe : les inondations des 12 et 13 novembre 1999 dans le Sud de la France, actes du colloque "Médi-Terra" (Perpignan, 2000)*. Presses Universitaires de Perpignan, 147-164.

Lang M., Cœur D., Lallement C. et Naulet R. (1998) – Valorisation de l'information historique pour la prédétermination du risque d'inondation : application au bassin du Guiers. *Ingénieries EAT*, 16, 3-13.

La Rivière M., Aish A., Gauthier O., Grall J., Guérin L., Janson A.L., Labrune C., Thibaut T., Thiébaud E. (2015) – Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques, Rapport SPN. MNHN, Paris, 52 p.

Lavooi E. (2010) – Origin of anastomosis, upper Columbia River, British Columbia, Canada. Msc Thesis, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht.

Lebaron V. (2008) – De l'aval de Saintes au Priouté – Fleuve Charente [notice archéologique]. ADLFI. Archéologie de la France - Informations, Nouvelle-Aquitaine.

Lee A.F.S. et Heghinian S.A. (1977) – A shift of the mean level in a sequence of independent normal random variables. A Bayesian approach. *Technometrics*, 19 (4), 503-506.

DOI : 10.1080/00401706.1977.10489592

Le Maho J., Flambard Héricher A.M. (2012) – Château, ville et pouvoir au Moyen Âge. Publications du CRAHM, Caen, 295 p.

Le Roy Ladurie E. (1983) – Histoire du climat depuis l’an Mil. Flammarion, Paris, 2 tomes, 287 et 254 p.

Letortu P. (2013) – Le recul des falaises crayeuses haut-normandes et les inondations par la mer en Manche centrale et orientale : de la quantification de l’aléa à la caractérisation des risques induits. Thèse de doctorat, Université de Caen, 408 p.

Leopold L.B., Wolman M.G. (1957) – River channel patterns: braided, meandering, and straight. U.S. Geological Survey Professional Paper, 282-B, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 39-85.

Lescure S. (2015) – La Garonne maritime à l’holocène : dynamique, environnements et occupation humaine. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 266 p.

Lescure S., Arnaud-Fassetta G. (2015) – Paléo-environnement et contrainte fluviale à l’Holocène récent sur les sites de Langoiran et d’Isle-Saint-Georges : bilan de quatre années de recherches géoarchéologiques dans la basse vallée de la Garonne. *Aquitania*, Pessac : Fédération Aquitania, 31, 43-64.

Lespez L. (Ed) (2012) – Paysages et gestion de l’eau : sept millénaires d’histoire des vallées et des plaines littorales en Basse-Normandie. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, Caen, 333 p.

Lespez L., Viel V., Rollet A.J., Delahaye D. (2015) – The anthropogenic nature of present-day low energy rivers in western France and implications for current restoration projects. *Geomorphology*, 251, 64-76.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2015.05.015

Lespez L., Germaine M. A., Barraud R. (2016) – L’évaluation par les services écosystémiques des rivières ordinaires est-elle durable ? *VertigO – la revue électronique en sciences de l’environnement*, 25, 1-20.

DOI : 10.4000/vertigo.17443

Lespez L., Beauchamp A., Germaine M.A., Barraud R. (2017) – De l’aménagement au désaménagement : les temps de l’environnement des systèmes fluviaux ordinaires de l’Ouest de la France. In Barraud R., Germaine M.A. (coord.) : Démanteler les barrages pour restaurer les cours d’eau. Controverses et représentations. *Quae, Update*, Versailles, 27-42.

Letuppe J. (2019) – Les données inédites des épaves romaines de Courbiac. *Arcades, Hors-Série*, 26-29.

Lévêque C., Muxart T., Abbadie L., Weil A., Van der Leeuw S. (2003) – L’anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés - milieux. In Lévêque C., Van der Leeuw S. (Eds) : Quelles natures voulons-nous ? Elsevier, Paris, 110-129.

Lévêque C. (2016) – Quelles rivières pour demain ? Réflexions sur l’écologie et la restauration des cours d’eau. Éditions Quae, Versailles, 288 p.

Lewin J. (1978) – Floodplain geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2 (3), 408–437.
DOI : 10.1177/030913337800200302

Lewin J. (2010) – Medieval environmental impacts and feedbacks: the lowland floodplains of England and Wales. *Geoarchaeology*, 25 (3), 267-311.
DOI : 10.1002/gea.20308

Liébault F., Piégay H. (2002) – Causes of twentieth century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 (4), 425-444.
DOI : 10.1002/esp.328

Liu B., Wang S. (2017) – Planform characteristics and development of interchannel wetlands in a gravel-bed anastomosing river, Maqu Reach of the Upper Yellow River. *Journal of Geographical Sciences*, 27 (11), 1376-1388.
DOI : 10.1007/s11442-017-1441-1

Loke M. (2000) – *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D surveys*, 67 p.

Máčka Z. (2016) – Litovelské Pomoraví—Landscape Around Anastomosing River Pattern of Morava. In Pánek T. et Hradecký J. (Eds) : *Landscapes and Landforms of the Czech Republic*, Springer, 291-304.

Macklin M.G. (1985) – Floodplain sedimentation in the Upper Axe Valley, Mendip, England. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 10 (2), 235-244.
DOI : 10.2307/621826

Makaske B. (1998) – *Anastomosing rivers: forms, processes and sediments. Nederlandse Geografische Studies vol. 249. Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht, 287 p.*

Makaske B. (2001) – *Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. Earth-Science Reviews*, 53 (3-4), 149-196.
DOI : 10.1016/S0012-8252(00)00038-6

Makaske B., Smith D.G., Berendsen H.J.A. (2002) – Avulsions, channel evolution and flood-plain sedimentation rates of the anastomosing upper Columbia River, British Columbia, Canada. *Sedimentology*, 49 (5), 1049-1071.
DOI : 10.1046/j.1365-3091.2002.00489.x

Makaske B., Smith D.G., Berendsen H.J.A., de Boer A.G., van Nielen-Kiezebrink M.F., Locking T. (2009) – Hydraulic and sedimentary processes causing anastomosing morphology of the upper Columbia River, British Columbia, Canada. *Geomorphology*, 111 (3-4), 194-205.
DOI : 10.1016/j.geomorph.2009.04.019

Makaske B., Lavooi E., De Haas T., Kleinhans M.G., Smith D.G. (2017) – Upstream control of river anastomosis by sediment overloading, upper Columbia River, British Columbia, Canada. *Sedimentology*, 64 (6), 1488-1510.
DOI : 10.1111/sed.12361

Malavoi J.-R., Bravard J.-P. (2010) – *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Vincennes, 228 p.

Marcinkowski P., Grabowski R. C., Okruszko T. (2017) – Controls on anastomosis in lowland river systems: Towards process-based solutions to habitat conservation. *Science of The Total Environment*, 609, 1544-1555.
DOI : 10.1016/j.scitotenv.2017.07.183

Marcinkowski P., Grygoruk M. (2017) – Long-term downstream effects of a dam on a lowland river flow regime: case study of the upper Narew. *Water*, 9 (10), 783.
DOI : 10.3390/w9100783

Marcinkowski P., Kiczko A., Okruszko T. (2018) – Model-based analysis of macrophytes role in the flow distribution in the anastomosing river system. *Water*, 10 (7), 953.
DOI : 10.3390/w10070953

Marcinkowski P., Kiczko A., Okruszko T. (2019) – Model-based evaluation of restoration measures efficiency in the anastomosing section of the River Narew. *Ecological Engineering*, 130, 213-227.
DOI : 10.1016/j.ecoleng.2019.02.022

Marcinkowski P., Mirosław-Świątek D. (2020) – Modelling of climate change impact on flow conditions in the lowland anastomosing river, *PeerJ*, 8 (1).
DOI : 10.7717/peerj.9275

Mariotti J.F. (2018) – Les épaves racontent l'histoire de nos lacs, rivières et fleuves. *Arcades*, Numéro spécial, 44-47.

Mariotti J.F. (2019a) – Taillebourg, un site portuaire du haut Moyen Âge. *Arcades*, Hors-Série, 34-37.

Mariotti J.F. (2019b) – Un projet de construction d'un fac-similé des épaves du Priouté. *Archives, Hors-Série*, 93-95.

Martin B., Holleville N., Furst B., Giacona F., Glaser R., Himmelsbach I., Schönbein J. (2015) – La géohistoire des inondations au service de l'évaluation critique du zonage du Plan de Prévention des Risques d'Inondation : l'exemple de Thann (Haut-Rhin, France). *Belgeo*, 1, 1-16.
DOI : 10.4000/belgeo.15926

Martin B., Giacona F., Furst B., Edelblutte C., Glaser R., Himmelsbach I., Holleville N., Schönbein J., Heitz C., Bossmeier A. (2017) – La variabilité spatio-temporelle des inondations dans le Fossé rhénan à la lumière de l'évolution de la vulnérabilité, *Vertigo*, 17 (1), 123.
DOI : 10.4000/vertigo.18488

Martin B., Giacona F., With L., Edelblutte C., Furst B., Holleville N., Vitoux M.C., Glaser R., Himmelsbach I., Schönbein J., Bossmeier A., Wassmer P. et Heitz C. (2019) – Concepts, méthodes et opérationnalité en géohistoire des risques, à travers l'exemple de la géohistoire des inondations dans le Fossé Rhénan. Actes du colloque "Géohistoire de l'environnement et des paysages" (Toulouse, 2016), Édité. CNRS Éditions, Paris, 279-300.

Masson-Delmotte V., Schulz M., Abe-Ouchi A., Beer J., Ganopolski A., González R., Jesus F., Jansen E., Lambeck K., Luterbacher J., Naish T., Osborn T., Otto-Bliesner B.L., Quinn T. M., Ramesh R., Rojas M., Shao X.M., Timmermann A. (2013) – Information from Paleoclimate Archives. In Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (Eds.): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 383-464.
DOI : 10.1594/PANGAEA.828636

Mathé V., Lévêque F., Druetz M., Ard V. (2012) – Qu'apporte la prospection géophysique à l'étude d'un camp néolithique ? L'exemple du site de Bellevue à Chenommet (Charente). In : Perrin T., Sénépart I., Cauliez J., Thirault E., Bonnardin S. (dir.): *Dynamique et rythmes évolutifs des sociétés de la Préhistoire récente. Actualités de la recherche. Actes de la 9^e Rencontre Méridionale de Préhistoire Récente, Saint-Georges-de-Didonne (8-9 octobre 2010)*, Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse, 135-140.

Mathé V., Ard V., Lévêque F., Camus A. (2014) – Étudier différemment les ensembles fossoyés néolithiques Regards croisés entre géophysiciens et archéologues. In Joussaume R., Large J.M., Corson S., Le Meur N., Tortuyaux J.P. (dir.): *Enceintes néolithiques de l'Ouest de la France de la Seine à la Gironde. Actes du Colloque sur la Recherche Archéologique du Bâti et des Enceintes au Néolithique, Association des Publications Chauvinoises (Mém. XLVIII)*, Chauvigny, 437-448.

Maurin L. (1999) – Carte archéologique de la Gaule 17-1 : La Charente-Maritime. Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 364 p.

Maurin L. (2017) – Histoire de la Charente. La Geste, La Crèche, 208 p.

Mayewski P.A., Meeker L.D., Twickler M.S., Whitlow S., Yang Q., Lyons W.B., Prentice M., (1997) – Major features and forcing of high latitude northern hemisphere atmospheric circulation using a 110,000- year long glaciochemical series. *Journal of Geophysical Research*, 102 (C12), 26345-26366.

DOI : 10.1029/96JC03365

Mayewski P.A., Rohling E.E., Curt Stager J., Karlén W., Maasch K.A., Meeker L.D., Meyerson E.A., Gasse F., Van Krevelend S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J. (2004) – Holocene Climate Variability. *Quaternary Research*, 62 (3), 243-255.

DOI : 10.1016/j.yqres.2004.07.001

McCarthy T.S., Stanistreet I.G., Cairncross B. (1991) – The sedimentary dynamics of active fluvial channels on the Okavango fan, Botswana. *Sedimentology*, 38 (3), 471–487.

DOI : 10.1111/j.1365-3091.1991.tb00362.x

McCarthy T.S., Ellery W.N., Stanistreet J.G. (1992) – Avulsion mechanisms on the Okavango fan, Botswana: the control of a fluvial system by vegetation. *Sedimentology*, 39 (5), 779–795.

DOI : 10.1111/j.1365-3091.1992.tb02153.x

McEwen L.J. (1990) – The establishment of a historical flood chronology for the River Tweed catchment, Berwickshire, Scotland. *Scottish Geographical Magazine*, 106 (1), 37-48.

DOI : 10.1080/00369229018736773

Meeker L.D., Mayewski P.A. (2002) – A 1400-year high-resolution record of atmospheric circulation over the North Atlantic and Asia. *Holocene*, 12, 257-266.

DOI : 10.1191/0959683602hl542ft

Melton F.A. (1936) – An empirical classification of flood-plain streams. *Geographical Review*, 26 (4), 593–609.

DOI : 10.2307/209717

Melun G. (2012) – Évaluation des impacts hydromorphologiques du rétablissement de la continuité hydro-sédimentaire et écologique sur l'Yerres aval. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot – Paris VII, 335 p.

Metzger A., Linton J. (2016) – Les barrages qui cachent l'eau : l'oubli des vulnérabilités aux inondations lors de l'aménagement de la Dordogne (1917-1935), *Vertigo*, 16 (3), 1-20.

DOI : 10.4000/vertigo.17985

Mercier J.L. (2013) – Indices granulométriques et lois de distributions. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 19 (4), 379-392.

DOI : 10.4000/geomorphologie.10357

Miall A. (1996) – *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K., Berlin, New York, 582 p.

Micheli F., Halpern B.S., Walbridge S., Ciriaco S., Ferretti F., Frascchetti S., Lewison R., Nykjaer L., Rosenberg A.A. (2013) – Cumulative Human Impacts on Mediterranean and Black Sea Marine Ecosystems : Assessing Current Pressures and Opportunities. *PLOS ONE*, 8 (12), 1-10.
DOI : 10.1371/journal.pone.0079889

Miller J.R. (1991) – Development of anastomosing channels in south-central Indiana. *Geomorphology*, 4 (3-4), 221-229.
DOI : 10.1016/0169-555X(91)90005-U

Miller J.R., Ritter J.B. (1996) – An examination of the Rosgen classification of natural rivers. *Catena*, 27, 295–299.

Mimoun D., Graillot D., Tombozafy M., Dechomets R. (2007) – Évolution de l'enfoncement du lit mineur de la Loire (entre Grangent et Balbigny) – Rapport final. Rapport pour le Plan Inter-régional Loire Grandeur Nature, 122 p.

Moisselin J.M., Schneider M., Canellas C., Mestre O. (2002) – Les changements climatiques en France au XX^e siècle. Étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations. *La Météorologie*, 38, 45-56.
DOI : 10.4267/2042/36233

Mollard J.D. (1973) – Airphoto interpretation of fluvial features. In: Subcommittee on Hydrology, Associate Committee on Geodesy and Geophysics, National Research Council of Canada, *Fluvial Processes and Sedimentation, Hydrology Symposium*, 341–380.

Morandi B., Piégay H. (2011) – Les restaurations de rivières sur Internet : premier bilan. *Natures Sciences Sociétés*, 19 (3), 224-235.
DOI : 10.1051/nss/2011145

Mosley M.P. (1987) – The classification and characterization of rivers. In Richards K.S. (Eds.): *River Channels, Environment and Process*. Blackwell, Oxford, 295–320.

Moyat P. (2019) – Port-d'Envaux : découverte de trois bateaux mérovingiens au Priouté. *Archives*, Hors-Série, 30-33.

Munier E. (1777) – *L'Angoumois à la fin de l'Ancien régime*. Éd. Bruno Sepulchre, Paris, 307 p.

Nanson G.C., Rust B.R., Taylor G. (1986) – Coexistent mud braids and anastomosing channels in an arid-zone river: Cooper Creek, Central Australia. *Geology*, 14, 175–178.
DOI : 10.1130/0091-7613(1986)142.0.CO;2

Nanson G.C., Young R.W., Price D.M., Rust B.R. (1988) – Stratigraphy, sedimentology and Late Quaternary chronology of the Channel Country of western Queensland. In Warner, R.F. (Eds) : *Fluvial Geomorphology of Australia*, Academic Press, Sydney, 151-175.

Nanson G.C., Croke J.C. (1992) – A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4 (6), 459-486.

DOI : 10.1016/0169-555X(92)90039-Q

Nanson G.C., East T.J., Roberts R.G. (1993) – Quaternary stratigraphy, geochronology and evolution of the Magela Creek catchment in the monsoon tropics of northern Australia. *Sedimentary Geology*, 83 (3-4), 277–302.

DOI : 10.1016/0037-0738(93)90017-Y

Nanson G.C., Knighton A.D. (1996) – Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21 (3), 217-239.

DOI : 10.1002/(SICI)1096-9837(199603)21:3<217::AID-ESP611>3.0.CO;2-U

Nanson G.C., Huang H.Q. (1999) – Anabranching rivers: divided efficiency leading to fluvial diversity. In Miller A., Gupta A. (Eds) : *Varieties of Fluvial Form*. Wiley, New York, 477 – 494.

Nanson G.C. (2013) – Anabranching and anastomosing rivers. In Wohl E. (Eds.) : *Treatise on Geomorphology, Fluvial Geomorphology*, 9, London, Elsevier, 330-345.

