
Rapport de stage

5^{ème} année

Initiation d'une stratégie de ralentissement dynamique des écoulements à l'échelle du bassin versant de la Charente

EPTB Charente

5, rue Chante-caille 17100 SAINTES



Tuteur entreprise : Stéphane Lemesle

Lucille Drouet

Chef de projet prévention des
inondations

IMA

Tuteurs académiques : Pierre Peeters

2017-2018

Rapport de stage

5^{ème} année

Initiation d'une stratégie de ralentissement dynamique des écoulements à l'échelle du bassin versant de la Charente



Figure : l'arc de Germanicus, Saintes, Charente tourisme

EPTB Charente

5, rue Chante-caille 17100 SAINTES

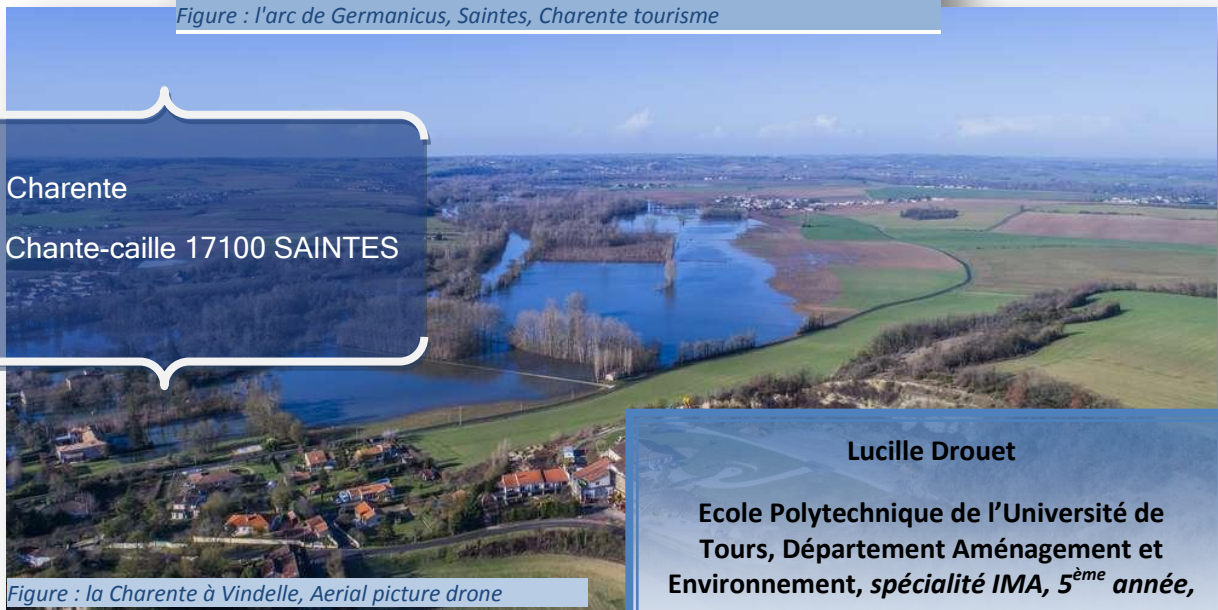


Figure : la Charente à Vindelle, Aerial picture drone

Lucille Drouet

Ecole Polytechnique de l'Université de
Tours, Département Aménagement et
Environnement, *spécialité IMA*, 5^{ème} année,
2017-2018

Table des matières

I.	Introduction	1
I.1	Le bassin de la Charente.....	1
I.1.1	Localisation	1
I.1.2	Hydrographie.....	1
I.2	Le risque inondation.....	2
I.2.1	Notion de risque	2
I.2.2	Enjeux du bassin Charente	2
I.2.3	Approche historique de deux crues mémorables	3
I.3	La prévention du risque d'inondation	4
I.3.1	Contexte de la Direction Inondation	4
I.3.2	Le PAPI	5
I.3.3	Le cadre du stage.....	5
II.	Présentation de la structure d'accueil.....	6
II.1.1	Les statuts.....	6
II.1.2	Les missions exercées.....	6
II.1.3	Zoom sur la mission prévention des inondations	7
III.	Matériels et méthodes	8
III.1	Le ralentissement dynamique des crues	8
III.1.1	Définition	8
III.1.2	Solutions de ralentissement dynamique	8
III.1.3	Etudes antérieures sur la Charente	10
III.1.4	Précautions à prendre	11
III.2	L'organisation mise en place	12
III.3	La pré-localisation des ZEC.....	13
III.3.1	Définitions	13
III.3.2	Outils utilisés	14
III.3.3	Données disponibles	15
III.3.4	Méthodologie appliquée	16
III.3.5	Identification complémentaire des obstacles à l'écoulement	18
III.4	Analyse de l'horloge des crues	19
III.4.1	Objectifs.....	19

III.4.2	Approche historique – données hydrométriques	19
III.4.3	Approche théorique – méthode de calcul des temps de concentration	19
IV.	Résultats et discussion :	20
IV.1	Les ZEC potentielles.....	20
IV.1.1	Pré-identification des ZEC potentielles	20
IV.1.2	Sensibilité à la submersion	21
IV.1.3	Identification complémentaire des obstacles à l'écoulement	22
IV.1.4	Cas d'étude sur une ZEC	23
IV.2	Le risque de concomitance.....	24
IV.2.1	Synoptique des crues pour 2 crues de référence sur la Charente	24
IV.2.2	Approche théorique (temps de concentration)	27
IV.2.3	Discussions	27
V.	Conclusion	30
VI.	Annexes	31
VII.	Bibliographie.....	43

Table des figures

Figure 1: le bassin versant de la Charente, réalisation EPTB.....	1
Figure 2: représentation schématique simplifiée d'une zone aménagée contre les inondations et de deux stratégies de protection, Cemagref 2004.....	2
Figure 3: Saintes- Décembre 1982, ©Jacques Hugues.....	3
Figure 4: crue de janvier 1994- Angoulême- source : Sud Ouest.....	4
Figure 5: périmètres sur le bassin de la Charente.....	7
Figure 6: schéma ouvrage débit de crue, Artelia	9
Figure 7: Schéma ouvrage débit normal, Artelia.....	9
Figure 8: schéma des objectifs de la SLGRI et actions préconisées	13
Figure 9: carte des zones d'expansion de crues potentielles sur le bassin Charente, zoom sur Cognac, réalisation personnelle.....	20
Figure 10: limite de l'utilisation des EAIP, réalisation personnelle	20
Figure 11: sensibilité des ZEC, Zoom sur Saintes.....	21
Figure 12: carte de sensibilité des ZEC potentielles.....	21
Figure 13: zones remblayées en lit majeur identifiées sur le bassin Charente, réalisation personnelle	23
Figure 14 : cas d'étude sur une ZEC, étude de la potentialité de la zone à l'inondation, réalisation personnelle.....	23
Figure 15 : cas d'étude sur une ZEC, étude de la sensibilité de la zone à l'inondation, réalisation personnelle.....	24
Figure 16: graphique présentant les débits associés aux stations amont de la Charente en décembre 1982.....	25