DOI : 10.1016/B978-0-12-374739-6.00244-X

Naulet R. (2002) – Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure pré-détermination du risque d'inondation : application au bassin de l'Ardèche à Vallon Pont-d'Arc et St-Martin d'Ardèche. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier (Grenoble I), 322 p.

Newson M.D., Clark M.J., Sear D.A., Brookes A. (1998) – The geomorphological basis for classifying rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8 (4), 415–430.

DOI : 10.1002/(SICI)1099-0755(199807/08)8:4<415::AID-AQC276>3.0.CO;2-6

Ollero A. (2010) – Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River Spain. *Geomorphology*, 117 (3), 247-260.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2009.01.015

Orr H.G., Large A.R.G., Newson M.D., Walsh C.L. (2008) – A predictive typology for characterising hydromorphology. *Geomorphology*, 100 (1-2), 32-40.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2007.10.022

Osterkamp W.R. (1998) – Processes of fluvial island formation, with examples from Plum Creek, Colorado and Snake River, Idaho. *Wetlands*, 18 (4), 530-545.

Pardé M. (1928) – Périodicité des grandes inondations et crues exceptionnelles. *Revue de Géographie Alpine*, 16 (2), 499-519.

DOI : 10.3406/rga.1928.4457

Pardé M. (1934) – La prévision pluviométrique des crues du Tarn. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 5 (1), 85-91.

DOI : 10.3406/rgpso.1934.4128

Pardé M. (1935) – Le régime de la Garonne. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 6 (2-3), p. 105-262.

DOI : 10.3406/rgpso.1935.4186

Passega R. (1957) – Texture as Characteristic of Clastic Deposition. *American Association of Petroleum Geologists*, 41 (9), 1952-1984.

DOI : 10.1306/0BDA594E-16BD-11D7-8645000102C1865D

Passega R. (1964) – Grain size representation by CM patterns as a geologic tool. *Journal of Sedimentary Research*, 34 (4), 830-847.

DOI : 10.1306/74D711A4-2B21-11D7-8648000102C1865D

Passerat (1911) – Les origines de la vallée de la Charente. *Annales de Géographie*, 20 (111), 213-232.

DOI : 10.3406/geo.1911.7342

Pereira C., Madrid D.A., Correa I.D., Pranzini E., Botero C.M. (2019) – An evaluation of human interventions in the anthropogenically disturbed Caribbean Coast of Colombia. *Anthropocene*, 27, 1-11.

DOI : 10.1016/j.ancene.2019.100215

Pernin M.O. (1986) – Contribution à la méthodologie d'analyse de données longitudinales : exemple de la croissance chez l'être humain. Thèse de doctorat, Université Claude-Bernard de Lyon 1, 264 p.

Perşoiu I., Rădoane M. (2011) – Spatial and temporal controls on historical channel responses – Study of an atypical case : Someşu Mic River, Romania. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (10), 1391-1409.

DOI : 10.1002/esp.2169

Petit F. (1995) – Régime hydrologique et dynamique fluviale des rivières ardennaises. In Demoulin A. (Eds): *L'Ardenne, essai de géographie physique, Hommage au Professeur A. Pissart*, Département de Géographie Physique et Quaternaire, Université de Liège, 194-223.

Pettitt A.N. (1979) – A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28 (2), 126-135.

DOI : 10.2307/2346729

Petts G.E. (1989) – Perspectives for ecological management of regulated rivers. In Gore J.A. and Petts G.E. (Eds): Alternatives in regulated river management Boca Raton, Fla CRC Press, 3-24.

Pfister C. (1980) – The Little Ice Age: thermal and wetness indices for Central Europe. *Journal of Interdisciplinary History*, 10 (4), 665-698.

DOI : 10.2307/203064

Pichard G., Roucaute E. (2014) – Sept siècles d’histoire hydroclimatique du Rhône d’Orange à la mer (1300-2000), climat, crues, inondations. Édit. Publications de l’Université de Provence, collection "Méditerranée", n° hors série, Aix-en-Provence, 192 p.

Pierik H.J. (2017) – Past human-landscape interactions in the Netherlands Reconstructions from sand belt to coastal-delta plain for the first millennium AD. *Utrecht University Repository* 139.

Pierik H.J., Van Lanen R.J. (2019) – Roman and early-medieval habitation patterns in a delta landscape: the link between settlement elevation and landscape dynamics. *Quaternary International*, 501 (B), 379–392.

DOI : 10.1016/j.quaint.2017.03.010

Pinard J. (1965) – La Charente, ses débits, ses crues et les marées de l’estuaire. *Noroi – Environnement, aménagement, société*, 47, 357-363.

DOI : 10.3406/noroi.1965.1533

Pisūt P. (2002) – Channel evolution of the pre-channelised Danube River in Bratislava, Slovakia (1712-1886). *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 (4), 369-390.

DOI : 10.1002/esp.333

Pittaluga M.B., Repetto R., Tubino M. (2003) – Channel bifurcation in braided rivers: Equilibrium configurations and stability. *Water Resources Research*, 39 (3), 1-13.

DOI : 10.1029/2001WR001112

Porter M. D., Massong T. M. (2002) – Analyzing changing river channel morphology using GIS for the Rio Grande Silvery Minnow Habitat Assessment, *GIS/Spatial Analyses. Fishery and Aquatic Sciences*, 433-446.

Prakash S., Kumar R. (2018) – Estimation of Total and Unit Stream Power along Bhagirathi River, Uttarakhand, India. *Journal of Indian Geophysical Union*, 22 (3), 316-324.

Rădoane M., Obreja F., Cristea I., Mihailă D. (2013) – Changes in the channel-bed level of the eastern Carpathian rivers: Climatic vs. Human control over the last 50 years. *Geomorphology*, 193, 91-111.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2013.04.008

Ramond S. (2015) – Réponses hydrologiques de la Loire moyenne aux changements environnementaux. Formation des débits et fonctionnement d'une plaine alluviale : approches hydrologiques et géochimiques multi-scalaires. Thèse de doctorat, Université Paris VIII (Vincennes), 541 p.

Reimer P., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R., Palmer J.G., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A, Talamo S. (2020) – The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62 (4), 725-757.
DOI : 10.1017/RDC.2020.41

Renard R. (1993) – Les villes moyennes du fleuve Charente. Evolution historique et économique depuis l'Antiquité. *Noroi*, 159, 413-429.
DOI : 10.3406/noroi.1993.6495

Reynolds J.M. (1997) – An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 710 p.

Rieth E. (2010) – L'épave antique EP1-Taillebourg (Charente-Maritime). Un chaland de construction régionale réemployé en aménagement de rive. *L'Archéo Thema – Revue d'archéologie et d'histoire*, 6, 22-23.

Riley S.J., Taylor G. (1978) – The geomorphology of the Upper Darling River System with special reference to the present fluvial system. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 90, Melbourne, 89–102.

Rinaldi M. (2003) – Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28 (6), 587-608.
DOI: 10.1002/esp.464

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussettini M. (2013) – A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180–181, 96–108.
DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.09.009

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussettini M. (2015) – A methodological framework for hydromorphological assessment, analysis and monitoring (IDRAIM) aimed at promoting integrated river management. *Geomorphology*, 251, 122–136.
DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.05.010

Rivals C. (1984) – Divisions géographiques de la France indiquées par une analyse des moulins en 1809. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 55 (3), 367-384.

DOI : 10.3406/rgpso.1984.4611

Rode S. (2009) – Au risque du fleuve. La territorialisation de la politique de prévention du risque d'inondation en Loire moyenne. Thèse de doctorat, Université Paris Ouest-Nanterre La Défense, 481 p.

Rosgen D.L. (1994) – A classification of natural rivers. *Catena*, 22 (3), 169-199.

DOI : 10.1016/0341-8162(94)90001-9

Rosgen D.L. (1996) – A classification of natural rivers: Reply to the comments by J.R. Miller and J.B. Ritter. *Catena*, 27 (3-4), 301-307.

DOI : 10.1016/0341-8162(96)00018-5

Rozo M.G., Nogueira A. C.R., Truckenbrodt W. (2012) – The anastomosing pattern and the extensively distributed scroll bars in the middle Amazon River. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37 (14), 1471-1488.

DOI : 10.1002/esp.3249

Rust B.R. (1978) – A classification of alluvial channel systems. In Miall A.D. (Eds): *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologist Memoir 5, 187-198.

Rust B.R. (1981) – Sedimentation in an arid-zone anastomosing fluvial system: Cooper's Creek, Central Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51 (3), 745–755.

DOI : 10.1306/212F7D97-2B24-11D7-8648000102C1865D

Rust B.R., Nanson G.C. (1986) – Contemporary and palaeochannel patterns and the late Quaternary stratigraphy of Cooper Creek, southwest Queensland, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11 (6), 581-590.

DOI : 10.1002/esp.3290110602

Sambridge M. (1999) – Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm - I. Searching a parameter space. *Geophysical Journal International*, 138 (2), 479-494.

DOI : 10.1046/j.1365-246X.1999.00876.x

Savat J. (1975) – Some morphological and hydraulic characteristics of river-patterns in the Zaire Basin. *Catena*, 2, 161–180.

DOI : 10.1016/S0341-8162(75)80010-5

Schmitt L. (2001) – Typologie hydro-géomorphologique fonctionnelle de cours d'eau. Recherche méthodologique appliquée aux systèmes fluviaux d'Alsace. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg, 217 p.

Schmitt L., Maire G., Humbert J. (2001) – La puissance fluviale : définition, intérêt et limites pour une typologie hydro-géomorphologique de rivières. *Annales de Géomorphologie*, 45 (2), 201-224.

Schmitt L., Maire G., Nobelis P., Humbert J. (2007) – Quantitative morphodynamic typology of rivers: a methodological study based on the French Upper Rhine basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32 (11), 1726–1747.

DOI : 10.1002/esp.1596

Schmitt L., Trémolières M., Blum C., Dister E., Pfarr U (2012) – 30 years of restoration works on the two sides of the Upper Rhine River: feedback and future challenges. *International Conference on Integrative Sciences and Sustainable Development of Rivers*, june 26-28, 2012, Lyon, France.

Schumann R.R. (1989) – Morphology of Red Creek, Wyoming, an arid-region anastomosing channel system. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14 (4), 277–288.

DOI : 10.1002/esp.3290140404

Schumm S.A. (1963) – Sinuosity of alluvial rivers in the Great Plains. *Bulletin of Geological Society of America*, 74, 1089-110.

DOI : 10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2

Schumm S.A. (1968) – River adjustment to altered hydrologic regimen-Murrumbidgee River and paleochannels, Australia. *U.S. Geological Survey Professional Paper 598*, 65 p.

DOI : 10.3133/pp598

Schumm S.A. (1977) – *The fluvial system*. Wiley, New York, 376 p.

Schumm S.A. (1981) – Evolution and response of the fluvial system, sedimentological implications. In Ethridge F.G., Flores R.M. (Eds.): *Recent and Nonmarine Depositional Environments*. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Special Publication, 31, Tulsa, OK, 19–29.

Schumm S.A. (1985) – Patterns of alluvial rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 13 (1), 5-27.

Schumm S.A., Erskine W.D., Tilleard J.W. (1996) – Morphology, hydrology, and evolution of the anastomosing Ovens and King Rivers, Victoria, Australia. *Geological Society of America Bulletin*, 108 (10), 1212-1224.

DOI : 10.1130/0016-7606(1996)108<1212:MHAEOT>2.3.CO;2

Scorpio V., Aucelli P.P.C., Giano I., Pisano L., Robustelli G., Roskopf C.M., Schiattarella M. (2015) – River channel adjustments in southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery. *Geomorphology*, 251, 77-90.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2015.07.008

Scorpio V., Surian N., Cucato M., Dai Prá E., Zolezzi G., Comiti F. (2018) – Channel changes of the Adige River (Eastern Italian Alps) over the last 1000 years and identification of the historical fluvial corridor. *Journal of Maps*, 14 (2), 680-691.

DOI : 10.1080/17445647.2018.1531074

Sellier D. (2010) – L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites : application à la Charente-Maritime (France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 16 (2), 199-214.

DOI : 10.4000/geomorphologie.7931

Sepulchre B. (1989) – Gabariers de la Charente. Chez l'Auteur, Jarnac, 198 p.

Słowik M. (2011) – Changes of river bed pattern of a lowland river: effect of natural processes or anthropogenic intervention? *Applied Geography*, 31 (2), 784-799.

DOI : 10.1016/j.apgeog.2010.08.004

Słowik M. (2012) – Changes of river bed pattern of a lowland river: effect of natural processes or anthropogenic intervention ? *Geografiska Annaler Series A Physical Geography*, 94 (3), 301–320.

DOI:10.2307/23254416

Słowik M. (2013) – Transformation of a lowland river from a meandering and multi-channel pattern into an artificial canal: Retracing a path of river channel changes (the Middle Odra River, W Poland). *Regional Environmental Change*, 13 (5), 1287-1299.

DOI : 10.1007/s10113-013-0453-3

Słowik M. (2014) – Reconstruction of anastomosing river course by means of geophysical and remote sensing surveys (the Middle Odra Valley, W Poland). *Geografiska Annaler Series A Physical Geography*, 96 (2), 195-216.

DOI:10.1111/geoa.12042

Słowik M. (2015) – Is history of rivers important in restoration projects ? The example of human impact on a lowland river valley (the Odra River, Poland). *Geomorphology*, 251, 51-63.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2015.05.031

Smith D.G. (1973) – Aggradation of the Alexandra-North Saskatchewan River, Banff Park, Alberta. In Morisawa M. Ž (Eds) : *Fluvial Geomorphology. A proceedings volume of the 4th annual geomorphology symposia series held at Binghamton, New York, September 27–28, 1973*, State University of New York, Binghamton, 201–219.

Smith D.G. (1976) – Effect of vegetation on lateral migration of anastomosed channels of a glacier meltwater river. *Geological Society of America Bulletin*, 87 (6), 857–860.

DOI : 10.1130/0016-7606(1976)87<857:EOVOLM>2.0.CO;2

Smith D.G., Smith N.D. (1980) – Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50 (1), 157–164.

Smith D.G. (1983) – Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada. In: Collinson J., Lewin J. Ž (Eds.) : *Modern and Ancient Fluvial Systems. Special Publication of the International Association of Sedimentologists 6*, Black- well, Oxford, 155–168.

Smith D.G. (1986) – Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Colombia, South America. *Sedimentary Geology*, 46 (3-4), 177–196.

DOI : 10.1016/0037-0738(86)90058-8

Smith D.G., Putnam P.E. (1980) – Anastomosed river deposits: modern and ancient examples in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 17 (10), 1396–1406.

DOI : 10.1139/e80-147

Smith N.D., Cross T.A., Dufficy J.P., Clough S.R. (1989) – Anatomy of an avulsion. *Sedimentology*, 36 (1), 1-23.

Smith N.D., McCarthy T.S., Ellery W.N., Merry C.L., Rütther H. (1997) – Avulsion and anastomosis in the panhandle region of the Okavango Fan, Botswana. *Geomorphology*, 20, 49–65.

Smith N.D., Slingerland R.L., Pérez-Arlucea M., Morozova G.S. (1998) – The 1870s avulsion of the Saskatchewan River. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35 (4), 453-466.

DOI : 10.1139/e97-113

Soar P.J., Thorne C.R. (2001) – Channel restoration design for meandering rivers, Rep. ERDC/CHL CR-01-1, Vicksburg, Miss., Coastal and Hydraulics Laboratory, U.S. Army Engineer Research and Development Center, U.S. Army Corps of Engineers, 416 p.

Société des archives historiques de la Saintonge et de l'Aunis (1904) – Bulletin de la Société des archives historiques de la Saintonge et de l'Aunis, tome XXIV, La Rochelle, 511 p.

SOGREAH (1998) – Atlas départemental Risques d'inondation – Chapitre 3 – Bassin de la Charente.

Stéphan P., Goslin J. (2014) – Évolution du niveau marin relatif à l'Holocène le long des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche : réactualisation des données par la méthode des « sea-level index points ». *Quaternaire*, 25 (4), 295-312.

DOI : 10.4000/quaternaire.7269

Sternberg H.O'R. (1959) – Radiocarbon dating as applied to a problem of Amazonian morphology. *Comptes rendus du XVI-II^e Congrès International de Géographie*, Rio de Janeiro, 1956, Tome 2. Comité National du Brésil, Union Géographique Internationale, Rio de Janeiro, 399–424.

Stouthamer E., Berendsen H.J.K. (2007) – Avulsion : the relative roles of autogenic and allo-genic processes. *Sedimentary Geology*, 198 (3-4), 309-325.

DOI : 10.1016/j.sedgeo.2007.01.017

Stevaux J.C., Souza I.A. (2004) – Floodplain construction in an anastomosed river. *Quaternary International*, 114 (1), 55-65.

DOI : 10.1016/S1040-6182(03)00042-9

Surian N., Ziliani L., Comiti F., Lenzi M.A., Mao L. (2009) – Channel adjustments and alteration of sediment fluxes in gravel-bed rivers of North-Eastern Italy: Potentials and limitations for channel recovery. *River Research and Applications*, 25 (5), 551-567.

DOI : 10.1002/rra.1231

Swanson B.J., Meyer G.A., Coonrod J.E. (2010) – Historical channel narrowing along the Rio Grande near Albuquerque, New Mexico in response to peak discharge reductions and engineering: magnitude and uncertainty of change from air photo measurements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (7), 885-900.