Figure 17: graphique présentant les débits aux stations aval de la Charente en décembre 1982	25
Figure 18: graphique présentant les stations amont de la Charente en janvier 1994 et les débits associés.....	26
Figure 19: graphique présentant les stations aval de la Charente en janvier 1994 et les débits associés	26

Table des tableaux

Tableau 1: enjeux du TRI Saintes-Cognac-Angoulême concernés par différents niveau d'aléas d'inondation fluviale.....	2
Tableau 2: gains cumulatifs de 15 ouvrages de sur-stockage pour deux crues de référence	10
<i>Tableau 3 : Calcul de potentialité d'être une ZEC</i>	17
Tableau 4: calcul de la sensibilité des ZEC.....	17
Tableau 5: Méthode de complément du RPG par le CLC sur chaque carreau	18
Tableau 6: crues de référence sur le bassin Charente	19
Tableau 7: notes de sensibilité et pourcentage de recouvrement de bassin correspondant.....	22

Remerciements

Je souhaite remercier Stéphane Lemesle, chef de projet inondations pour son accompagnement et son aide lors de ce stage de fin d'études. Je connais désormais tous les acronymes du risque d'inondation en France... (Ou presque) Je remercie également toute l'équipe de l'EPTB pour leur accueil chaleureux !

Je souhaite également remercier mon tuteur pédagogique Monsieur Pierre Peeters pour son suivi pédagogique.

Liste des abréviations principales rencontrées

Inondations :

AZI : Atlas des Zones Inondables

PPRI : Plan de Prévention des Risques d'Inondations

EAIP : Enveloppe Approchée des Zones d'Inondations Potentielles

TRI : Territoires à Risque Important d'inondations

PAPI : Programmes d'Action de Prévention des Inondations

ZEC : Zones d'Expansion de Crues

Acteurs :

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

CEMAGREF / Irstea : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

Agriculture

STH : Surface Toujours en Herbe

Documents :

PLU : Plan Local d'Urbanisme

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

Informations géographiques :

SIG : Système d'Information Géographique

BV : Bassin Versant

BD Topo : description vectorielle des éléments du territoire et de ses infrastructures de précision métrique

BD Parcellaire : La BD PARCELLAIRE® fournit l'information cadastrale numérique

BD Carthage : Base de Données CARTographiques Thématiques des Agences de l'Eau (thème hydrographique de la BD Carto)

SYRAH : SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau

RPG : Registre Parcellaire Graphique

CLC : Corine Land Cover

Législation

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

I. Introduction

I.1 Le bassin de la Charente

I.1.1 Localisation

Le bassin de la Charente est situé entre la Gironde au Sud et le marais poitevin au Nord, et fait face aux îles de Ré, d'Aix et d'Oléron. Il couvre un territoire d'une superficie de 10 450 km². Il fait partie du district hydrographique Adour-Garonne. (figure 1)



Figure 1: le bassin versant de la Charente, réalisation EPTB

Le bassin versant de la Charente s'étend sur une partie de la région Nouvelle-Aquitaine et plus précisément sur 6 départements : la Charente, la Charente-Maritime, la Vienne, la Haute-Vienne, les Deux-Sèvres et la Dordogne.

I.1.2 Hydrographie

La Charente prend sa source à Chéronnac à 310 m d'altitude, dans le département de la Haute-Vienne. Elle traverse le département de la Charente, de la Vienne puis retourne en Charente et rejoint la mer dans la baie d'Oléron en traversant la Charente-Maritime après un parcours de 360 km. Les conditions géoclimatiques sont relativement homogènes sur tout le bassin : topographie peu heurtée, climat océanique doux et précipitations modérées. La hauteur des précipitations moyennes annuelles s'accroît progressivement de Rochefort (700 mm) jusqu'à l'extrémité du haut bassin (1000 mm).

Ses principaux affluents sont : l'Aume, la Tardoire, la Touvre, l'Antenne, le Né, la Seugne, et la Boutonne.

1.2 Le risque inondation

1.2.1 Notion de risque

Le **risque** est le croisement entre l'aléa et la vulnérabilité. L'**aléa** est le degré d'exposition d'une zone aux inondations (fréquence, hauteur et durée de submersion, vitesse d'écoulement, rapidité de montée des eaux, période préférentielle d'occurrence dans l'année). La vulnérabilité traduit les enjeux liés à une activité humaine (endommagement et perturbation).

La figure 2 donne l'exemple schématique de mesures de protection de communes riveraines. Ce diagnostic local conduit à reporter l'inondation en aval en inondant le village du dessous (1/ élargissement section sous pont et endiguement amont). La seconde stratégie (2/ endiguement rive gauche- maintien section initiale) conserve un champ d'expansion de crue en amont, tout en réalisant une protection rapprochée du premier village en rive gauche. Cette stratégie permet de protéger les deux villes et montre l'intérêt de visualiser le risque inondation à l'échelle globale du bassin versant.