DOI : 10.1002/esp.2119

Tabata K, Hickin E. (2003) – Interchannel hydraulic geometry and hydraulic efficiency of the anastomosing Columbia River, Southeastern British Columbia, Canada. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28 (8), 837–852.

DOI : 10.1002/esp.497

Taylor C.F.H. (1999) – The role of overbank flow in governing the form of an anabranching river: the Fitzroy river, northwestern Australia. In Smith N.D., Rogers J. (Eds): *Fluvial Sedimentology VI Special Publication of the International Association of Sedimentologists 28*, Blackwell, Oxford, 77-91.

Thieler R.E., Danforth W.W. (1994a) – Historical shoreline mapping I: Improving techniques and reducing positioning errors. *Journal of Coastal Research*, 10 (3), 549-563.

Thieler R.E., Danforth W.W. (1994b) – Historical shoreline mapping II: Application of the digital shoreline mapping and analysis systems (DSMS/DSAS) to shoreline change mapping in Puerto Rico. *Journal of Coastal Research*, 10 (3), 600-620.

Tiegs S., Pohl M. (2005) – Planform channel dynamics of the lower Colorado River: 1976-2000. *Geomorphology*, 69 (1), 14-27.

DOI : 10.1016/j.geomorph.2004.12.002

Tillard E. (1996) – Analyse exploratoire de tableaux de données indicés dans le temps en épidémiologie, en écologie et en agronomie. Mémoire de DEA, Université Claude Bernard de Lyon 1, 32 p.

Tooth S., Jansen J.D., Nanson G.C., Coulthard T.J., Pietsch T. (2008) – Riparian vegetation and the late Holocene development of an anabranching river: Magela Creek, northern Australia. *Geological Society of America Bulletin*, 120 (7-8), 1021-1035.

DOI : 10.1130/B26165.1

Toro J., Requena I., Zamorano M. (2010) – Environmental impact assessment in Colombia : Critical analysis and proposals for improvement. *Environmental Impact Assessment Review*, 30 (4), 247-261.

DOI : 10.1016/j.eiar.2009.09.001

Valette P., Carozza J.M. (2010) – Mise en œuvre d'une démarche géohistorique pour la connaissance de l'évolution des paysages fluviaux : l'exemple de la moyenne vallée de la Garonne. *Géocarrefour*, 85 (1), 17-27.
DOI : 10.4000/geocarrefour.7679

Valette P., Carozza J.M., Boudou M. (2011) – Agen et la Garonne : géohistoire des politiques de protection contre les crues et les inondations. *Revue du Nord*, n° 16 : "Hors du lit : aléas, risques et mémoires", 77-88.

Van den Berg J.H. (1995) – Prediction of alluvial channel pattern of perennial rivers. *Geomorphology*, 12 (4), 259-279.
DOI : 10.1016/0169-555X(95)00014-V

Van Geel B., Raspopov O.M., Van der Plicht J., Renssen H. (1998) – Solar forcing of abrupt Climate Change around 850 calendar Years BC. In Bailey M.E., Palmer T., Peiser B.J. (Eds): *Natural catastrophes during Bronze Age civilisations: archaeological, geological, astronomical and cultural perspectives*, British Archeological Reports International Series, No. S728 162-168.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Crishing C.E. (1980) – The river continuum concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, 37, 130-137.
DOI : 10.1139/f80-017

Varga G., Újvári G., Kovács J. (2019) – Interpretation of sedimentary (sub)populations extracted from grain size distributions of Central European loess-paleosol series. *Quaternary International*, 502 (A), 60-70.
DOI : 10.1016/j.quaint.2017.09.021

Vayssière A. (2018) – Trajectoires et processus fluviaux dans la moyenne vallée du Cher du Tardiglaciaire à la période actuelle : métamorphose fluviale, réponses aux forçages sociétaux et ajustements des chenaux et des bras morts. Thèse de doctorat, Université Paris I Panthéon Sorbonne, 467 p.

Vayssière A., Rué M., Recq C., Gardère P., Bozsó E., Castanet C., Virmoux C., Gautier E. (2019) – Lateglacial changes in river morphologies of northwestern Europe : An example of a smooth response to climate forcing (Cher River, France). *Geomorphology*, 342, 20-36.
DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.05.019

Vernou C. (1993) – Carte archéologique de la Gaule 16 : La Charente. Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 254 p.

Viel V. (2012) – Analyse spatiale et temporelle des transferts sédimentaires dans les hydro-systèmes normands. Exemple du bassin versant de la Seulles. Thèse de doctorat, Université de Caen, 367 p.

Viel V., Rollet A.J., Delahaye D., Cador J.M., Lespez L. (2013) – Creation of an observatory of sediment transfers in Lower Normandy hydrosystems (Western France) in the context of the European Water Framework Directive application. In Arnaud-Fassetta G., Masson E., Reynard E. (Eds.) : European Continental Hydrosystems Under Changing Water Policy. Friedrich Pfeil Verlag, München, 113–124.

Walter RC, Merritts DJ. (2008) – Natural streams and the legacy of water-powered mills. *Science* 319 (5861), 299–304.
DOI : 10.1126/science.1151716

Wang S., Ni J., Wang G., Cheng D., Zhang O. (2004) – Hydrological processes of an anastomosing river system on the Zhujiang River Delta, China. *Journal of Coastal Research*, 43, 124-133.

Wang S., Chen Z., Smith D.G. (2005) – Anastomosing river system along the subsiding middle Yangtze River basin, southern China. *Catena*, 60 (2), 147-163.
DOI : 10.1016/j.catena.2004.11.007

Wasson J. (1989) – Éléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes : revue critique de quelques approches existantes. *Bulletin Écologie*, 20 (2), 109-127.

Weber N. (2003) – Morphologie, architecture des dépôts, évolution séculaire et millénaire du littoral charentais : apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, 357 p.

Wentworth C.K. (1922) – A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30 (5), 377-392.
DOI : 10.1086/622910

Wetter O. (2017) – The potential of historical hydrology in Switzerland. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21 (11), 5781-5803.
DOI : 10.5194/hess-21-5781-2017

Winterbottom S.J. (2000) – Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland. *Geomorphology*, 34, 3-4, 195-208.
DOI : 10.1016/S0169-555X(00)00007-6

With L. (2014) – Approche géohistorique de la gestion et de la prévention du risque d'inondation : le cas de la vallée de la Lauch (Haut-Rhin) de 1778 à nos jours. Thèse de doctorat, Université de Haute-Alsace, 904 p.

With L. (2015) – Approche géohistorique de la gestion et de la prévention du risque d'inondation : le cas de la vallée de la Lauch (Haut-Rhin) de 1778 à nos jours. *Actes des Séminaires du CRESAT*, 12, 127-142.

Yang F., Karius V., Sauer D. (2020) – Short Communication. Quantification of loess proportions in Pleistocene periglacial slope deposits and Holocene colluvium using grain-size data by laser diffractometry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 183 (3), 277-281.
DOI : 10.1002/jpln.201900376

Yonechi F., Maung W. (1986) – Subdivision on the anastomosing river channel with a proposal of the Irrawaddy type. *The Science Reports of the Tohoku University, 7th Series (Geography)*, 36 (2), 102–113.

Zawiejska J., Wyźga B. (2010) – Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: Patterns, causes and controls. *Geomorphology*, 117, 3, 234-246.
DOI : 10.1016/j.geomorph.2009.01.014

Zieliński T., Widera M. (2020) – Anastomosing-to-meandering transitional river in sedimentary record: A case study from the Neogene of central Poland. *Sedimentary Geology*, 404, 105-677.
DOI : 10.1016/j.sedgeo.2020.105677

Ziliani L., Surian N. (2012) – Evolutionary trajectory of channel morphology and controlling factors in a large gravel-bed river. *Geomorphology*, 173-174, 104-117.
DOI : 10.1016/j.geomorph.2012.06.001

Table des figures

Fig. 1 – Le système fluvial (d’après Schumm, 1977) et l’Hydrosystème (d’après Amoros et Petts, 1993).....	17
Fig. 2 – Classification des styles fluviaux intégrant les cours d’eau anastomosés.....	20
Fig. 3 – Exemples de cours d’eau anastomosés.....	25
Fig. 4 – Inventaire des publications relatives aux cours d’eau anastomosés.....	26
Fig. 5 – Inventaire des publications relatives aux cours d’eau anastomosés par thématique de recherche et par décennie.....	27
Fig. 6 – Inventaire des cours d’eau anastomosés étudiés par pays.....	27
Fig. 7 – Nombre de publications par cours d’eau anastomosés les plus étudiés.....	28
Fig. 8 – Typologie des anabranches d’après Nanson et Knighton (1996).....	30
Fig. 9 – Localisation du bassin versant de la Charente et du segment fluvial étudié.....	41
Fig. 10 – Géologie du bassin versant du fleuve Charente.....	42
Fig. 11 – Précipitations moyennes annuelles (période 1961-1990) à l’échelle du bassin versant du fleuve Charente (adapté de Hydratec, 2006 dans EPTB Charente, 2016a).....	44
Fig. 12 – Diagrammes ombrothermiques des stations météorologiques du fleuve Charente.....	44
Fig. 13 – Répartition actuelle des surfaces cultivées par principaux types de culture à l’échelle du SAGE Charente (d’après EPTB Charente, 2012).....	45
Fig. 14 – Structure du bassin versant du fleuve Charente d’après la méthode de Strahler..	46
Fig. 15 – Organisation hydrographique du bassin versant du fleuve Charente.....	47
Fig. 16 – Débits moyens annuels à quatre stations hydrologiques du fleuve Charente.....	49
Fig. 17 – Crue saisonnière de janvier 2018.....	51
Fig. 18 – Crue du fleuve Charente au niveau de la Baine (Chaniers) le 16 février 2021.....	52
Fig. 19 – Segmentation provisoire et paysages de la plaine alluviale du fleuve Charente....	54
Fig. 20 – Synthèse des relations entre les objectifs, les sources, les méthodes et les résultats.....	62
Fig. 21 – Type de documents textuels consultés et intégrés à la base de données Charente.....	68
Fig. 22 – Type de documents iconographiques consultés et intégrés à la base de données Charente.....	68
Fig. 23 – Séries des Archives départementales et municipales et leur distribution temporelle.....	69
Fig. 24 – Exemples de documents d’archives consultés.....	69
Fig. 25 – Suivi de la crue du fleuve Charente de décembre 1882 à travers le journal <i>Le Charentais : journal politique, administratif, littéraire et d’annonces</i> (AD16, 1PER1/53).....	71
Fig. 26 – Quelques exemples de cartes postales.....	72
Fig. 27 – Modèle conceptuel de la base de données Atlas Géohistorique du fleuve Charente.....	78
Fig. 28 – Description des fiches synthétiques de la base de données Atlas Géohistorique du fleuve Charente.....	79
Fig. 29 – Exemples de cartes postales anciennes et leur cliché récent.....	80
Fig. 30 – La base de données Observatoire Photographique des Paysages du fleuve Charente.....	81

Fig. 31 – Captures du site internet de l’Observatoire Photographique des Paysages du fleuve Charente.....	81
Fig. 32 – Chronique des crues du fleuve Charente depuis le XVIII ^e siècle (nombre d’évènements par décennie).....	83
Fig. 33 – Répartition des crues du fleuve Charente selon leur intensité depuis le XVIII ^e siècle.....	84
Fig. 34 – La crue de la Charente en février 1904.....	86
Fig. 35 – Périodisation de la chronique des crues du fleuve Charente depuis le XVIII ^e siècle d’après la fréquence et l’intensité des évènements et d’après les phases FDR et DDR.....	86
Fig. 36 – Chronique des hauteurs d’eau enregistrées à Saintes d’après la fréquence et l’intensité des évènements et d’après les phases FDR et DDR.....	88
Fig. 37 – Répartition des crues du fleuve Charente selon leur mois de survenance depuis le XVIII ^e siècle.....	89
Fig. 38 – Évolution historique de la répartition saisonnière des crues du fleuve Charente par demi-siècle depuis le XVIII ^e siècle.....	91
Fig. 39 – Relation entre la hauteur et la fréquence des crues du fleuve Charente sur la période 1904-2018.....	92
Fig. 40 – Anomalie de température à l’échelle de l’hémisphère Nord.....	94
Fig. 41 – Évolution de la largeur des anneaux de croissance des hêtres de la forêt d’Iraty, Pays Basque.....	94
Fig. 42 – Évolution du nombre de jours compris entre la date du ban des vendanges en Bordelais et le 1 ^{er} septembre de 1560, à nos jours.....	95
Fig. 43 – Évolution de la température moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.....	98
Fig. 44 – Évolution de la température minimale moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.....	98
Fig. 45 – Évolution de la température maximale moyenne annuelle à la station de Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.....	99
Fig. 46 – Évolution de la pluviométrie annuelle à Saintes avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert....	100
Fig. 47 – Recensement des crues importantes de la Vilaine, de la Loire, de la Dordogne, de la Garonne et du Tarn entre 1700 et 2018.....	101
Fig. 48 – Évolution de l’occupation du sol entre 1815 et 2020 pour les départements de Charente et de Charente-Maritime.....	105
Fig. 49 – Évolution de l’effectif des bovins et des ovins entre 1830 et 2020 pour les départements de Charente et de Charente-Maritime.....	106
Fig. 50 – Chronologie des documents textuels et iconographiques consultés et intégrés à la base de données Charente (nombre de documents par décennie).....	107
Fig. 51 – Répartition des documents consultés et intégrés à la base de données Charente par commune.....	108
Fig. 52 – Répartition des documents consultés et intégrés à la base de données Charente	

classés par thématique majeure.....	108
Fig. 53 – Répartition par thématique et catégorie des documents d’archives consultés et intégrés à la base de données Charente.....	109
Fig. 54 – Plans d’ouvrages des écluses à sas (AD16, 1C92, 1773).....	111
Fig. 55 – Plans de localisation d’écluse à sas sur le fleuve Charente (AD16, 1C92, 1773)....	111
Fig. 56 – Localisation des écluses et des principaux ports fluviaux aménagés entre la fin du XVIII ^e siècle et la fin du XIX ^e siècle.....	113
Fig. 57 – Aménagement du site de la Baine (Chaniers) avant et après la période de grands aménagements de 1838-1843.....	115
Fig. 58 – Travaux d’amélioration de la navigation dans la traversée de Saintes (1838-1845).....	116
Fig. 59 – Plan, élévation et coupe de la cale du quai Palissy.....	117
Fig. 60 – Trafic fluvial sur le fleuve Charente.....	119
Fig. 61 – Localisation et aménagements hydrauliques des moulins de Gondeville (AD16, 3 Sprov 409).....	121
Fig. 62 – Localisation et aménagements de la pêcherie de Saint-Simeux en aval d’Angoulême (AD16, 3 Sprov 408).....	123
Fig. 63 – La pêcherie médiévale de Chaniers (adapté de Chapelot et Rieth, 1995 in Chapelot et Rieth, 2007).....	124
Fig. 64 – Extrait de rapports d’ingénieurs de l’Administration des Ponts-et-Chaussées relatifs aux demandes par les propriétaires de réaménager leur essac.....	125
Fig 65 – Localisation des ouvrages de franchissement actuels entre Angoulême et Saintes.....	128
Fig. 66 – Ouvrages de franchissement sur le fleuve Charente et leur évolution depuis la fin du XIX ^e siècle jusqu’à aujourd’hui.....	129
Fig. 67 – Évolution du pont de Saintes du milieu du XVIII ^e siècle jusqu’à nos jours.....	130
Fig. 68 – Bac de Dompierre-sur-Charente (Charente-Maritime) au début des XX ^e et XXI ^e siècles.....	131
Fig. 69 – Exemples de cartes anciennes incorporées dans l’inventaire sur le fleuve Charente.....	135
Fig. 70 – Inventaire des données cartographiques représentant le fleuve Charente.....	136
Fig. 71 – Extraits des cartes anciennes et récentes intégrées sous SIG.....	137
Fig. 72 – Méthode utilisée pour la segmentation de la plaine alluviale du fleuve Charente.....	138
Fig. 73 – Synthèse des erreurs liées à la méthode utilisée sous SIG.....	139
Fig. 74 – Indices géomorphométriques descriptifs de la plaine alluviale calculés à l’échelle des tronçons.....	140
Fig. 75 – Indices géomorphométriques descriptifs du chenal calculés à l’échelle des tronçons.....	141
Fig. 76 – Indices géomorphométriques descriptifs des îles calculés à l’échelle des tronçons.....	142
Fig. 77 – Indices géomorphométriques descriptifs de la morphologie des îles.....	143
Fig. 78 – Indices géomorphométriques descriptifs de la mobilité des îles.....	143
Fig. 79 – Indices géomorphométriques descriptifs de la végétation et de la position des îles.....	143

Fig. 80 – Procédure méthodologique appliquée pour le calcul de la puissance spécifique..	144
Fig. 81 – Définition du nombre de classes optimales avec la méthode Elbow.....	147
Fig. 82 – Visualisation de la partition en K classes d'îles.....	147
Fig. 83 – Évolution de l'indice de la largeur de la bande fluviale aux quatre dates d'analyse.....	150
Fig. 84 – Évolution de l'indice de la largeur du chenal en eau aux quatre dates d'analyse.....	151
Fig. 85 – Évolution de l'indice du nombre de chenaux secondaires aux quatre dates d'analyse.....	151
Fig. 86 – Évolution des indices descriptifs des îles à l'échelle du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.....	152
Fig. 87 – Évolution des indices descriptifs des îles aux quatre dates d'analyse.....	153
Fig. 88 – Cercle de corrélation des variables aux quatre dates d'analyse.....	154
Fig. 89 – Projection des individus sur les deux premiers axes factoriels aux quatre dates d'analyse.....	155
Fig. 90 – Segmentation de la plaine alluviale du fleuve Charente par détection automatique de ruptures spatiales aux quatre dates d'analyse.....	156
Fig. 91 – Répartition des classes de la typologie dynamique à l'échelle du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.....	157
Fig. 92 – Évolution inter-période des classes de la typologie dynamique à l'échelle du fleuve Charente.....	157
Fig. 93 – Répartition des classes de la typologie dynamique à l'échelle des zones homogènes du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.....	158
Fig. 94 – Spatialisation de la typologie dynamique à l'échelle des zones homogènes aux quatre dates d'analyse.....	159
Fig. 95 – Cartographie de la puissance spécifique du fleuve Charente.....	163
Fig. 96 – Relation entre la pente et le débit à pleins bords (adapté d'après Knighton et Nanson, 1993 modifié de Leopold et Wolman, 1957).....	164
Fig. 97 – Relation entre le débit à pleins bords, la pente et la granulométrie des sédiments (adapté d'après Knighton et Nanson, 1993 modifié de Ferguson, 1987).....	164
Fig. 98 – Relation entre le débit à pleins bords, la largeur du chenal et la pente (adapté de Brookes, 1988).....	165
Fig. 99 – Comparaison de la répartition des îles dans la typologie morphologique et de leur surface associée pour la totalité de la période étudiée.....	170
Fig. 100 – Quelques exemples d'îles le long du fleuve Charente.....	172
Fig. 101 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z1.....	173
Fig. 102 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z2.....	174
Fig. 103 – Distribution des îles à l'échelle de la zone Z3.....	174
Fig. 104 – Répartition des types d'îles aux quatre dates d'analyse.....	175
Fig. 105 – Répartition des cinq types d'îles à l'échelle des zones homogènes du fleuve Charente aux quatre dates d'analyse.....	176
Fig. 106 – Évolution de la surface logarithmique aux quatre dates d'analyse.....	177
Fig. 107 – Évolution de la surface en île cumulée aux quatre dates d'analyse.....	178
Fig. 108 – Évolution des valeurs moyennes des indices morphologiques des îles à l'échelle du linéaire et des zones aux quatre dates d'analyse.....	179

Fig. 109 – Évolution des surfaces cumulées des différents types de végétation le long du fleuve Charente aux quatre dates d’analyse.....	181
Fig. 110 – Répartition des types d’évolution des îles sur la période 1866-2017.....	182
Fig. 111 – Répartition des types d’évolution des îles du fleuve Charente par période.....	184
Fig. 112 – Localisation des sites d’étude à l’échelle du bassin versant du fleuve Charente..	189
Fig. 113 – Méthode employée pour la détection des paléo-formes.....	191
Fig. 114 – Levée des profils ERT.....	192
Fig. 115 – Méthode de prélèvement des carottes (prélèvement de la carotte CHA01, Chaniers, août 2019).....	193
Fig. 116 – Levés bathymétriques et exemples d’obstacles rencontrés sur le fleuve Charente.....	194
Fig. 117 – Perte au feu.....	196
Fig. 118 – Mesure granulométrique au moyen du granulomètre laser Horiba LA-960V2....	197
Fig. 119 – Exemple de courbes granulométriques de quelques échantillons sur lesquelles ont été indiqués les modes des classes granulométriques déterminés par l’algorithme EMMA.....	198
Fig. 120 – Image CM théorique de Passega (adapté de Houbrechts <i>et al.</i> , 2013 modifié de Passega, 1964).....	199
Fig. 121 – Méthode utilisée pour calculer le rapport largeur/profondeur à travers l’exemple du site d’étude de Chaniers/Courcoury.....	202
Fig. 122 – Carte géologique et archéologique du site d’étude d’Angeac-Charente.....	206
Fig. 123 – Plans du projet d’amélioration de la navigation du fleuve Charente de Trésauguet.....	208
Fig. 124 – Aménagements hydrauliques au niveau du site d’Angeac-Charente.....	208
Fig. 125 – Localisation des principaux aménagements hydrauliques actuels attribués au moulin et à la navigation sur le site d’Angeac-Charente.....	209
Fig. 126 – Cartographie des paléo-formes au niveau du site d’Angeac-Charente identifiées à partir du MNT LiDAR.....	210
Fig. 127 – Profils ERT et carottages acquis sur le site d’Angeac-Charente.....	211
Fig. 128 – Section ERT1-AC.....	212
Fig. 129 – Section ERT2-AC.....	214
Fig. 130 – Section ERT3-AC.....	215
Fig. 131 – Section ERT4-AC.....	217
Fig. 132 – Section ERT5-AC.....	218
Fig. 133 – Section ERT6-AC.....	220
Fig. 134 – Log stratigraphique de la séquence AC01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	222
Fig. 135 – Log stratigraphique de la séquence AC02 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	224
Fig. 136 – Log stratigraphique de la séquence AC03 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	227
Fig. 137 – Log stratigraphique de la séquence AC04 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	229
Fig. 138 – Log stratigraphique de la séquence AC05 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	231

Fig. 139 – Log stratigraphique de la séquence AC06 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	233
Fig. 140 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence AC03.....	235
Fig. 141 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence AC04.....	236
Fig. 142 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT4-AC et du carottage AC03.....	237
Fig. 143 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT5-AC et du carottage AC04.....	238
Fig. 144 – Carte géologique et archéologique du site d'étude de Chaniers/Courcoury.....	242
Fig. 145 – Localisation des principaux aménagements hydrauliques actuels attribués au moulin et à la navigation sur le site de La Baine (Chaniers/Courcoury).....	243
Fig. 146 – Le moulin de la Baine.....	244
Fig. 147 – Plan général du fleuve Charente aux abords des moulins de la Baine pour la construction de l'écluse, du canal de dérivation et du barrage (1838-1842) (AD17, S5945, 25 octobre 1838).....	245
Fig. 148 – L'écluse, le canal de dérivation et la maison éclusière de la Baine.....	246
Fig. 149 – Chronologie des interventions anthropiques sur le site de la Baine sur la période récente.....	246
Fig. 150 – Cartographie des paléo-formes au niveau du site de Chaniers/Courcoury identifiées à partir du MNT LiDAR.....	247
Fig. 151 – Profils ERT et carottages acquis sur le site de Chaniers/Courcoury.....	248
Fig. 152 – Section ERT1-CHA.....	249
Fig. 153 – Section ERT2-CHA.....	251
Fig. 154 – Section ERT3-COU.....	252
Fig. 155 – Log stratigraphique de la séquence CHA01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	255
Fig. 156 – Log stratigraphique de la séquence COU01 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	257
Fig. 157 – Log stratigraphique de la séquence COU02 associé aux résultats des analyses de la teneur en matière organique et des analyses granulométriques.....	259
Fig. 158 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence CHA01.....	261
Fig. 159 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence COU01.....	262
Fig. 160 – Cadre chronologique et vitesses de sédimentation de la séquence COU02.....	263
Fig. 161 – Coupe interprétative de la plaine alluviale le long du profil ERT3-COU et des carottages COU01 et COU02.....	263
Fig. 162 – Coupe interprétative de la plaine alluviale au niveau du profil ERT2-CHA et du carottage CHA01.....	264
Fig. 163 – Synthèse de l'évolution du fleuve Charente au cours de l'Holocène et confrontation avec les facteurs de contrôle anthropiques et hydro-climatiques potentiels.....	272
Fig. 164 – Cartographie des sites archéologiques et des indices d'anthropisation pour la période du Néolithique sur le tronçon fluvial entre Angeac-Charente et Bourg-Charente..	280
Fig. 165 – Tendances évolutives de la mosaïque fluviale du fleuve Charente sur la période récente en corrélation avec les facteurs de contrôle anthropique et hydro-climatique.....	282

Table des tableaux

Tab. 1 – Caractéristiques des principaux cours d’eau anastomosés étudiés (complété et adapté de Fagan, 2001 et Makaske, 2001).....	35
Tab. 2 – Synthèse des caractéristiques hydrologiques du régime du fleuve Charente.....	48
Tab. 3 – Cotes consultées des Archives départementales et municipales.....	67
Tab. 4 – Inventaire des statistiques agricoles et forestières.....	70
Tab. 5 – Critères de la classification des crues du fleuve Charente (complété et adapté de With, 2014).....	77
Tab. 6 – Cotes relevées aux échelles limnimétriques d’Angoulême, Jarnac, Cognac et Saintes pour les crues importantes du fleuve Charente au cours du XX ^e siècle.....	85
Tab. 7 – Dates des ruptures des séries thermométriques et pluviométriques pour les stations de Saintes (1916-1938 et 1944-2018), Cognac (1944-2018) et Angoulême (1976-2018).....	96
Tab. 8 – Estimation de la marge d’erreur globale liée à la méthode utilisée sous SIG.....	140
Tab. 9 – Statistiques de l’indice de sinuosité à l’échelle du linéaire aux quatre dates d’analyse.....	149
Tab. 10 – Taux d’évolution de l’indice de la largeur de la bande fluviale.....	150
Tab. 11 – Taux d’évolution de l’indice de la largeur du chenal en eau.....	151
Tab. 12 – Modèle de trajectoire d’évolution à l’échelle du linéaire sur la période 1866-2017.....	160
Tab. 13 – Modèle de trajectoire d’évolution à l’échelle des zones homogènes sur la période 1866-2017.....	161
Tab. 14 – Valeurs de la puissance hydraulique et de la puissance spécifique du fleuve Charente aux quatre points de comparaison.....	163
Tab. 15 – Statistiques des indices morphométriques de la typologie des îles fluviales.....	171
Tab. 16 – Nombre d’îles et leur surface associée aux quatre dates étudiées.....	173
Tab. 17 – Nombre d’îles pour lesquelles le taux de croissance a été calculé aux trois périodes d’étude.....	179
Tab. 18 – Évolution du taux de croissance moyen des îles fluviales par zone et pour l’ensemble du linéaire aux trois périodes d’étude.....	180
Tab. 19 – Taux d’évolution de l’indice de la surface enherbée (en m ²) des îles.....	181
Tab. 20 – Taux d’évolution de l’indice de la surface boisée (en m ²) des îles.....	181
Tab. 21 – Modèles de trajectoire d’évolution des îles fluviales à l’échelle du linéaire.....	185
Tab. 22 – Inventaire des faciès sédimentaires identifiés.....	195
Tab. 23 – Datations radiocarbone des séquences du site d’étude d’Angeac-Charente.....	200
Tab. 24 – Datations radiocarbone des séquences du site d’étude de Chaniers/Courcoury..	201
Tab. 25 – Caractéristiques morphométriques des chenaux actuels du site d’Angeac-Charente.....	206
Tab. 26 – Caractéristiques géomorphométriques des îles du site d’Angeac-Charente.....	207
Tab. 27 – Caractéristiques des profils ERT acquis sur le site d’étude d’Angeac-Charente....	211
Tab. 28 – Caractéristiques des carottages effectués au niveau du site d’Angeac-Charente.	221
Tab. 29 – Caractéristiques morphométriques des chenaux actuels au site de Chaniers/Courcoury.....	241
Tab. 30 – Caractéristiques géomorphométriques des îles du site de Chaniers/Courcoury..	243

Tab. 31 – Informations relatives aux sections de résistivité sur le site de Chaniers/Courcours.....	249
Tab. 32 – Informations relatives aux carottages acquis sur le site de Chaniers/Courcours..	253
Tab. 33 – Caractéristiques morphométriques des paléochenaux anciens.....	270

Table des matières

Remerciements.....	1
Liste des abréviations.....	3
Sommaire.....	7
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	9
1. Contexte scientifique.....	11
2. Problématiques et objectifs de recherche.....	12
3. Démarche méthodologique.....	12
4. Organisation du mémoire.....	13
PARTIE 1 – CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET OBJET D’ÉTUDE.....	15
Chapitre 1. Les cours d’eau anastomosés à faible énergie : état des connaissances et des enjeux de recherche.....	17
1. Introduction.....	17
2. Système fluvial et hydrosystème.....	17
3. Typologie des cours d’eau : état de la recherche.....	19
4. Cours d’eau à faible énergie.....	21
<i>4.1. Caractérisation des cours d’eau à faible énergie.....</i>	<i>21</i>
<i>4.2. Typologie des cours d’eau à faible énergie.....</i>	<i>23</i>
5. Cours d’eau anastomosés.....	24
<i>5.1. Définition.....</i>	<i>24</i>
<i>5.2. État de la recherche sur les anastomoses.....</i>	<i>25</i>
<i>5.3. Typologie des cours d’eau/plaines alluviales anastomosé.e.s.....</i>	<i>29</i>
<i>5.4. Caractérisation de la structure de l’anastomose.....</i>	<i>30</i>
5.4.1. Caractérisation de la morphologie des chenaux.....	31
5.4.2. Caractérisation de la morphologie des îles.....	31
<i>5.5. Facteurs d’apparition et/ou d’évolution de l’anastomose.....</i>	<i>32</i>
5.5.1. Rôle des défluviations.....	32
5.5.2. Processus déterminant la morphologie de l’anastomose.....	33
<i>5.5.2.1. Une pente ou une puissance spécifique faible.....</i>	<i>33</i>
<i>5.5.2.2. Des berges cohésives et végétalisées.....</i>	<i>33</i>
<i>5.5.2.3. Une charge en suspension abondante.....</i>	<i>34</i>
<i>5.5.2.4. Une faible variabilité des niveaux d’eau.....</i>	<i>34</i>
<i>5.5.2.5. Aggradation de la plaine alluviale.....</i>	<i>34</i>
<i>5.6. Modèles de formation des anastomoses.....</i>	<i>35</i>
5.6.1. Hypothèse n°1 : Origine deltaïque des anastomoses.....	36
5.6.2. Hypothèse n°2 : Contrôle par l’aval.....	36
5.6.3. Hypothèse n°3 : Optimisation des transports de matière.....	36
5.6.4. Hypothèse n°4 : Contrôle par l’amont.....	37
<i>5.7. Vers une extinction de l’anastomose.....</i>	<i>37</i>
6. Conclusion.....	39

Chapitre 2. Le bassin versant de la Charente	41
1. Introduction	41
2. Localisation	41
3. Organisation géologique	42
4. Contexte climatique	43
5. Occupation du sol actuelle	45
6. Zones humides	46
7. Réseau hydrographique	46
8. Régime hydrologique du fleuve Charente	47
9. Évolution amont-aval du style fluvial/plaine alluviale du fleuve Charente	53
10. Conclusion	55
Chapitre 3. Enjeux scientifiques, échelles d'analyse et démarches méthodologiques	57
1. Introduction	57
2. Contexte scientifique de recherche	57
2.1. <i>Le fleuve Charente, un cours d'eau peu étudié</i>	57
2.2. <i>Une connaissance lacunaire de l'histoire des inondations</i>	58
2.3. <i>Une connaissance limitée des usages et des aménagements historiques</i>	58
2.4. <i>Une rupture du style fluvial</i>	59
3. Question de recherche	59
4. Objectifs de recherche	59
5. Approche méthodologique	60
5.1. <i>Apports de l'approche géohistorique</i>	60
5.2. <i>Apports de l'approche géomorphométrique</i>	61
5.3. <i>Apports de l'approche de terrain</i>	63
6. Conclusion	63
PARTIE 2 – RÔLE DES FORÇAGES HYDRO-CLIMATIQUES ET ANTHROPIQUES SUR LA DYNAMIQUE FLUVIALE DU FLEUVE CHARENTE	65
Chapitre 4. Démarche méthodologique mise en œuvre pour l'identification des facteurs de contrôle hydro-climatiques et anthropiques à partir de données géohistoriques	67
1. Introduction	67
2. Constitution du corpus de données	67
2.1. <i>Archives départementales et municipales</i>	67
2.2. <i>Sources imprimées complémentaires</i>	70
2.2.1. Statistiques agricoles et forestières	70
2.2.2. Presse locale et régionale	70
2.2.3. Sources bibliographiques	71
2.2.4. Données photographiques	72
2.3. <i>Données instrumentales</i>	72
3. Limites des données géohistoriques	73
3.1. <i>Limites des données d'archives</i>	73
3.2. <i>Limites sources imprimées complémentaires</i>	73