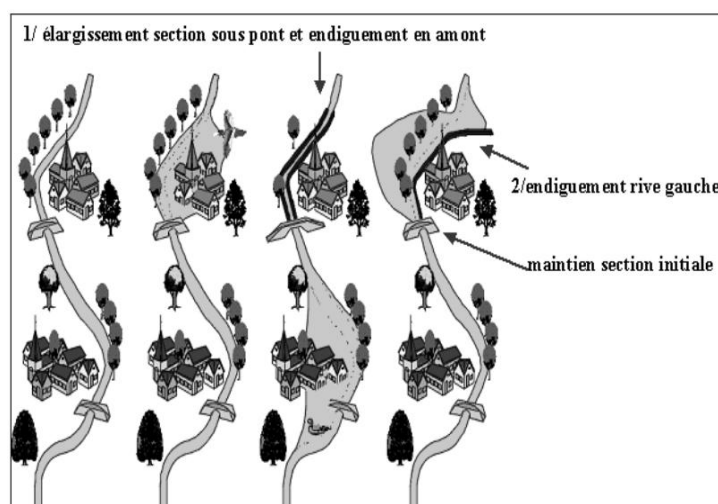


Figure 2: représentation schématique simplifiée d'une zone aménagée contre les inondations et de deux stratégies de protection, Cemagref 2004

1.2.2 Enjeux du bassin Charente

Le bassin de la Charente est particulièrement exposé au risque d'inondation pour l'aléa « crue de plaine » et l'aléa « submersion marine ». A l'échelle de son territoire ce sont 30 000 habitants concernés et 15 000 emplois dans 5 000 entreprises menacés. A l'échelle du **Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) Saintes-Cognac-Angoulême, comprenant 46 communes riveraines de la Charente**, le tableau 1 ci-dessous nous montre les enjeux concernés par les crues du fleuve :

Tableau 1: enjeux du TRI Saintes-Cognac-Angoulême concernés par différents niveau d'aléas d'inondation fluviale

Niveau d'aléa	Population en zone inondable (en nombre d'habitants)	Emplois en zone inondable (en nombre d'emploi)
Fréquent	3100	3000
Moyen	7100	4100
Exceptionnel	11 300	8000

Le bassin versant de la Charente a subi depuis 60 ans de nombreuses évolutions d'occupation des sols, conséquences d'un changement de pratiques culturelles, d'organisation de l'espace rural et de l'urbanisation croissante. La baisse de la part de surface toujours en herbe, le remembrement

(suppression de haies bocagères), le drainage de marais et l'exploitation de terres en zones humides ont contribué à l'accélération des écoulements (étude Hydratec, 2005) et à la disparition des zones de rétention de flux. Ces modifications ont accentué les problématiques d'inondation sur le bassin versant.

Des événements majeurs se sont particulièrement concentrés dans la seconde moitié du 21^{ème} siècle, où quatre inondations importantes ont été vécues en l'espace d'une quarantaine d'années sur la Charente aval et notamment dans la région de Saintes.

1.2.3 Approche historique de deux crues mémorables

Les trois dernières grandes crues d'importance sur le bassin de la Charente sont celles de **décembre 1982, de janvier 1994 et de novembre 2000**. Nous nous intéressons à l'historique de deux crues mémorables.

La crue de Décembre 1982

Le bassin de la Charente a subi deux crues importantes au cours de l'année 1982, une en janvier, l'autre en décembre. L'épisode de décembre fut le plus remarquable. La période pluvieuse qui précède les événements est particulièrement longue. C'est **une crue complexe** (plusieurs pointes) générée par 3 épisodes de pluies. Les 3 épisodes s'étalent du 5 au 14 décembre, du 16 au 17 décembre puis du 19 au 20 décembre. Les deux derniers ont engendré sur la plupart des affluents et la partie amont du bassin des pointes de crues principales se superposant à une crue longue mais peu importante. (Teyssier, F., 1983) On ne retrouve plus qu'une seule pointe de crue, étalée dans le temps, à l'aval d'Angoulême. Les débits atteints sont évalués à une **période de retour centennale** sur l'ensemble du TRI Saintes-Cognac-Angoulême. La crue commence le 6 décembre 1982. A Angoulême la Charente atteint un débit de 590 m³/s le 22 décembre et à Saintes, le maximum est atteint le 24 décembre avec 815 m³/s. (figure 3)



Figure 3: Saintes- Décembre 1982, ©Jacques Hugues

Cette crue a suscité de nombreux dommages sur tout le bassin, notamment à Saintes. Elle aura causé de nombreux dégâts : 3000 foyers inondés, 1000 entreprises sinistrées, et d'importants préjudices agricoles pour un coût financier de dommages directs de 100 millions d'euros.

La crue de janvier 1994

C'est dans un contexte saturé que courant décembre 1993 survient une série d'épisodes pluvieux. Du 1^{er} au 25, les cumuls journaliers dépassent cinq fois 10 mm, dont trois fois 15 mm à l'échelle

du bassin. Les pluies reprennent ensuite du 29 décembre au 8 janvier, avec des cumuls journaliers allant jusqu'à 47 mm à Angoulême. Le Bandiat, la Tardoire, le Né et la Seugne réagissent rapidement aux deux épisodes avec formation de deux ondes de crue bien distinctes. La Charente atteint son niveau maximum le 7 janvier à Mansle et le 9 janvier à Angoulême. Le débit de pointe à Saintes atteint 760 m³/s. Plus soudaine en terme de montée des eaux, cette crue submergera presque autant d'habitations que celle de 1982. La **période de retour de cette crue est estimée à 50 ans** à Angoulême et à Saintes. (Sogreah., 2004) (Figure 4)



Figure 4: crue de janvier 1994- Angoulême- source : Sud Ouest

Depuis de nombreuses années, des études de réduction de l'aléa inondation à Saintes ont été menées, sans mettre en évidence de solution probante mais démontrant qu'il fallait s'appuyer sur un **ensemble de projets** pour espérer abaisser substantiellement la ligne d'eau.

I.3 La prévention du risque d'inondation

I.3.1 Contexte de la Direction Inondation

La **Directive Inondation** du 23 octobre 2007 vise à établir une méthode de travail afin de diminuer les conséquences négatives sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique liées aux inondations. Sa transposition dans le droit français se fait au travers de l'article 221 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 et du décret n°2011-277 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion du risque inondation.¹

Sa mise en œuvre se traduit par la **définition des politiques d'intervention** : le **Plan de Gestion des Risques d'Inondation** (PGRI) et la **Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation** (SLGRI). Le PGRI est élaboré au niveau de chaque district hydrographique et permet de fixer les objectifs stratégiques et les dispositions. Au niveau de chaque **Territoires à Risque Important d'inondation (TRI)**, une **Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI)** est adoptée par les collectivités locales. La SLGRI est ensuite traduite sous forme de programmes d'actions de manière à réduire les conséquences dommageables des inondations sur ce territoire. La déclinaison opérationnelle de la directive inondation est le PAPI.

¹ Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 2011 Décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, JORF n°0052 du 3 mars 2011 page 4130, texte n° 5

1.3.2 Le PAPI

Le Programme d'actions de Prévention des Inondations (PAPI) émane d'un appel à projets du ministère en charge de l'environnement. Il ouvre droit aux financements fléchés du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs. Il se répartit en 7 axes d'intervention :

- Axe 1 : Amélioration de la connaissance et de la conscience du risque
- Axe 2 : Surveillance et prévision des inondations
- Axe 3 : Alerte et gestion de crise
- Axe 4 : Prise en compte du risque d'inondation dans l'urbanisme
- Axe 5 : Réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens
- **Axe 6 : Ralentissement des écoulements**
- Axe 7 : Gestion des ouvrages de protection hydraulique

Les experts de l'Instance de Conseil et d'Appui Technique pour la prévention des risques naturels (ICAT, 2010) ayant évalué l'opportunité des solutions issues du PAPI 1 du bassin de la Charente, ont notamment encouragé la poursuite des études sur le ralentissement dynamique.

Une deuxième génération d'appels à projets de PAPI a été instiguée en France à la suite de la tempête Xynthia et des fortes inondations dans le Var (2010). Le second PAPI est effectif depuis 2013 sur le bassin de la Charente. Il vise à protéger le territoire à la fois d'inondations fluviales et marines.

1.3.3 Le cadre du stage

Objectifs

Le présent stage s'inscrit ainsi dans le cadre de l'axe 6 de la mise en œuvre du PAPI et doit permettre de fixer le contour d'une étude de ralentissement dynamique des crues. L'objectif de ce stage est d'étudier l'hydrologie du bassin versant, de prélocaliser les zones d'expansion de crues et les obstacles aux écoulements puis de dresser un cahier des charges techniques. C'est un travail de préfiguration d'une étude, qui associe les acteurs locaux. Un bureau d'études sera par la suite missionné afin de produire l'étude de ralentissement dynamique des crues.

Missions confiées au cours du stage

Dans un premier temps, un travail bibliographique a été mené sur les connaissances disponibles concernant la gestion du risque inondation sur le bassin, puis sur les méthodes de ralentissement dynamique explorées sur d'autres territoires.

Ensuite, un travail d'expertise technique a été mené concernant la contribution des sous-bassins aux crues, puis identifiant les zones d'expansion de crues et les obstacles aux écoulements sur le bassin.

Le travail sur le cahier des charges a été réalisé par la suite, en collaboration avec un groupe de travail. Cela permet d'élaborer ce projet de manière concertée sur le bassin versant.

Ce rapport présentera dans un premier temps la structure d'accueil puis dans une seconde partie, le matériel et les méthodes employés concernant le ralentissement dynamique, l'organisation mise en place au cours de ce stage, la pré-localisation des zones d'expansion de crues et l'analyse des horloges de crues. Finalement en troisième partie, les résultats seront présentés et discutés.

II. Présentation de la structure d'accueil

II.1.1 Les statuts

En 1977, a été créée l'Institution interdépartementale pour l'aménagement de la Charente et de ses affluents, par les délibérations concordantes des Départements de la Charente, de la Charente-Maritime, de la Vienne et des Deux-Sèvres. Cette institution a été reconnue **Etablissement Public Territorial de Bassin** par un arrêté préfectoral du Préfet Coordonateur du Bassin Adour-Garonne le 11 avril 2007. Dans le contexte de la réforme des collectivités territoriales (art. L213-12 du Code de l'Environnement), le statut de l'institution a évolué en **syndicat mixte ouvert** le 21 juillet 2017. L'EPTB Charente peut désormais accueillir des Etablissement Public de Coopération Intercommunale, des syndicats mixtes fermés et éventuellement la Région Nouvelle-Aquitaine qui pourront agir aux côtés des Départements pour une gestion équilibrée de la ressource en eau sur le bassin.

Les missions portées par l'EPTB Charente s'inscrivent dans le cadre du développement de la gestion intégrée de l'eau et des milieux aquatiques et la prévention des inondations à l'échelle du bassin versant de la Charente et ses affluents, complété par l'extension maritime de l'estuaire.

L'EPTB Charente est administré par un Comité syndical, composé de délégués désignés par les organes délibérants des membres qu'ils représentent.

II.1.2 Les missions exercées

L'EPTB Charente, présidé par Monsieur Jean-Claude Godineau depuis le 9 juillet 2015, regroupe 14 agents territoriaux. Cette structure assure la **cohérence** des actions des collectivités territoriales et de leurs groupements par un rôle de coordination, d'animation, d'information et de conseil. Elle peut également se porter **maitre d'ouvrage** pour des études et/ou travaux, ou encore définir **un projet d'aménagement d'intérêt commun** à l'échelle de plusieurs EPCI ou syndicats de bassin. Les agents se répartissent diverses missions :

- **Gestion des étiages et du barrage de Lavaud**

L'EPTB Charente porte depuis 2004 le Plan de Gestion des Etiages (PGE) dont l'objectif est de retrouver un équilibre quantitatif de la ressource en eau. La totalité du bassin est placée en ZRE (Zone de Répartition des Eaux) ce qui traduit l'existence d'un déséquilibre durable entre la disponibilité des ressources et les besoins en eau. Le fleuve Charente bénéficie d'une réalimentation en étiage grâce aux retenues de Lavaud et de Mas Chaban. Il assure également la gestion touristique, administrative et technique du barrage de Lavaud et des plans d'eau associés dont il est propriétaire.

- **Prévention des inondations**

Le service prévention des inondations, représenté par Stéphane Lemesle, est en charge de piloter le second **PAPI Charente et Estuaire** et de porter les **SLGRI** (Stratégies Locales de Gestion du Risque d'Inondation) sur les secteurs Saintes-Cognac-Angoulême et littoral charentais-Maritime.

- **Poissons migrateurs**

Les bassins de la Charente et la Seudre présentent un grand potentiel d'accueil pour les poissons migrateurs. Des actions sont mises en œuvre pour les préserver telles que le suivi et l'appui pour la restauration de la continuité écologique, l'amélioration des connaissances de ces espèces, le suivi des principaux paramètres en lien avec leur cycle de vie.

- **Elaboration du SAGE**

Cette structure est également porteuse du **SAGE Charente** (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux), élaboré depuis 2011 et validé en 2018. Le SAGE s'étend sur un territoire de 9300 km². Les acteurs locaux établissent un projet pour une gestion concertée et collective de l'eau.