3.2.1. Statistiques agricoles et forestières.....	73
3.2.2. Presse locale et régionale.....	73
3.2.3. Sources bibliographiques.....	74
3.2.4. Données photographiques.....	74
4. Exploitation semi-quantitative des données géohistoriques sur les crues.....	75
<i>4.1. La variabilité hydrologique par les événements extrêmes.....</i>	<i>75</i>
<i>4.2. Classification des crues selon leur intensité.....</i>	<i>75</i>
5. Exploitation des données géohistoriques sur les usages anciens et leurs aménagements.....	77
<i>5.1. Atlas Géohistorique du Fleuve Charente : une base de données avec interface graphique.....</i>	<i>77</i>
<i>5.2. Observatoire photographique des paysages du fleuve Charente.....</i>	<i>79</i>
5.2.1. Re-photographie des paysages fluviaux.....	79
5.2.2. Construction d'une base de données en libre accès.....	80
Chapitre 5. Caractérisation du forçage hydro-climatique à travers le rôle des crues depuis le XVIII^e siècle.....	83
1. Introduction.....	83
2. Reconstitution de la dynamique hydrologique (1700-2018).....	83
3. Évolution de l'intensité de la dynamique hydrologique (1700-2018).....	84
4. Périodisation des événements de crue.....	86
5. Distinction entre les régimes dominés par les crues ou par les étiages.....	87
6. Évolution mensuelle et saisonnière de la dynamique hydrologique.....	88
<i>6.1. Répartition mensuelle des crues.....</i>	<i>89</i>
<i>6.2. Distribution saisonnière des crues : une prédominance des crues hivernales.....</i>	<i>89</i>
7. Fréquence de retour et chroniques des hauteurs d'eau.....	92
8. Mise en perspective avec les dynamiques climatiques locales, régionales et globales.....	93
<i>8.1. Corrélation entre les chroniques de crue du fleuve Charente et les indicateurs climatiques à l'échelle globale et régionale.....</i>	<i>93</i>
<i>8.2. Caractérisation des températures et des précipitations à l'échelle locale sur la période très récente.....</i>	<i>96</i>
8.2.1. Détection de ruptures dans les séries thermométriques et pluviométriques.....	96
8.2.2. Mise en perspective des chroniques climatiques et de crues.....	98
9. Confrontation avec les travaux à l'échelle des cours d'eau de la façade atlantique française.....	100
10. Conclusion.....	103
Chapitre 6. Usages et aménagements sur le fleuve Charente depuis le XVIII^e siècle.....	105
1. Introduction.....	105
2. Occupation du sol et son évolution.....	105
3. L'aménagement historique du fleuve Charente.....	107
<i>3.1. Présentation du corpus documentaire de la BD_Charente.....</i>	<i>107</i>
<i>3.2. La navigation fluviale et les pratiques d'entretien associées.....</i>	<i>110</i>

3.2.1. Les grands projets d'aménagement du XVIII^e siècle.....	110
3.2.2. Une reprise des aménagements pour la navigation (1825-1848).....	114
3.2.3. Les derniers aménagements en faveur de la navigation (1855-1890).....	117
3.2.4. L'abandon de la navigation (1895-1926).....	118
<i>3.3. La petite hydraulique.....</i>	<i>119</i>
3.3.1. Les moulins à eau charentais.....	120
3.3.2. Les formes d'aménagements hydrauliques.....	121
<i>3.4. Les pêcheries fluviales.....</i>	<i>122</i>
<i>3.5. Protection et entretien du cours d'eau.....</i>	<i>125</i>
<i>3.6. Le franchissement du fleuve Charente.....</i>	<i>126</i>
3.6.1. Les ponts.....	128
3.6.2. Les bacs.....	130
4. Conclusion.....	131

PARTIE 3 – CARACTÉRISATION, ORGANISATION SPATIALE ET DYNAMIQUES D'ÉVOLUTION DU FLEUVE CHARENTE SUR LA PÉRIODE RÉCENTE..... 133

Chapitre 7. Démarche méthodologique appliquée pour analyser la dynamique de la mosaïque fluviale du fleuve Charente.....	135
1. Introduction.....	135
2. Acquisition des données cartographiques.....	135
3. Intégration des données cartographiques dans un SIG.....	137
<i>3.1. Géoréférencement des cartes.....</i>	<i>137</i>
<i>3.2. Délimitation de la plaine alluviale.....</i>	<i>138</i>
<i>3.3. Digitalisation des formes fluviales et des modes d'occupation du sol.....</i>	<i>138</i>
4. Segmentation de la plaine alluviale.....	138
5. Estimation des erreurs de mesure.....	139
6. Calcul des indices géomorphométriques descriptifs.....	140
<i>6.1. Indices géomorphométriques descriptifs des tronçons fluviaux.....</i>	<i>140</i>
<i>6.2. Indices géomorphométriques descriptifs des îles fluviales.....</i>	<i>142</i>
7. Calcul de paramètres hydrogéomorphologiques.....	144
<i>7.1. Calcul de la pente.....</i>	<i>144</i>
<i>7.2. Calcul de la largeur du chenal.....</i>	<i>144</i>
<i>7.3. Calcul de la surface d'écoulement et estimation du débit.....</i>	<i>145</i>
<i>7.4. Calcul de la puissance spécifique.....</i>	<i>145</i>
8. Traitements statistiques.....	145
<i>8.1. Traitement des données géomorphométriques des tronçons fluviaux.....</i>	<i>145</i>
8.1.1. Analyse en Composante Principale.....	145
8.1.2. Classification Ascendante Hiérarchique.....	145
8.1.3. Segmentation de la plaine alluviale en unités homogènes.....	146
8.1.4. Autres méthodes de partitionnement.....	146
<i>8.2. Traitement des données géomorphométriques sur les îles.....</i>	<i>146</i>
8.2.1. Segmentation du linéaire par méthode linéaire.....	146
8.2.2. Typologie morphologique des îles par méthode des K-médoïdes.....	146
Chapitre 8. Évolution de la mosaïque fluviale du fleuve Charente au cours de la pé-	

riode 1866-2017 : caractérisation, typologie dynamique et trajectoires d'évolution.....	149
1. Introduction.....	149
2. Évolution globale des formes fluviales du fleuve Charente sur la période 1866-2017.....	149
<i>2.1. Évolution planimétrique globale des chenaux.....</i>	<i>149</i>
2.1.1. Évolution inter-période de l'indice de sinuosité.....	149
2.1.2. Évolution inter-période de la largeur de la bande fluviale.....	150
2.1.3. Évolution inter-période de la largeur du chenal en eau.....	150
2.1.4. Évolution inter-période du nombre de chenaux.....	151
<i>2.2. Évolution planimétrique globale des îles.....</i>	<i>152</i>
3. Typologie dynamique des formes fluviales du fleuve Charente sur la période 1866-2017.....	153
<i>3.1. Analyse des résultats statistiques.....</i>	<i>153</i>
3.1.1. Analyse en Composante Principale.....	153
3.1.2. Classification Ascendante Hiérarchique.....	154
<i>3.2. Segmentation de la plaine alluviale en unités homogènes.....</i>	<i>156</i>
<i>3.3. Analyse spatiale de la typologie dynamique des formes fluviales.....</i>	<i>156</i>
3.3.1. Analyse spatiale globale.....	156
3.3.2. Analyse spatiale à l'échelle des zones homogènes.....	158
<i>3.4. Modèles de trajectoire d'évolution.....</i>	<i>160</i>
3.4.1. Trajectoire d'évolution à l'échelle du linéaire.....	160
3.4.2. Trajectoire d'évolution à l'échelle des zones homogènes.....	161
4. Caractérisation de la plaine alluviale charentaise : estimation de la puissance spécifique.....	162
5. Évolution du style fluvial du fleuve Charente sur la période 1689-1866 à partir d'une approche qualitative des cartes anciennes.....	165
<i>5.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente.....</i>	<i>165</i>
<i>5.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Bourg-Charente.....</i>	<i>166</i>
<i>5.3. La zone Z3 entre Saint-Brice et Merpins.....</i>	<i>166</i>
<i>5.4. La zone Z4 entre Saint-Laurent-de-Cognac et Saintes.....</i>	<i>167</i>
6. Conclusion.....	167
Chapitre 9. Caractérisation, typologie et évolution des îles du fleuve Charente au cours de la période 1866-2017.....	169
1. Introduction.....	169
2. Segmentation du linéaire fluvial en unités homogènes.....	169
3. Morphométrie et organisation spatiale des îles fluviales.....	169
<i>3.1. Caractérisation morphologique des îles fluviales.....</i>	<i>169</i>
<i>3.2. Distribution spatiale des îles fluviales.....</i>	<i>172</i>
3.2.1. Distribution spatiale à l'échelle du linéaire.....	172
3.2.2. Distribution spatiale à l'échelle des zones homogènes.....	173
<i>3.2.2.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente.....</i>	<i>173</i>
<i>3.2.2.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Cognac.....</i>	<i>174</i>
<i>3.2.2.3. La zone Z3 entre Merpins et Saintes.....</i>	<i>174</i>
4. Évolution des îles fluviales au cours de la période 1866-2017.....	175

4.1. Analyse spatiale de la typologie morphologique des îles fluviales.....	175
4.1.1. Analyse spatiale inter-période à l'échelle du linéaire.....	175
4.1.2. Analyse spatiale inter-période à l'échelle des zones homogènes.....	175
4.1.2.1. La zone Z1 entre Angoulême et Châteauneuf-sur-Charente.....	175
4.1.2.2. La zone Z2 entre Angeac-Charente et Cognac.....	176
4.1.2.3. La zone Z3 entre Merpins et Saintes.....	177
4.2. Analyse de l'évolution morphométrique des îles fluviales.....	177
4.3. Évolution du taux de croissance des îles fluviales.....	179
4.4. Évolution du couvert végétal des îles fluviales.....	180
5. Trajectoires d'évolution des îles fluviales sur la période 1866-2017.....	182
5.1. Typologie d'évolution des îles fluviales.....	182
5.2. Analyse spatiale de la typologie d'évolution.....	183
5.3. Trajectoire d'évolution des îles du fleuve Charente.....	184
6. Conclusion.....	186

PARTIE 4 – ARCHITECTURE SÉDIMENTAIRE DE LA PLAINE ALLUVIALE DU FLEUVE CHARENTE AU COURS DE L'HOLOCÈNE..... 187

Chapitre 10. Démarche méthodologique mise en place pour analyser l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale du fleuve Charente..... 189

1. Introduction.....	189
2. Sélection des sites d'étude.....	189
3. Acquisition des données de terrain.....	190
3.1. Topographie : identification des paléo-formes dans la plaine alluviale.....	190
3.2. Tomographie de résistivité électrique.....	191
3.3. Carottage.....	192
3.4. Bathymétrie mono-faisceaux.....	193
4. Traitement des données sédimentaires.....	194
4.1. Description des séquences sédimentaires.....	194
4.2. Méthodes d'analyse des séquences sédimentaires.....	196
4.2.1. Teneur en matière organique (perte au feu).....	196
4.2.2. Analyses granulométriques.....	197
4.2.3. Traitement des données granulométriques.....	197
4.2.3.1. Caractérisation de la texture granulométrique des séquences.....	197
4.2.3.2. Interpolation des données granulométriques.....	197
4.2.3.3. Modélisation des membres finaux (EMMA).....	198
4.2.3.4. Caractérisation des processus de transport/dépôt (Image CM).....	199
5. Chronologie : datation ¹⁴C et modèle d'âge/profondeur.....	200
6. Traitement des données bathymétriques.....	201
6.1. Cartographie bathymétrique.....	201
6.2. Calcul du rapport largeur/profondeur.....	202

Chapitre 11. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site d'Angeac-Charente..... 205

1. Introduction.....	205
-----------------------------	------------

2. Présentation du site d'étude	205
2.1. Site d'étude.....	205
2.2. Historique de l'aménagement hydraulique du site.....	207
3. Analyse des paléo-formes dans la topographie actuelle	209
4. Les données de résistivité	211
4.1. Profil ERT1-AC.....	212
4.1.1. Description.....	212
4.1.2. Interprétation.....	213
4.2. Profil ERT2-AC.....	213
4.2.1. Description.....	213
4.2.2. Interprétation.....	214
4.3. Profil ERT3-AC.....	215
4.3.1. Description.....	215
4.3.2. Interprétation.....	216
4.4. Profil ERT4-AC.....	216
4.4.1. Description.....	216
4.4.2. Interprétation.....	217
4.5. Profil ERT5-AC.....	218
4.5.1. Description.....	218
4.5.2. Interprétation.....	219
4.6. Profil ERT6-AC.....	219
4.6.1. Description.....	219
4.6.2. Interprétation.....	220
5. Les données de carottages	220
5.1. Séquence AC01.....	221
5.1.1. Description.....	221
5.1.2. Interprétation.....	223
5.2. Séquence AC02.....	223
5.2.1. Description.....	223
5.2.2. Interprétation.....	225
5.3. Séquence AC03.....	226
5.3.1. Description.....	226
5.3.2. Interprétation.....	228
5.4. Séquence AC04.....	228
5.4.1. Description.....	228
5.4.2. Interprétation.....	230
5.5. Séquence AC05.....	230
5.5.1. Description.....	230
5.5.2. Interprétation.....	232
5.6. Séquence AC06.....	233
5.6.1. Description.....	233
5.6.2. Interprétation.....	234
6. Chronologie	235
6.1. Chronologie de la séquence AC03.....	235
6.2. Chronologie de la séquence AC04.....	236

7. Synthèse	236
8. Conclusion	239

Chapitre 12. Caractérisation de l'architecture sédimentaire de la plaine alluviale et de ses formes au niveau du site de Chaniers/Courcoury	241
1. Introduction	241
2. Présentation du site d'étude	241
2.1. <i>Site d'étude</i>	241
2.2. <i>Historique de l'aménagement hydraulique du site de la Baine</i>	243
3. Analyse des paléo-formes dans la topographie actuelle	247
4. Analyse et interprétation de la géométrie de la plaine alluviale et de l'île à partir des profils ERT	248
4.1. <i>Profil ERT1-CHA</i>	249
4.1.1. Description	249
4.1.2. Interprétation	250
4.2. <i>Profil ERT2-CHA</i>	250
4.2.1. Description	250
4.2.2. Interprétation	251
4.3. <i>Profil ERT3-COU</i>	251
4.3.1. Description	251
4.3.2. Interprétation	252
5. Analyse et interprétation du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des îles à partir des données stratigraphiques	252
5.1. <i>Séquence CHA01</i>	253
5.1.1. Description	253
5.1.2. Interprétation	255
5.2. <i>Séquence COU01</i>	256
5.2.1. Description	256
5.2.2. Interprétation	258
5.3. <i>Séquence COU02</i>	258
5.3.1. Description	258
5.3.2. Interprétation	260
6. Chronologie	261
6.1. <i>Chronologie de la séquence CHA01</i>	261
6.2. <i>Chronologie de la séquence COU01</i>	262
6.3. <i>Chronologie de la séquence COU02</i>	262
7. Synthèse	263
8. Conclusion	264

PARTIE 5 – TRAJECTOIRE D'ÉVOLUTION DU FLEUVE CHARENTE À L'Holocène : MODÈLE D'ÉVOLUTION ET FACTEURS DE CONTRÔLE	267
--	-----

Chapitre 13. Modèle d'évolution du fleuve Charente à l'Holocène : apports des approches géohistorique, géomorphométrique et stratigraphique	269
1. Introduction	269

2. Évolution du système fluvial de la Charente à l'Holocène	269
2.1. <i>Dynamique d'évolution à l'échelle de la section amont Angoulême-Cognac : l'anastomose, une forme héritée d'un style en tresses</i>	269
2.1.1. Dynamique fluviale à la période pré-Holocène : un système fluvial en tresses	269
2.1.2. Dynamique fluviale à l'Holocène ancien : un système fluvial déjà anastomosé ? ...	271
2.1.3. Dynamique fluviale à l'Holocène récent : vers une simplification de l'anastomose ?	271
2.2. <i>Dynamique d'évolution à l'échelle de la section aval Cognac-Saintes : transition d'un système estuarien vers un système fluvial</i>	273
2.2.1. Dynamique fluviale à l'Holocène ancien : un système fluvio-estuarien	273
2.2.2. Dynamique fluviale à l'Holocène récent : un système fluvial à chenal unique à méandres	273
3. Évolution du système fluvial de la Charente sur la période récente (fin XVII^e siècle-Actuel)	274
3.1. <i>Dynamique fluviale entre la fin du XVII^e siècle et la fin du XVIII^e siècle</i>	274
3.2. <i>Dynamique fluviale du fleuve Charente du milieu du XIX^e siècle jusqu'à l'Actuel : stabilité globale de la mosaïque fluviale et ajustements fluviaux locaux</i>	275
4. Conclusion	276
Chapitre 14. Dynamiques d'évolution du fleuve Charente en réponse aux facteurs hydro-climatiques et anthropiques et aux héritages géomorphologiques	277
1. Introduction	277
2. La stabilité globale de la mosaïque fluviale de la Charente sur le temps long : la conséquence de facteurs structurels	277
3. Vers une simplification de la mosaïque fluviale : une réponse à la variabilité environnementale	278
3.1. <i>Une phase ancienne de simplification de l'anastomose (Néolithique-Âge du Bronze)</i> ..	278
3.2. <i>Une phase de simplification de l'anastomose amorcée au haut Moyen Âge</i>	281
3.3. <i>Une phase de simplification de l'anastomose entre les fins du XVIII^e siècle et du XIX^e siècle : une réponse à la variabilité environnementale</i>	281
4. La complexification de la mosaïque fluviale	284
4.1. <i>La complexification de la mosaïque fluviale sur la période antérieure au XX^e siècle : une conséquence des aménagements hydrauliques</i>	284
4.2. <i>La complexification de la mosaïque fluviale au cours du XX^e siècle : une réponse à la variabilité climatique</i>	285
5. Conclusion	285
CONCLUSION GÉNÉRALE	287
1. Rappel du contexte et des objectifs de recherche	289
2. Apports scientifiques et méthodologiques principaux	289
3. Synthèse des principaux résultats	289
3.1. <i>Une anastomose simplifiée héritée d'un style en tresses pré-Holocène ? (section amont)</i>	289

3.2. Une anastomose complexe mais montrant des traces de simplification	290
3.3. Une transition d'un système fluvio-estuarien à un système fluvial vers le milieu du Subboréal (section aval).....	290
3.4. Des signaux climatiques discrets et peu corrélés aux RCC	291
3.5. Stabilité globale de la mosaïque fluviale entre 1866 et l'Actuel.....	291
3.6. Simplification récente de l'anastomose charentaise.....	291
3.7. Complexification localisée de la mosaïque fluviale.....	292
4. Perspectives de recherche et d'application.....	292
4.1. Améliorer la connaissance sur le fonctionnement et la dynamique de l'anastomose charentaise.....	292
4.2. Acquérir de nouvelles données sur la trajectoire d'anthropisation du fleuve Charente.....	294
4.3. Renforcer les données de terrain et préciser les incertitudes chronologiques.....	294
4.4. Développer de nouvelles thématiques et méthodes de recherche.....	294
4.4.1. Établir un modèle de restauration le long du fleuve Charente et de ses affluents..	294
4.4.2. Quantifier les impacts anthropiques cumulés sur les systèmes fluviaux.....	295
4.5. Étendre le cadre géographique et apporter une dimension comparative.....	295
Références bibliographiques.....	297
Table des figures.....	335
Table des tableaux.....	341
Table des matières.....	343
Table des annexes.....	353
Annexes.....	355

Table des annexes

Annexe A : Exemple d'une fiche synthèse de la BD_Fiche - Aménagement de l'écluse de l'île de la Baine (Chaniers).....	355
Annexe B : Exemple d'une fiche synthèse de la BD_Fiche - Crue de décembre 1882.....	360
Annexe C : Évolution des séries climatiques à la station de Cognac avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.....	366
Annexe D : Évolution des séries climatiques à la station d'Angoulême avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.....	367
Annexe E : Levé bathymétrique au site d'étude d'Angeac-Charente.....	368
Annexe F : Levé bathymétrique au site d'étude de Chaniers/Courcoury.....	369
Annexe G : État des lieux de la restauration du fleuve Charente et de ses principaux affluents.....	370
Annexe H : Application d'une approche semi-quantitative pour estimer les impacts des interventions anthropiques sur les systèmes fluviaux : l'exemple du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France).....	371

Annexe A : Exemple d'une fiche synthèse de la BD_Fiche - Aménagement de l'écluse de l'île de la Baine (Chaniers)

Références de la fiche synthèse

Numéro de la fiche synthèse : AHFCharente-Amenagement_0010

Date(s) de l'étude : 2017/2021

Date(s) de rédaction : 2018

Cadre de l'étude : Atlas Géohistorique du fleuve Charente (Doctorat Amélie Duquesne)

Catégorie(s) : Aménagement(s) pour la navigation

Sous-catégorie(s) : Écluse

Localisation

Nouvelle-Aquitaine (Poitou-Charentes), Charente-Maritime
Chaniers, île de la Baine

Descriptif

Description de l'aménagement

L'écluse de la Baine est implantée à l'extrémité de la partie aval du canal de dérivation, long de 338 m et large de 12 m, aménagé également au cours de cette période. L'écluse à sas mesure 48,80 m de long et 6,50 m de large.

Contexte général

Lors des étiages sévères, les gabarriers sont contraints de réduire leur chargement de moitié et passent difficilement les hauts fonds du bras de l'Étier. L'ingénieur Dor propose alors la création d'une écluse à sas située sur un canal de dérivation aménagé à cet effet et d'un barrage afin de concentrer les eaux dans le canal pour permettre la navigation en toute saison. La construction de l'écluse de l'île de la Baine est associée à l'aménagement de la maison éclusière destiné à l'éclusier de la Baine.

Détail des travaux

L'écluse est construite en pierre de Saint-Vaize et de Crazannes. Elle repose sur un massif de béton d'un mètre d'épaisseur, sur un talus incliné à 45°. L'écluse est constituée de quatre bajoyers aux extrémités arrondies longs de 48,50 m, larges de 4,60 m et espacés de 6,50 m. Elle est fermée par des portes busquées constituées chacune de deux vantaux. Chaque vantail mesure 4,40 m de hauteur et 4 m de longueur.

Déroulement des travaux

Travaux d'investigation : 1834-1838

Approbation : 12/09/1838

Début des travaux : 1838

Fin des travaux : 1843

Évènement(s) relatif(s) aux travaux : Le 10/09/1840 un arrêté est prononcé à l'encontre de l'entrepreneur Etienne Raoult pour « non-respect de l'ordre en service ». En raison du retard pris dans les travaux de l'écluse, un délai est accordé à l'entrepreneur pour rattraper son retard dont la date est fixée jusqu'au 01/10/1840.

Réalisation des travaux

Maître d'ouvrage : Administration des Ponts et Chaussées

Maître d'oeuvre :

Etude et suivi des travaux : Ingénieur Chalumeau des Ponts et Chaussées

Entreprise : Entrepreneur Etienne Raoult

Coût et financement des travaux

Coût total : 140 000 francs (pour l'écluse, le barrage, la maison éclusière et le canal de dérivation) dont 6 294,23 francs de dépenses imprévues. 116 579,23 francs pour la construction de l'écluse et du canal et 5 409,12 francs pour l'aménagement de la maison éclusière.

Information(s) relative(s) au financement :

Sources relatives à l'aménagement

Archives

Fond consultable	Cote	Titre	Date
AD17	S 9630	Demande d'une indemnité réclamée par le sieur Raoul, entrepreneur des travaux de l'écluse de la Baine	04/11/1841
AD17	S 9630	Travaux concernant la construction d'une écluse, d'une maison éclusière, d'un canal de dérivation et d'un barrage sur l'île de la Baine	21/10/1838
AD17	S 9630	Décompte général des travaux approuvés et des dépenses faites pour la construction d'une écluse, d'une maison éclusière, d'un canal de dérivation, de risbermes et d'un barrage	28/11/1842
AD17	S 9630	Tableau comparatif des travaux approuvés et des dépenses faites pour la construction d'une écluse,	05/04/1843

		d'une maison éclusière, d'un canal de dérivation, de risbermes et d'un barrage	
AD17	S 9630	Arrêté notifiant que les travaux de construction d'une écluse à la Baine ne sont pas terminés par l'entreprise du sieur Raoult	10/09/1840
AD17	S 9630	Précision d'un arrêté pour les travaux relatif à la situation des travaux de construction d'une écluse à la Baine	10/09/1840
AD17	S 9630	Tableau des parcelles de terrain à acquérir pour la construction d'une écluse et l'ouverture d'un canal de dérivation à la Baine	25/10/1838
AD17	S 9630	Bordereau des prix des ouvrages à faire pour la construction d'une écluse, d'un barrage, d'une maison éclusière et d'un canal de dérivation	25/10/1838
AD17	S 9630	Métré et estimatif des ouvrages à faire pour la construction d'une écluse, d'un barrage, d'une maison éclusière et d'un canal de dérivation	25/10/1838
AD17	S 9630	Devis des travaux à faire pour la construction d'une écluse, d'un barrage, d'une maison éclusière et d'un canal de dérivation	25/10/1838
AD17	S 9630	Élévation aval et amont d'un ventail	25/10/1838
AD17	S 9630	Plan et élévation des colliers, élévation et coupe de la vis, coupe sur	25/10/1838

		l'axe du cabestan, plan et coupe du champignon, plan d'un rouleau et plan et coupe de la crapaudine	
--	--	---	--

Bibliographie

Auteur	Titre	Edition	Date
/	/	/	/

Iconographie

Fond consultable	Cote	Titre	Date
AD17	S 9630	Plan général de l'écluse de la Baine et de ses abords	01/09/1842
AD17	S 9630	Plan des deux bras de la Charente séparés pour l'île de la Baine dont l'un est le bras navigable désigné sous la dénomination de l'Etier et l'autre la dérivation des moulins de Baine	25/02/1834
AD17	S 9630	Coupe en long et en travers de l'écluse de la Baine	25/10/1838
AD17	S 9630	Coupe et appareil de l'écluse de la Baine : Demi-plan à 2 m en contre-haut du radier et demi-plan au bas du radier	25/10/1838
AD17	S 9630	Profil en long des fouilles de l'écluse et plan des fouilles de l'écluse et des massifs en béton associés à une coupe et une élévation intérieure du batardeau des extrémités et d'une coupe et d'une élévation intérieure du batardeau pour le coulage	25/10/1838

Presse locale

Fond consultable	Cote	Titre de la revue	Titre de l'article	Date
------------------	------	-------------------	--------------------	------

/	/	/	/	/
---	---	---	---	---

Autres documents

Type de document	Titre	Auteur	Date
/	/	/	/

Annexe B : Exemple d'une fiche synthèse de la BD_Fiche - Crue de décembre 1882

Références de la fiche synthèse

Numéro de la fiche synthèse : AHFCharente-Crue_0043

Date(s) de l'étude : 2017/2021

Date(s) de rédaction : 2018

Cadre de l'étude : Atlas Géohistorique du fleuve Charente (Doctorat Amélie Duquesne)

Catégorie(s) : Crue/Inondation

Niveau : Niveau 4 : Crue extrême et exceptionnelle

Date(s) : 04/12/1882 au 20/12/1882 (date de fin à préciser)

Déroulement de l'inondation

Conditions météorologiques

Année très pluvieuse. Du 1^{er} décembre 1881 au 1^{er} décembre 1882, 208 jours de pluies ont été enregistrés et sur les 157 jours restants, 100 jours ont été marqués par un temps couvert.

Fortes pluies en début décembre marquées par un orage de grêle et de neige dans l'après-midi du 6 décembre vers 14 heures.

Description de l'évènement

Forte crue de la Charente. Débordement soudain résultant des fortes pluies du début du mois de décembre. La crue de 1882 est la plus forte depuis 1842. Elle a atteint à Angoulême la même hauteur qu'en 1872 et le maximum de crue est à 30 cm au-dessous du niveau constaté en 1859.

Le Charentais : « *Vue du haut du rempart du Nord, la Charente offre, dans sa largeur, l'aspect d'un immense lac, d'où l'on voit émerger la toiture des lavoirs établis sur les bords du fleuve* » (07/12/1882).

L'Observateur de Ruffec : « *Sur tout son parcours, la Charente a pris des proportions gigantesques ; depuis la limite de la Vienne, elle s'étend jusqu'au pied des coteaux qui la longent à une assez grande distance* ».

La Charente est en crue le 6 décembre à Angoulême et atteint son maximum dans la nuit du 8 décembre. Le matin du 8 décembre à 8 heures, la crue est stationnaire et une décroissance des eaux s'observe à partir de midi et s'accroît le 9 décembre. Le 10 décembre, la Charente est pratiquement rentrée dans son lit à Angoulême.

Plusieurs solutions dans l'urgence sont mises en place pour lutter contre la crue de la Charente à Angoulême : réquisition de 13 embarcations par le commissaire central pour l'évacuation des habitants dans les zones inondées, installation d'un poste de police à partir du 7 décembre pour assurer la sécurité des habitants et construction d'un mur en pierres sèches d'une hauteur de 20 centimètres sur une largeur de 10 afin d'empêcher le drainage des terres.

À Saintes, la crue de la Charente est extrêmement forte. Cependant, cet évènement est relayé au second plan dans les journaux locaux en raison de l'épidémie de fièvre typhoïde qui frappe la ville en particulier dans le faubourg de Saint-Pallais. Cette maladie s'est développée et accentuée suite au climat humide résultant de la crue.

Évènement par commune

Commune	Description	Date
Saintes et ses environs	L'eau s'élève de plusieurs mètres au-dessus du niveau des prairies situées en amont de Saintes et s'introduit dans les terrains ensemencés et les quartiers d'habitation. A l'aval du pont de Saintes, une partie des maisons du quai des Frères et de la rue du Pé-rat sont inondées ainsi que les chemins et les prairies.	
Angoulême	Les îles Bourgine et Marquet ont disparu sous l'eau. A Saint-Cybard, une partie des maisons ont deux pieds dans l'eau et les communications sont faites par bateaux. A l'Houmeau, plusieurs commerces sont envahis par les eaux et au Gond les routes sont interrompues. L'eau arrive au pied des murs de l'abattoir.	05/12/1882 au 09/12/1882
Basseau	L'ensemble du village est inondé. Plusieurs familles se sont retrouvées bloquées et isolées pendant plusieurs jours.	Nuit 06/12/1882 au 07/12/1882 jusqu'au 09/12/1882
L'Houmeau-Pontouvre	40 maisons sont envahies par les eaux.	
Vindelle	Evacuation de plusieurs maisons situées sur les bords de la Charente.	
Cognac	Inondation de la rue de Crouin, de la rue de Boutiers	

	et du faubourg Saint-Jacques.	
--	-------------------------------	--

Relevés limnimétriques

Saintes

Date	Description	Cote NGF	Echelle
09/12/1882		6,35	Echelle amont du pont Palissy

Angoulême

Date	Description	Cote NGF	Echelle
08/12/1882		3,59	Echelle non précisée
08/12/1882 à 6:00		3,56	Echelle non précisée

Impacts de l'inondation

Type de dommage	Localisation	Description du dommage	Date
Bâtiment urbain	Ile Bourguine, Ile Marquet, quartier de Saint-Cybard, rue de la Charente (Angoulême)	Inondation des caves et rez-de-chaussée des habitations. 28 maisons ont été envahies par les eaux. Les habitants ont trouvé refuge dans les étages supérieurs. Déménagement des habitants des îles Bourguine et Marquet et de la rue de Saint-Cybard et de la Charente	À partir du 05/12/1882
Bâtiment urbain	Rue de Crouin, rue de Boutiers, faubourg Saint-Jacques (Cognac)	Inondation des caves et des rez-de-chaussée. Inondation des chais.	
Bâtiment urbain	Le Pérat	Dégâts matériels importants aux domiciles des sieurs Desrantes et Robert	04/12/1882
Commerce	Quartier de Saint-Cybard (Angoulême)	L'eau a envahi plusieurs magasins ou chais	À partir du 05/12/1882
Industrie	Quartier de Saint-	Suspension du travail	À partir du

	Cybard (Angoulême),	dans plusieurs usines	05/12/1882
Industrie	Ile face au port de l'Houmeau	Inondation de l'usine à plâtre de M. Marchoux	07/12/1882
Industrie	Gond et Chalonne	Arrêt des minoteries	
Industrie	Trois-Palis	L'usine de papier de La Mothe est envahie par les eaux	07/12/1882
Industrie	Quartier de Saint-Cybard (Angoulême)	Dépendances de la fonderie Barreau sont complètement inondées. Les barrages à clairevoie de la fonderie ont été rompus et emportés. Les ateliers sont également menacés par la crue	À partir du 08/12/1882
Industrie	Rue de la Charente (Angoulême)	Un des ateliers de la tréfilerie Weiller est entouré par les eaux	À partir du 08/12/1882
Industrie	Cognac	Suspension du travail pour les 150 ouvriers de la scierie de M. Georges Faure.	
Ouvrage	Grand'Font (Angoulême)	Une partie du pan de mur du jardin de M. Destienne s'est écroulée suite à l'infiltration des eaux	Nuit du 05/12/1882 au 06/12/1882
Réseau routier	Route du Gond	Route coupée par les eaux	À partir du 05/12/1882
Réseau routier	Route qui longe le port de l'Houmeau	Route submergée	05/12/1882 au 09/12/1882
Eau potable	Angoulême	Suspension momentanée du service d'eau pour un certain nombre de fontaines de la ville et des faubourgs	07/12/1882

Géomorphologie

Localisation	Description	Date
/	/	/

Solutions post-inondation

Type de solution	Localisation	Description	Date
Etablissement d'un canal de décharge	Amont de Saintes près du village de Saint-Sorlin jusqu'en aval de la Charente à 1 300 mètres du pont de Saintes	Demande des pétitionnaires riverains de la Charente d'ouvrir un canal de décharge de 3 300 mètres pour remédier à l'insuffisance du débouché de la Charente dans la traversée de Saintes. Projet rejeté par le service des Ponts et Chaussées en raison de son coût et de son inefficacité.	16/09/1884

Sources relatives à l'inondation

Archives

Fond consultable	Cote	ID	Titre	Date
AD17	S 6571	98	Rapport dressé par le conducteur principal des Ponts et Chaussées. Demande d'établissement d'un canal de décharge autour de Saintes	16/09/1884