- **Reconquête de la qualité de l'eau**

Le programme Re-Ressources de reconquête de la qualité des eaux a pour objectif de réduire les pollutions diffuses. Il est mis en place sur le bassin d'alimentation des prises d'eau du fleuve de Coulange et de Saint-Hippolyte. L'EPTB pilote également le Réseau Complémentaire d'évaluation de l'Etat de l'eau et des Milieux Aquatiques (RECEMA) du bassin Charente afin d'acquérir des données sur le suivi de qualité des eaux. (EPTB Charente, 2018)

II.1.3 Zoom sur la mission prévention des inondations

L'EPTB Charente assure le portage des programmes PAPI (PAPI 1 puis PAPI 2). Le **premier PAPI** a permis de progresser sur la connaissance du risque, de conforter la stratégie de prévention des inondations, de mettre en place des mesures préventives. En termes de connaissances, le PAPI 1 a par exemple permis d'acquérir des données LIDAR (MNT constitué par laser aéroporté) de vallées inondables, utilisé par la suite pour les PPRI et les modèles hydrauliques. Une autre action a par exemple consisté à mener une étude au stade avant-projet pour des travaux localisés de curage dans le secteur du barrage de St-Savinien.

Un **nouveau PAPI** a été signé en 2013 pour maintenir la dynamique instaurée précédemment. Le premier volet de la stratégie était la **non-aggravation du risque** par la prise en compte du risque inondation dans la planification urbaine (révision des PLU afin d'intégrer les PPR) et l'entretien de la culture du risque (pose de repères de crues). Le second volet stratégique est celui de la **réduction du risque existant** (inscription en phase travaux du dévasement du lit mineur au niveau de St-Savinien, étude de la mise en transparence de remblais de voies qui barrent le lit mineur à l'aval de Saintes, élaboration d'une stratégie de ralentissement dynamique). Le volet complémentaire de ces actions est la **réduction de la vulnérabilité** sur le bassin (analyse de la vulnérabilité économique et patrimoniale du bassin notamment). Il a également pour mission de porter, en déclinaison de la Directive Inondation, les **SLGRI** (Stratégies Locales de Gestion du Risque d'Inondation) 2016-2021 établies sur les secteurs vulnérables Saintes-Cognac-Angoulême et le littoral charentais-maritime (**Territoires à Risque Important d'inondation**). Le périmètre retenu de gestion de l'aléa fluvial correspond au grand bassin de la Charente. La figure ci-dessous présente une cartographie des différents périmètres énoncés précédemment : (figure 5)

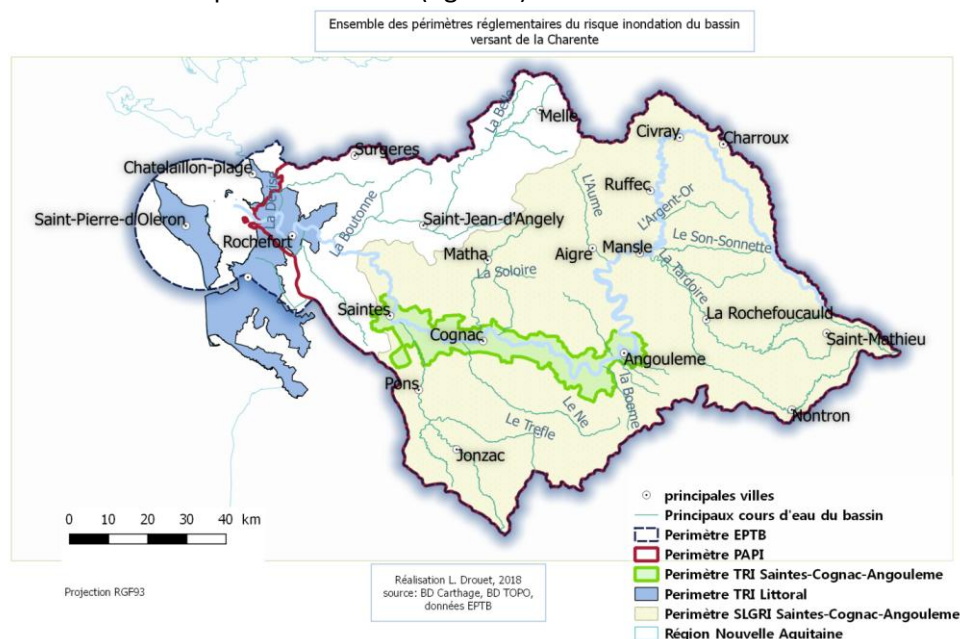


Figure 5: périmètres sur le bassin de la Charente

III. Matériels et méthodes

III.1 Le ralentissement dynamique des crues

III.1.1 Définition

Le ralentissement dynamique des crues répond aux objectifs conjoints de diminuer les débits de pointe et de retarder les écoulements sur un cours d'eau :

- en freinant l'eau avant son arrivée au lit (ralentissement en versant),
- en mobilisant les capacités naturelles d'amortissement en lit moyen et lit majeur,
- et/ou en stockant temporairement une partie du volume de crue dans des ouvrages prévus à cet effet.

La stratégie de ralentissement dynamique des crues doit également s'assurer qu'à l'échelle du bassin la mise en œuvre du ralentissement sur un tronçon de cours d'eau n'engendre pas localement une augmentation inattendue du risque inondation et doit également tenir compte de l'équilibre des milieux dépendants des petites crues (Cemagref, 2004)

Le ralentissement dynamique peut être envisagé à plusieurs niveaux du bassin versant. Quelques actions sont résumées dans la partie suivante.

III.1.2 Solutions de ralentissement dynamique

Actions sur les versants :

Intervenir en tête de bassin dès la génération des écoulements est une solution intéressante. Cela nécessite des ouvrages de taille modeste qui ont souvent un impact bénéfique sur l'érosion des sols. Il existe quelques actions pour limiter le ruissellement à la source :

- Mise en place de bonnes pratiques agricoles (préférer un labour parallèle aux lignes de niveau, limiter les tassements, privilégier des versants abrupts enherbés...).
- Mise en place d'un contrat avec les exploitants agricoles pour maintenir les éléments du paysage propices au ralentissement (haies, talus) ainsi que des pratiques favorables (pré pâturé ou prairie de fauche).
- Aménager des fossés, haies, talus qui soutiennent les terrasses.
- Mise en place de structures transversales : une banquette végétalisée de quelques dizaines de mètres de long et large de plusieurs mètres permet de ralentir l'arrivée d'eau dans les talwegs.
- Aménager les chemins forestiers pour éviter qu'ils n'accroissent et concentrent les écoulements.
- Aménager les fossés de drainage agricoles, pour limiter l'écoulement par des passages sous buse ou des dallots-meurtrières. (Cemagref, 2004 et Oberlin, G. Poulard, C., 2002)

Actions en lit majeur

- Restauration de Zones d'Expansion de Crues : une ZEC peut être restaurée en arasant les merlons endiguant la rivière afin de reconnecter le lit mineur avec le lit majeur. Cela permet de retrouver une fréquence de débordement latéral proche du fonctionnement hydraulique naturel et de rendre l'espace de mobilité au cours d'eau.
- Végétaliser le lit majeur pour augmenter la rugosité pour favoriser l'étalement des crues.
- Aménager des obstacles transverses à la vallée, constitués de diguettes, haies plutôt denses, de talus, de fosses, ou d'une combinaison de ces trois éléments. Cela fonctionne bien pour de gros débits de crue et agit plus sur des crues débordantes fortes à exceptionnelles.

- S'appuyer sur des remblais routiers et ferroviaires pour retenir l'eau : Les ouvrages de voiries, selon le Code Rural, ne doivent pas s'opposer au passage des eaux. Ils sont donc munis d'ouvrages hydrauliques qui permettent de restituer à l'aval des débits « naturels ». Il est possible de profiter d'un nouveau projet d'infrastructure routier pour l'adapter à l'écêtement des crues en créant des retenues temporaires (par exemple en diminuant la section de buses).
- Aménager des ouvrages transverses de sur-stockage : La digue installée en travers du lit majeur est munie d'un pertuis ouvert. Pour les débits courants et les crues fréquentes restant contenues dans le lit mineur, l'aménagement ne provoque aucune modification par rapport au fonctionnement naturel du cours d'eau. (Figure 7) La retenue n'est active que lorsque l'eau dépasse un certain niveau. Pour les crues plus importantes, le rétrécissement du lit créé par l'ouvrage provoque un rehaussement de la ligne d'eau et accroît l'importance de l'inondation du lit majeur. (Figure 6)

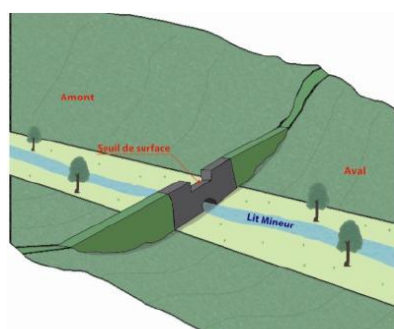


Figure 7: Schéma ouvrage débit normal, Artelia

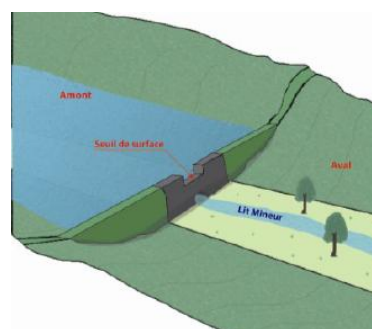


Figure 6: schéma ouvrage débit de crue, Artelia

- Rouvrir aux inondations des secteurs qui ont été protégés par le passé ou d'anciennes gravières en aménageant des organes permettant leur remplissage et leur vidange.
- Utilisation de plans d'eau existants : utiliser des plans d'eau dotés d'ouvrage de fond pour les vidanger avant une crue. (Partiellement ou totalement)
- Diminuer les zones de remblai en lit majeur afin de restaurer la capacité de rétention du cours d'eau. Dans le cadre de ce stage, des fiches techniques ont été élaborées pour les remblais en lit majeur qu'il serait possible d'araser, afin qu'un bureau d'études teste leur mise en transparence.

(Oberlin, G. Poulard, C., 2002, Cemagref, 2004, HYDRATEC Angers et Asconit Consultants, 2007)

Actions en lit mineur

Ralentir les écoulements dans le lit mineur revient à diminuer sa capacité d'évacuation. C'est une opération délicate car cela reviendrait à modifier les conditions écologiques et les équilibres sédimentaires du milieu. Ainsi, dans cette partie, nous ne traitons que les opérations n'ayant pas d'impacts écologiques importants. Ces actions sont principalement de la restauration hydro-morphologique :

- Ripsisylve : Conserver - ou recréer si elle a disparu- la ripisylve permet de freiner les écoulements en crue lorsque celle-ci est fournie en branches basses et broussailles sur une partie de la section mouillée.
- Des opérations de renaturation peuvent être envisagées pour les cours d'eaux modifiés ce qui va dans le sens de la réduction des inondations. Par exemple, le Dugeon, affluent du Doubs à Bonnevaux (25) est un cours d'eau anciennement recalibré qui a subi une opération de reméandrement afin de lui redonner son ancien tracé sinueux ce qui favorise les débordements localement.
- Une opération de recharge granulométrique dans des cours d'eau incisés va réduire la section d'écoulement et en ce sens favoriser les débordements. (Oberlin, G. Poulard, C., 2002)

Des études concernant le sur-stockage ont déjà été menées dans les années 2000 sur le bassin de la Charente.

III.1.3 Etudes antérieures sur la Charente

L'EPTB Charente a mené différentes études depuis 15 ans concernant le risque inondation sur le bassin de la Charente. Celles se rapportant au sur-stockage sont décrites ci-dessous :

1) L'étude Hydratec

Cette étude d'une durée de 3 ans portait sur la programmation de travaux de prévention des inondations. Elle a exploré différentes solutions de ralentissement dynamique (aménagement d'ouvrages passifs, d'ouvrages actifs, de seuils sur les affluents, de diguettes...) mais s'est toutefois centrée sur les ouvrages structurants de sur-stockage, prenant en compte plusieurs périodes de retours.

Cette étude a montré que le lit majeur de la Charente ralentit et diminue l'amplitude des crues. En effet, sans lit majeur la pointe de crue met **4h** pour aller de Cognac à Saintes, tandis qu'elle en met **36h** lorsque le modèle hydraulique prend en compte le lit majeur. De même, **le lit majeur diminue d'environ 15% le débit maximum de la crue**. Cela a mis en évidence l'importance des ZEC.

De plus, le modèle hydraulique a montré une modification des conditions hydrologiques entre 1982 et 1994 : si une crue de l'ampleur de 1982 se reproduisait avec les nouvelles conditions de ruissellement de 1994, il y aurait une augmentation du niveau d'eau de 20 cm à Cognac et de 10 cm à Saint Clément (proche de Rochefort, à l'estuaire).