Bibliographie

Auteur	Titre	Références d'édition	Date
/	/	/	/

Iconographie

Fond consultable	Cote	Titre	Date
/	/	/	/

Presse locale

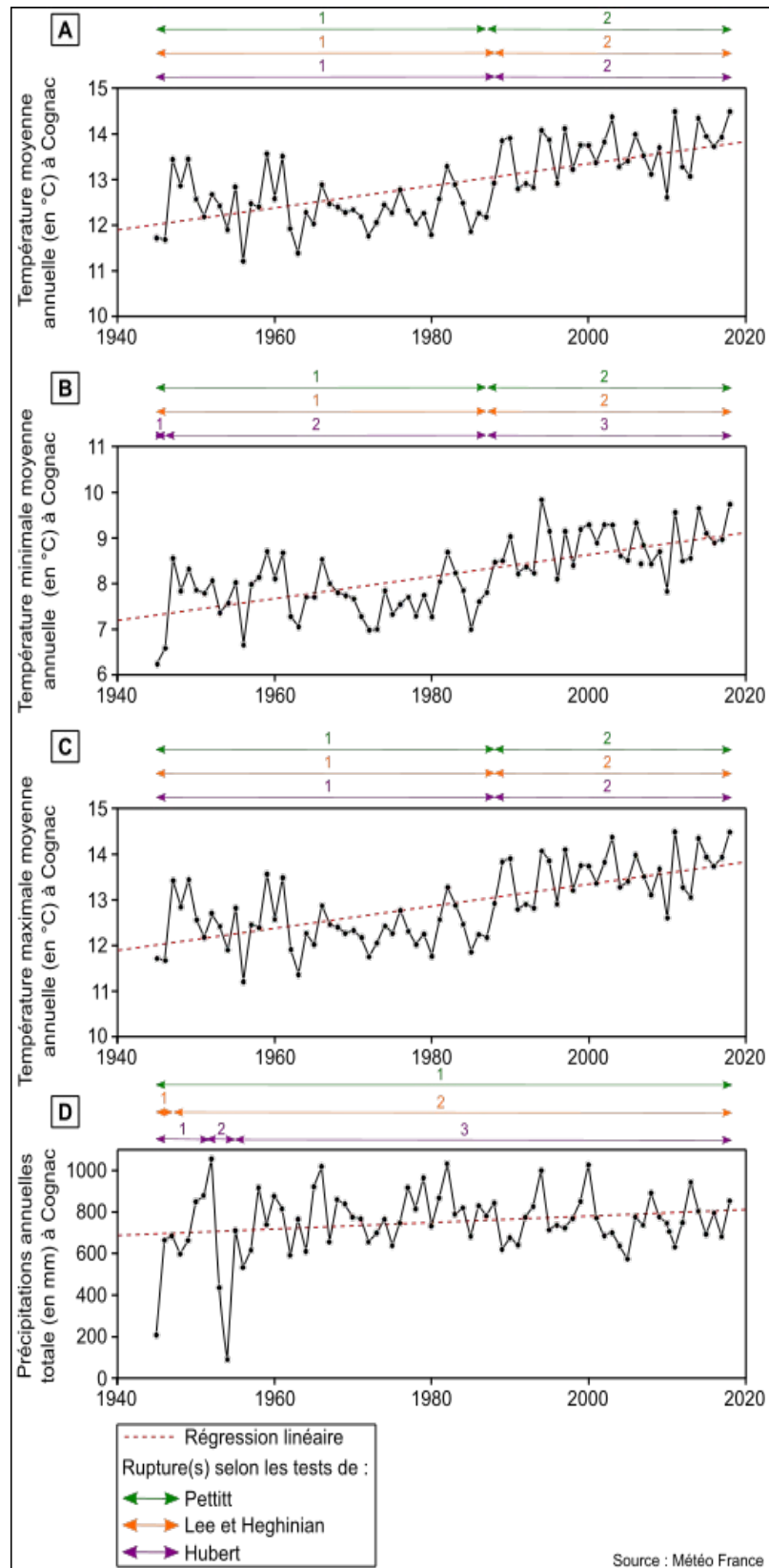
Fond consultable	Cote	Titre de la revue	Titre de l'article	Date
AD16	Fonds numérisé	Le Charentais		07/12/1882

AD16	Fonds numérisé	La Charente		07/12/1882
AD16	Fonds numérisé	Le Charentais		08/12/1882
AD16	Fonds numérisé	La Charente		08/12/1882
AD16	Fonds numérisé	Le Charentais		09/12/1882
AD16	Fonds numérisé	Le Charentais		10/12/1882
AD16	Fonds numérisé	Le Charentais		11/12/1882 et 12/12/1882
AD16	Fonds numérisé	L'Ere nouvelle des Charentes	La pluie et les inondations	18/12/1914

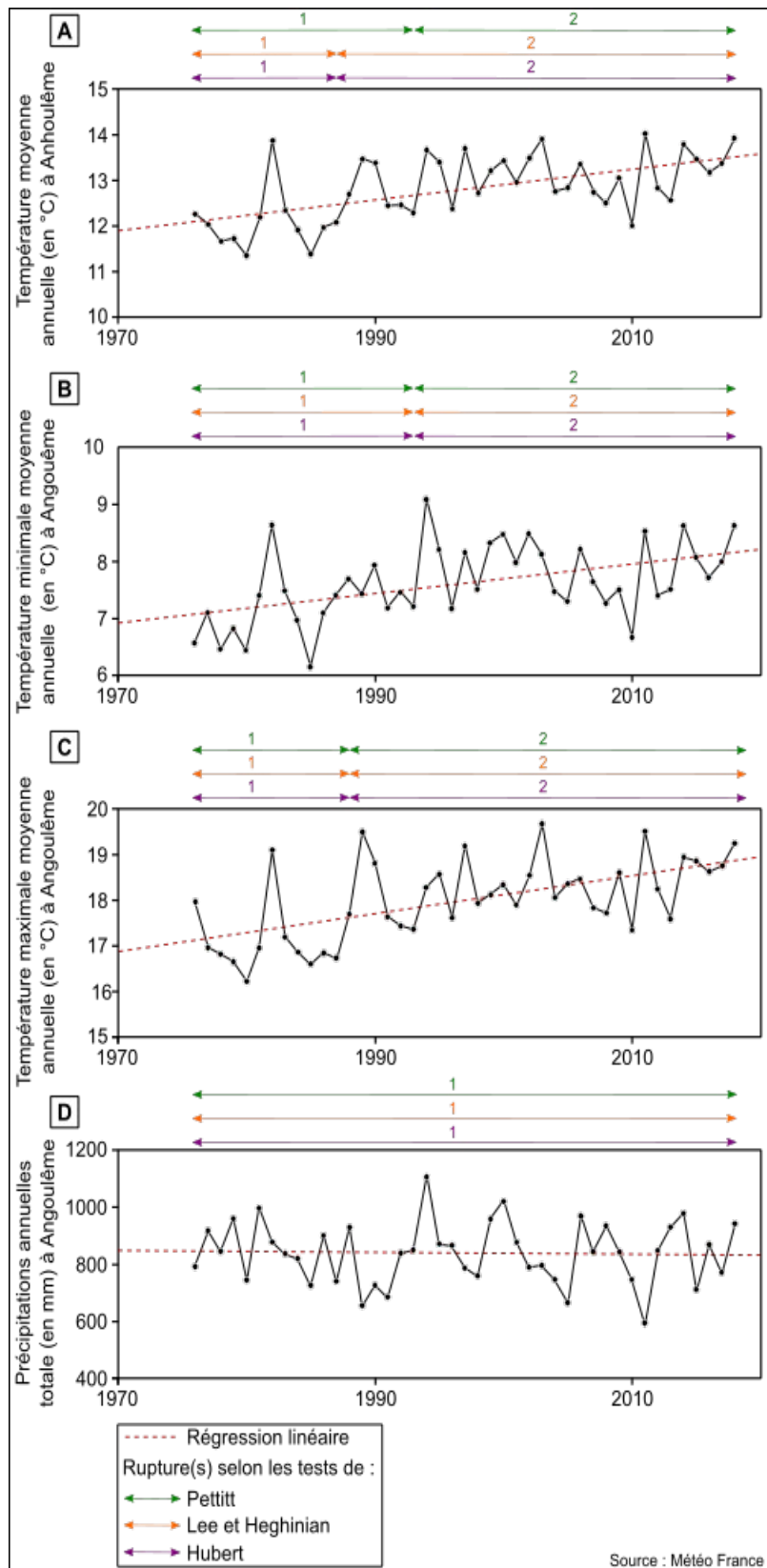
Autres documents

Type de document	Titre	Auteur	Date
/	/	/	/

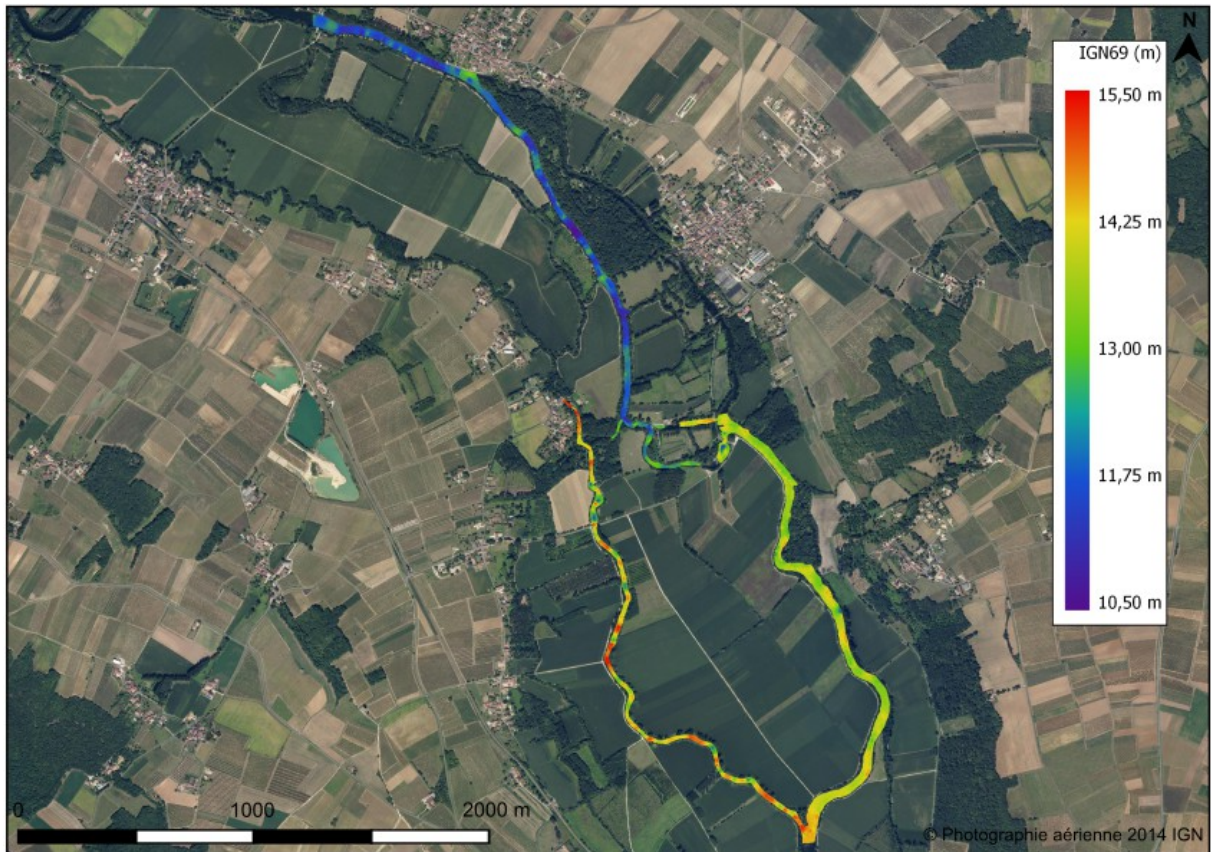
Annexe C : Évolution des séries climatiques à la station de Cognac avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.



Annexe D : Évolution des séries climatiques à la station d'Angoulême avec indication des périodes déterminées par les ruptures statistiques des tests de Pettitt, Lee et Heghinian et Hubert.



Annexe E : Levé bathymétrique au site d'étude d'Angeac-Charente.



Annexe F : Levé bathymétrique au site d'étude de Chaniers/Courcoury.



Annexe G : État des lieux de la restauration du fleuve Charente et de ses principaux affluents

État des lieux de la restauration du fleuve Charente et de ses principaux affluents

Amélie DUQUESNE, Guillaume HEURTEBIZE et Jean-Michel CAROZZA

Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) - UMR 7266 CNRS - La Rochelle Université

INTRODUCTION

Depuis octobre 2000, la Directive cadre européenne sur l'eau (directive 2000/60/CE) (DCE) fixe une série d'objectifs ambitieux pour la gestion et la préservation des milieux aquatiques dont l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau souterraines et superficielles d'ici 2015 (maintenant 2027). Or, l'état des lieux initial du bassin versant de la Charente effectué dans le cadre de l'élaboration du SDAGE (2010-2015) conclue à une dégradation générale de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant. Seulement 14% des masses d'eau superficielles du périmètre du schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) Charente sont déclarées en bon état écologique contre 47% pour le bassin Adour-Garonne. A l'échelle de la Charente, 18% des masses d'eau sont en bon état écologique dans la partie en amont et 6% dans la partie en aval. La pollution des eaux par les nitrates et les phosphates et la faible continuité écologique pour assurer la migration des poissons sont les deux obstacles majeurs à l'atteinte du bon état pour 73% et 48% des masses d'eau du bassin ce qui a conduit à la mise en oeuvre de divers projets de restauration. Le terme de "restauration" rassemble ici les actions dont l'objectif est la reconstitution des fonctionnalités des milieux, la création de nouvelles fonctionnalités ou la reconstitution d'un état antérieur de l'écosystème dans une démarche de durabilité.

ZONE D'ETUDE

Les interventions directes et indirectes liées aux usages anthropiques (navigation commerciale, aménagements hydrauliques et usines, usages agro-pastoraux, pêcheries) ont entraîné une transformation des paysages et une modification des processus hydro-sédimentaires à l'échelle du bassin versant de la Charente. La diminution de la qualité de l'eau, la perte du nombre d'espèces piscicoles, la difficulté des migrateurs à remonter le cours de la Charente en raison de la présence de multiples obstacles (seuils, barrages, digues) et la prolifération des espèces invasives animales (ragondin, écrevisse américaine) et végétales (renouée du Japon, jussie, érable negundo) sont devenues des enjeux majeurs à l'échelle du bassin. Dans ce contexte, les acteurs privilégient des actions de restauration écologique centrées sur le fonctionnement de l'écosystème dans une démarche de gestion des espèces végétales et faunistiques et de leurs milieux afin de favoriser les services d'habitat et accordent une place réduite aux actions à plus large échelle liées aux dynamiques hydro-sédimentaires des cours d'eau.

METHODE

Inspirée des travaux de Morandi et Piégay (2011) et David *et al.* (2017), la méthode repose sur l'exploitation des documents issus de la littérature grise. Elle s'appuie sur une veille internet à travers l'utilisation d'un système de requête par mots-clés via le moteur de recherche Google (Fig. 1).

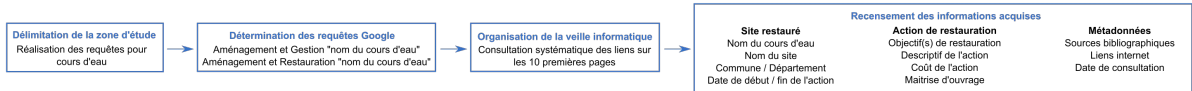
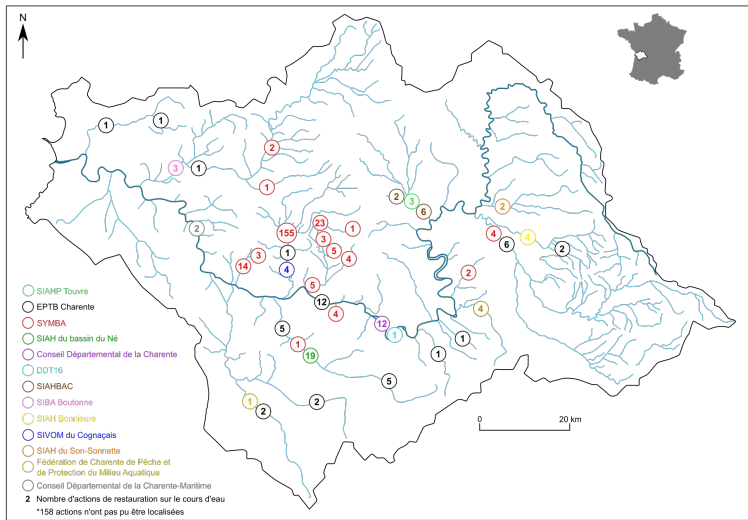


Fig. 1 - Représentation schématique de la démarche méthodologique mise en oeuvre.

RESULTATS



Carte 1 - Répartition des actions de restauration et des maîtres d'ouvrage à l'échelle du bassin versant de la Charente.

La Fig. 2 témoigne d'une récurrence des actions tournées vers 1) la reconstitution (plantation, lutte contre les espèces invasives) et l'entretien de la ripisylve et 2) la suppression, l'arasement et l'aménagement d'infrastructures. Les premières ont pour objectif le rétablissement de la continuité écologique et la préservation de la biodiversité alors que les secondes ont pour intérêt le rétablissement de la continuité piscicole pour assurer la migration des poissons (Fig. 3). Elles apparaissent être davantage priorisées par les acteurs pour leur coût limité, leur simplicité logistique et leur facilité à être valorisées auprès des riverains. Les Fig. 2 et 3 soulignent l'existence d'un paradoxe entre la nature des actions mises en oeuvre et le diagnostic posé par le SAGE Charente. Bien que l'indice physico-chimique soit un des facteurs du mauvais état écologique des masses d'eau, les actions directes pour améliorer la qualité des eaux sont absentes alors qu'un dispositif global de suivis de l'état des eaux superficielles et des milieux aquatiques est pourtant coordonné à l'échelle du bassin versant par l'EPTB Charente.

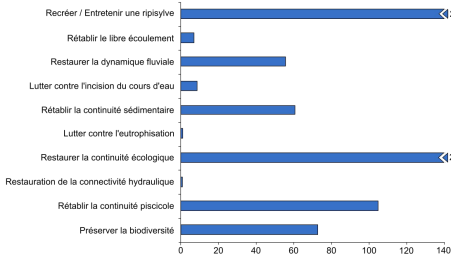


Fig. 3 - Objectifs ciblés par les actions de restauration mises en oeuvre sur le fleuve Charente et ses affluents.