Concernant les simulations d'ouvrages de surstockage, le gain cumulatif pour les 3 villes du TRI Saintes-Cognac-Angoulême de l'aménagement de 15 bassins de surstockage pour deux crues de fréquence de retour $f=100$ et $f=10$ ans est présenté :

Tableau 2: gains cumulatifs de 15 ouvrages de sur-stockage pour deux crues de référence

	Angoulême	Cognac	Saintes
$f=100$	11 cm	12 cm	9 cm
$f=10$	13 cm	11 cm	7 cm

L'Analyse Coûts Bénéfices pourrait se traduire par la différence entre les dommages potentiels subis par le territoire dans l'état projeté et ceux subis dans l'état initial. Elle a montré qu'il faudrait **50 ans** pour rentabiliser ces ouvrages au vu des coûts engendrés par les inondations des agglomérations. De plus, l'étude conseillait de ne pas installer d'ouvrages de surstockage passifs car un relargage trop précoce de l'eau stockée pourrait entraîner l'effet inverse et augmenter le risque pour les villes. (Hydratec, 2005)

Une étude a également été menée sur un sous bassin test, le bassin de l'Antenne :

2) Les études de zone de ralentissement dynamique sur le bassin de l'Antenne

Les études ont été menées entre 2007 et 2009 par Eaucéa et SOGREAH. L'étude d'Eaucéa a montré que l'Antenne est sujette à des crues de nappe plus qu'à des crues de ruissellement. L'action des haies est jugée minime dans l'hydrologie de l'Antenne. L'étude d'aménagement de sites de sur-stockage a souligné des difficultés :

- Les crues étant longues, pour écrêter les débits il faudrait écrêter des volumes considérables.
- Des tests d'aménagement de 5 sites de sur-stockage dimensionnés sur le Q10 (gestion passive) avec prise en compte du marais de St Sulpice montraient un écrêtement du débit

inférieur à 10 % et un décalage du pic de crue de 24 h. Les ouvrages de sur-stockage sur le bassin de l'Antenne n'auraient qu'un **impact limité** sur l'écrêtement des crues fortes. (Eaucéa, 2007)

L'étude SOGREAH a montré que les gains hydrauliques issus de la transformation d'ouvrages hydrauliques de moulins pour améliorer la régulation des flux étaient faibles pour le Q10. Ils sont nuls pour des crues supérieures au Q10. (Sogreah, 2009)

III.1.4 Précautions à prendre

Les précédentes études menées sur le bassin de la Charente nous ont permis de tirer des leçons pour cette future étude :

Hydrologie

- Il est important d'appréhender pleinement les horloges de crues et la contribution des sous-bassins versants pour bâtir la stratégie de ralentissement dynamique et hiérarchiser, prioriser les projets (notion de programmation).
- A l'époque, l'étude Hydratec avait estimé des coefficients de rugosité uniformes sur le tronçon Charente amont et ses affluents. Cette nouvelle étude serait l'occasion de mettre en place des outils hydrologiques, paramétrables sur des indicateurs physiques d'aménagement du territoire et d'hydromorphologie (lien avec la Directive Cadre sur l'Eau) : cela permettrait de simuler des approches de ralentissement dynamique sur les versants et les têtes de bassin – maillage de haie, densité de ripisylve, taux de rectitude des cours d'eau... Ceci répondrait à une attente forte exprimée par les acteurs du territoire.

Hydraulique

*Un modèle hydraulique sera développé à la suite du modèle hydrologique. En 2005, le bureau d'études ne disposait pas de données topographiques sur tout le bassin versant : seule la Charente de Cognac à la confluence avec la Boutonne avait été calée sur des paramètres de hauteur et de débit, le reste (Charente amont et affluents), avait été calé seulement avec le débit. La largeur du lit majeur et du lit mineur sur les autres tronçons avait alors été estimée sur des données de limites historiques de zones inondables. Depuis 2006, un zonage LIDAR d'une précision altimétrique de 10 cm est disponible (**Annexe 1 : Zonage LIDAR**) qui couvre le tronçon de la Charente de Civray (Vienne) à l'estuaire, et remonte sur la Trézence, la Boutonne, la Seugne, le Né, l'Antenne, la Tardoire, le Bandiat, la Bonnieure. Les objectifs seront les suivants :*

- **Développer un modèle hydraulique** basé sur la topographie LIDAR du lit majeur de la Charente et de ses principaux affluents – la précision altimétrique des levés est de l'ordre de 10 cm et la résolution spatiale très dense.
- **Caler le modèle** sur les nombreuses laisses de crues collectées dans le cadre de l'élaboration des différents plans de prévention des risques d'inondation.
- **Raffiner le modèle** sur le périmètre du TRI où les enjeux sont importants et où il est nécessaire de connaître assez finement l'impact de mise en place d'une stratégie de ralentissement dynamique en terme de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement. (Maillage du bâti afin d'estimer les dommages sur ceux-ci...)
- **Simplifier le maillage** sur l'amont du fleuve et les principaux affluents, l'objectif du modèle étant alors surtout de simuler la déformation de l'hydrogramme de crue par l'implantation d'un aménagement de ralentissement dynamique.

Environnement

L'impact environnemental de certains types d'ouvrages est aussi à suivre de près : des ouvrages de surstockage peuvent avoir des impacts environnementaux sur les écosystèmes : végétaux, habitats remarquables, oiseaux, amphibiens, poissons et leurs frayères, insectes...

- ❖ les impacts peuvent être **au droit du projet** et des travaux (ex. impact des travaux sur les plantes aquatiques),
- ❖ liés à la **modification des conditions d'inondation en amont de l'ouvrage** : en crue, l'amont de l'ouvrage sera surinondé (ex. impacts sur la biodiversité des prairies surinondées),
- ❖ liés à la **modification des conditions d'inondation en aval de l'ouvrage** : la mise en place de l'ouvrage se traduit par une diminution des niveaux de crue en aval (ex. si des habitats aquatiques sont présents en aval, il y a un risque de déconnexion hydraulique, et de perturbation du transit des sédiments et une dégradation de la qualité de l'eau),
- ❖ liés à la **coupure d'axes de déplacement de la faune** (ex. une digue peut faire obstacle au déplacement de l'avifaune, notamment si la digue sert de support à une route fréquentée). (BCEOM, 2005)

Ainsi, au vu des multiples impacts possibles, les objectifs suivants sont préconisés :

- Prévoir des aménagements de ralentissement dynamique « DCE compatible » c'est-à-dire rendus compatibles avec un objectif de **bon état de l'eau et des milieux aquatiques**.
- Privilégier des aménagements « **intégrés** », basés sur les zones naturelles d'expansion des crues
- Conduire une analyse environnementale du projet de ralentissement dynamique comme demandé dans le nouveau cahier des charges PAPI3.