508 actions ont été localisées sur le fleuve Charente et ses principaux affluents. Les actions de restauration écologique sont prédominantes à l'échelle du bassin (61,2%). Les actions piscicoles et hydrauliques représentent respectivement 0,7% et 37,9%, et 21,5% des actions de restauration écologique comportent une dimension piscicole. Treize acteurs se partagent le territoire. Cette répartition spatiale n'est néanmoins pas uniforme : l'EPTB Charente et le SYMBA (Syndicat Mixte des Bassins Antenne, Soloire, Romède, Coran et Bourru) sont plus présents (Carte 1). Ce constat reste à nuancer car il est à mettre en liaison avec la disponibilité des informations sur Internet et la capacité des acteurs à communiquer sur leurs actions.



Photo 1 - Chantier en cours d'une passe à poisson sur le fleuve Charente à Saint-Savinien (17) pour assurer la libre circulation des poissons migrateurs au niveau du barrage (04/10/2018).

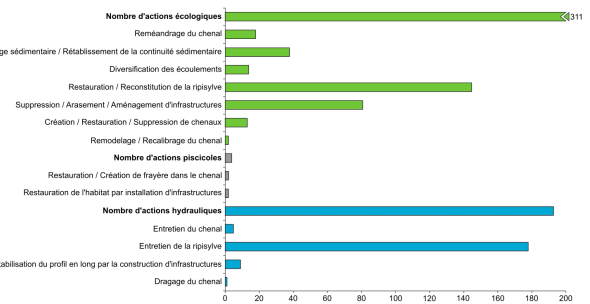


Fig. 2 - Type d'actions de restauration mises en oeuvre sur le fleuve Charente et ses affluents.

CONCLUSION

Les résultats de cet inventaire montrent la priorité donnée par les acteurs aux actions portant sur la continuité écologique d'une part afin d'améliorer les indices biologiques de qualité des eaux. Cependant, ces opérations n'améliorent que marginalement la qualité physico-chimique des eaux qui est la principale cause du mauvais état écologique des masses d'eau. Deux explications complémentaires peuvent être avancées pour rendre compte de cette situation : 1) les opérations engagées sont plus faciles à mettre en oeuvre (acteurs concernés, logistique, financement, maîtrise de la domanialité) ; 2) elles reproduisent des modèles d'intervention développés pour les cours d'eau à forte énergie, sans réellement les adapter et/ou questionner leur pertinence dans le contexte charentais à très faible énergie.

Bibliographie

Morandi B. et Piégay H. (2011) - Les restaurations de rivières sur Internet : premier bilan, *Natures Sciences Sociétés*, vol. 19, n°3, p. 224-235.
David M., Valette P., Carozza J.M. et Cottet M. (2017). La restauration des services écosystémiques le long de la Garonne toulousaine : premier état des lieux, *Sud-Ouest Européen, Presses Universitaires du Mirail - CNRS*, p. 139-153.

Annexe H : Application d'une approche semi-quantitative pour estimer les impacts des interventions anthropiques sur les systèmes fluviaux : l'exemple du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France)

Application d'une approche semi-quantitative pour estimer les impacts des interventions anthropiques sur les systèmes fluviaux : l'exemple du fleuve Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France)



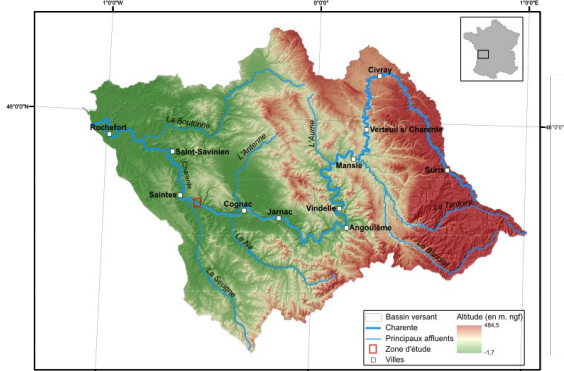
Amélie Duquesne¹, Christine Plumejeaud-Perreau¹, Jean-Michel Carozza¹
¹LIENSs UMR7266, La Rochelle Université, 2 rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle, France

1. INTRODUCTION

Les cours d'eau n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet de travaux sur la quantification des impacts anthropiques cumulés à l'inverse des milieux estuariens, littoraux et côtiers. Pourtant, ils sont sujets à un aménagement massif pour la navigation, la petite hydraulique et la subsistance des populations. Certains de ces usages sont à l'heure actuelle sur le déclin ou à l'arrêt, mais les paysages fluviaux en conservent les traces et impacts. La Directive-cadre sur l'eau déclare que 52% des cours d'eau français sont sujets à une dégradation générale de leur état écologique. Les gestionnaires mettent en oeuvre des actions de restauration afin de rétablir les services écosystémiques ou de reconstituer un état antérieur de l'écosystème fluvial. Mais, ces actions se heurtent à plusieurs limites : manque de connaissances scientifiques et historiques, absence de référentiels sur les cours d'eau à faible énergie, recherche de financement, participation des acteurs, etc. Ce travail propose d'analyser et de quantifier les impacts cumulés des interventions anthropiques sur le fleuve Charente entre Angoulême et Saintes de 1700 à nos jours afin d'aider les gestionnaires à mettre en oeuvre des actions de restauration adaptées et durables. La méthode d'analyse multicritères mise en oeuvre et ses résultats préliminaires sont ici présentés.

2. ZONE D'ÉTUDE

L'état des lieux initial du bassin versant effectué dans le cadre de l'élaboration du SDAGE (2010-2015) conclut à une dégradation générale du fleuve Charente. Seules 18% des masses d'eau sont en bon état écologique dans la partie en amont et 6% dans la partie aval. Les causes de la dégradation du cours d'eau sont entre autres la forte pollution des eaux, la très faible continuité écologique et sédimentaire et l'altération du régime hydrologique. La méthode a été appliquée sur la zone test de Chaniers sur le site de la Baine (Charente-Maritime) qui a fait l'objet d'un aménagement ancien depuis l'Antiquité et renforcé à la période moderne.



Carte 1 - Localisation du site de la Baine (Chaniers).

3. MÉTHODE

Un inventaire des interventions humaines a été réalisé à partir des données géohistoriques récupérées auprès des Archives départementales de Charente et de Charente-Maritime et des Archives municipales de Saintes et Cognac. Les documents d'archives ont ensuite été intégrés dans une base de données (fig. 1). Chaque intervention anthropique a été localisée sur Qgis 1.18 au moyen d'un figuré surfacique à partir des photographies aériennes récentes.

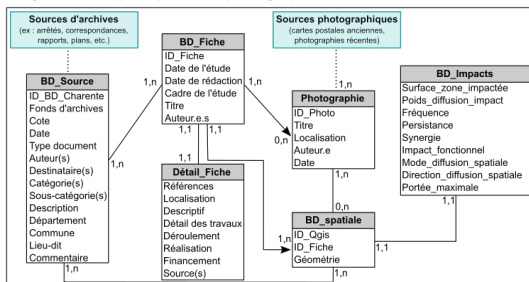


Fig. 1 - Modèle conceptuel des bases de données.

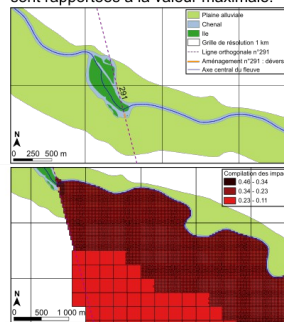


Les interventions humaines sont appréhendées d'après une approche globale semi-quantitative et spatialisée inspirée des travaux d'Halpern *et al.* (2007), Perreira *et al.* (2019) et La Rivière *et al.* (2015).

Attribut	Score	Catégorie
Surface zone impactée	0	0 m ²
Surface moyenne sur laquelle une intervention affecte directement le système fluvial	1	≤ 1000 m ²
	2	1 000 m ² - 10 000 m ²
	3	10 000 m ² - 100 000 m ²
	4	100 000 m ² - 1 000 000 m ²
	5	≥ 1 000 000 m ²
Poids diffusion impact	0 ou 1	Amont
Direction de la diffusion spatiale de l'impact de l'intervention à l'échelle du système fluvial	0 ou 1	Aval
	0 ou 1	Latéral
	0 ou 1	Transversal
Fréquence	0	Jamais
Fréquence estimée à laquelle l'intervention anthropique se produit sur la zone étudiée	1	Rare
	2	Occasionnelle
	3	Annuelle
	4	Constante
Persistance	0	Aucun
Persistance des impacts de l'intervention sur la zone étudiée	1	Ephémère
	2	Temporaire
	3	Permanence
Synergie	0	Aucun
Synergie des impacts de l'intervention avec ceux d'une ou plusieurs interventions	1	Synergie faible
	2	Synergie modérée
	3	Synergie forte
Impact fonctionnel	-	Impacts hydrologiques
	-	Impacts sédimentaires
	-	Impacts morphologiques
	-	Impacts écologiques
	-	Impacts physico-chimiques

Tab. 1 - Série d'attributs qualitatifs.

L'impact fonctionnel est déterminé pour chaque type d'intervention. Les valeurs sommées des 4 types d'impacts définis sont rapportées à la valeur maximale.



Cartes 2 et 3 - Cartographie des impacts humains de l'aménagement n°291.

Un indice d'impacts humains cumulés est estimé au niveau de chaque intervention anthropique via une méthode multicritères basée sur 6 attributs qualitatifs (tab. 1). Les valeurs sommées des 6 attributs sont rapportées à la valeur maximale possible (27) pour obtenir un indice entre 0 et 1 pour tout aménagement (qui correspond à une fiche). Les données sources étant lacunaires, chaque indice est associé à un indicateur représentatif de la robustesse de son évaluation : un indice de certitude (IC) (tab. 2).

Score	Qualité des données	Approbabilité des données	Quantité des données	Fiabilité des données
0	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
1	Évaluation d'impacts réalisée à partir des données géohistoriques disponibles sur la zone d'étude	Évaluation approximative des impacts en raison de la faible et de l'absence de données disponibles	Nombre de données géohistoriques sur l'intervention étudiée	Importance des données géohistoriques (ex: importations géohistoriques des cartes anciennes, importations des textes, etc.)
2	Évaluation d'impacts réalisée à partir de publications scientifiques, de données géohistoriques liées aux impacts de ce type d'intervention sur une zone similaire	Évaluation d'impacts réalisée sur le type d'intervention étudiée, ses impacts dans une zone géographique similaire	Nombre de publications scientifiques, rapports d'étude et données géohistoriques sur ce type d'intervention	Qualité des données géohistoriques, mais incertitude dans les données géohistoriques
3	Évaluation d'impacts réalisée à partir de publications scientifiques, de données géohistoriques liées aux impacts de l'intervention sur la zone étudiée	Évaluation réalisée de ses impacts sur la zone concernée et dans une zone proche ou similaire	Plusieurs publications scientifiques, rapports d'étude et données géohistoriques sur ses impacts	Fiabilité des données géohistoriques

Tab. 2 - Descriptif de l'estimation de l'IC.

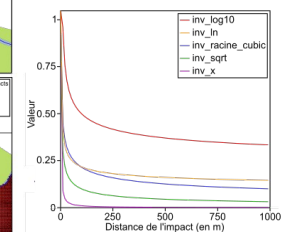


Fig. 2 - Mode de diffusion spatiale.

Le modèle de diffusion spatiale est appliqué à chaque aménagement suivant la portée et l'orientation spécifiées sur une grille qui sert à cartographier ses impacts (fig. 2, cartes 2 et 3). La grille de résolution adaptative (de 1km à 25 m de côté pour les cellules) est calculée à partir de l'emprise totale du fleuve, de l'amont vers l'aval sur les départements 87, 86, 16 et 17, suivant un buffer de 8 km. Les impacts de chaque aménagement sont calculés séparément sur cette grille, et sont ensuite cumulés par somme pour construire une cartographie de synthèse (carte 4). L'orientation de l'impact peut-être amont, aval, transversale, latérale gauche et/ou droite (suivant le sens de l'écoulement). La détermination de la rive de chaque cellule (gauche ou droite) a été calculée automatiquement pour toute la grille.

4. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

27 interventions humaines majeures ont été identifiées sur le site de la Baine à partir des données géohistoriques depuis le XVIII^e siècle. Leurs impacts cumulés ont été cartographiés (carte 4). Les résultats permettent 1) d'analyser l'organisation spatiale de l'anthropisation sur le site de la Baine et 2) de procéder à une hiérarchisation des interventions les plus impactantes sur l'hydrosystème (interventions sur les chenaux).

Carte 4 - Cartographie de l'indice d'impacts humains sur le site de la Baine.

5. BIBLIOGRAPHIE

Halpern B. S., Selkoe K. A., Michell F., Kappel C. V. (2007). Evaluating and Ranking the Vulnerability of Global Marine Ecosystems to Anthropogenic Threats. *Conservation Biology*, vol. 180, p. 185-205.
 Perreira C. I., Madrid D. A., Correa I. D., Pranzini E., Botero C. M. (2019). An evaluation of human interventions in the anthropogenically disturbed Caribbean Coast of Colombia. *Anthropocene*, col. 27, p. 1-11.
 La Rivière M., Ashi A., Gauthier O., Croit J., Guérin L., Janson A.-L., Labrousse C., Thiébaud T., Thiébaud E. (2015). *Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques*. Rapport SPN. MNHN, Paris, 52 p.

Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du second Holocène : La Charente entre Angoulême et Saintes

Résumé :

Ce travail propose d'étudier le fleuve Charente, un cours d'eau à faible énergie de moyenne importance, entre Angoulême et Saintes afin d'améliorer les connaissances sur la trajectoire d'évolution des cours d'eau à faible énergie et d'appuyer les politiques de gestion et de restauration à l'échelle locale. Les objectifs sont 1) de retracer la trajectoire d'évolution du fleuve Charente à l'échelle multiséculaire et de déterminer le rôle des forçages anthropiques, des héritages géomorphologiques et de la variabilité hydro-climatique dans sa trajectoire ; 2) d'expliquer l'origine et le maintien de l'anastomose sur la section amont et 3) de déterminer l'origine de la rupture du style fluvial à Cognac et la transition anastomose/méandrage. La méthode repose sur une approche géohistorique, géomorphométrique et géomorphologique. Les résultats géomorphologiques démontrent 1) une métamorphose fluviale d'un style en tresses pré-holocène vers un style anastomosé initiée avant l'Atlantique récent sur la section amont ; 2) une simplification de l'anastomose susceptible de commencer dès le Néolithique final et l'Âge du Bronze en réponse aux modifications d'occupation du sol ; 3) une influence fluvio-marine sur la section aval entre l'Atlantique ancien et la première partie du Subboréal et 4) un hiatus documentaire sur les périodes de changement climatique rapide. Les résultats géohistoriques révèlent une stabilité globale des formes fluviales sur la période récente et probablement sur le long terme expliquée par la faible énergie des chenaux et la cohésion des berges. Cette conclusion peut être nuancée. Les résultats montrent 1) une simplification de la structure fluviale sur la période récente (principalement fin XVIII^e-fin XIX^e siècles) dépendante de la trajectoire d'anthropisation du cours d'eau et de la variabilité hydro-climatique et 2) une complexification de la mosaïque fluviale à l'échelle locale au XX^e siècle attribuée à l'abandon des pratiques d'entretien du cours d'eau et aux variations du régime de crues.

Mots clés : Charente, cours d'eau à faible énergie, anastomose, méandres, trajectoire d'évolution, métamorphose fluviale, Holocène, géohistoire, géomorphologie fluviale

Evolutionary trajectory of a low-energy river during the second Holocene : the Charente river between Angoulême and Saintes

Summary :

This work proposes to study the Charente river, a medium significant low-energy river, between Angoulême and Saintes for enhance knowledge on the evolutionary trajectory of low-energy rivers and to help management and restauration policies at local level. The aims are to 1) analyze the evolutionary trajectory of the Charente river on a multisecular timescale and identify the anthropogenic controls, geomorphological heritages and hydro-climatic variability in its trajectory; 2) explain the genesis and the conservation of the anastomosis on the upstream section; and 3) determine the genesis of the fluvial pattern disruption in Cognac and the transition between anastomosis and meandering. The method is based on a geohistorical, geomorphometrical and geomorphological approach. Geomorphological results show a fluvial metamorphosis from a braiding pattern pre-Holocene to anastomosing pattern initiated before the late Atlantic on the upstream section; a simplification of anastomosing pattern potentially begin to the Final Neolithic and the Bronze Age in response to change of the land use; a fluvio-marine influence on the downstream section during the Atlantic and the first part of the Subboreal; and 4) a documentary hiatus on the rapid climate change periods. Geohistoric results expose a global stability of fluvial forms over the recent period and probably on the long-term explained by the low-energy of the channels and the banks cohesion. This conclusion needs to be nuanced. Results highlight 1) a simplification of the pattern fluvial between the recent period (mainly late 18th / late 20th centuries) dependent on the anthropisation trajectory of river and the hydro-climatic variability and 2) a complexification of the fluvial mosaic at local level during the 20th century attributed to cessation of river maintenance practices and variations of flood regime.

Keywords : Charente River, low-energy rivers, anastomosis, meanders, evolutionary trajectory, fluvial metamorphosis, Holocene, geohistory, fluvial geomorphology



LIENSs (LIttoral, ENvironnement, Sociétés)

2 rue Olympe de Gouges

17000 LA ROCHELLE