Economie/finance

- Mener des analyses coût/bénéfice (ACB) pour s'assurer de la **pertinence économique** du projet de ralentissement dynamique des crues et le moduler si nécessaire.
- Compléter l'ACB par une **Analyse Multi-Critères** (AMC) pour intégrer d'autres paramètres dans la décision de choix du projet : impacts sur la santé humaine, l'environnement, l'économie, le patrimoine culture... L'ACB et l'AMC sont des outils de conditionnement des financements de l'Etat dans le cadre des PAPI.
- Mener une étude agricole liée aux éventuels transferts d'exposition au risque par surinondation de terres. Cette étude, exigée elle-aussi dans le cahier des charges PAPI3 doit permettre au cours de l'élaboration du projet de minimiser les impacts agricoles et doit en phase opérationnelle permettre d'élaborer un protocole d'indemnisation.

III.2 L'organisation mise en place

Le présent stage s'est décomposé en plusieurs phases : Le mois d'Avril et une partie du mois de Mai se sont concentrés sur la bibliographie concernant le bassin de la Charente, le ralentissement dynamique des crues, la familiarisation avec les rapports hydrauliques et les rapports concernant le risque inondation (SLGRI, PAPI...), les mois de Juin et Juillet ont été consacrés à la mise en place de la méthode d'identification des ZEC. Les mois d'Août et le début du mois de Septembre ont permis l'élaboration du cahier des charges. (**Annexe 2 : diagramme de Gantt**)

La démarche engagée par l'EPTB vise à répondre aux objectifs et dispositions de la SLGRI et du SAGE. Plusieurs dispositions du SAGE concernent ce projet : la disposition D40 énonce d'« identifier les secteurs d'intervention prioritaires pour le ralentissement dynamique », la D41 propose de « favoriser la création de sites de sur-inondation », la D44 propose d'« identifier et restaurer les zones d'expansion de crues » et la D45 suggère de « protéger les zones d'expansion de crues via les documents d'urbanisme ». De même, l'objectif 4 de la SLGRI concerne plusieurs mesures (figure 8).

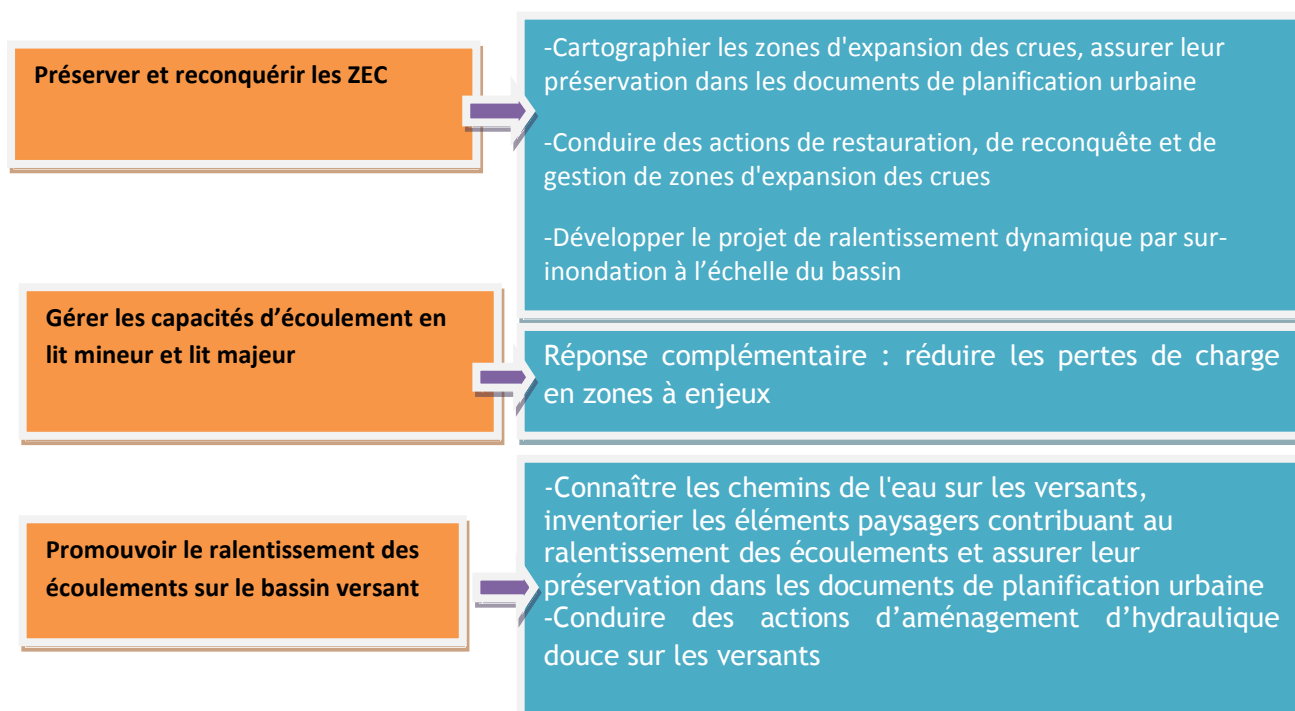


Figure 8: schéma des objectifs de la SLGRI et actions préconisées

Un groupe de travail a été consulté afin d'élaborer un cahier des charges en concertation avec les acteurs du bassin. Le groupe de travail se composait de techniciens rivières, des services de l'Etat, de services des agglomérations concernées, d'associations environnementales (LPO), de fédérations de pêche, de chambres d'agriculture. Au cours de cette rencontre, le contenu du présent stage a été présenté ainsi que la trame du CCTP et les perspectives d'évolution de cette étude. Une deuxième rencontre est prévue pour s'entendre sur la suite de l'étude. La partie qui suit présente le résultat de ce travail concerté.

III.3 La pré-localisation des ZEC

III.3.1 Définitions

La circulaire du 24 janvier 1994 relative à la définition des inondations et à la gestion des zones inondables² définit la notion de zones d'expansion des crues. Les zones d'expansion de crue « à préserver » sont les secteurs « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés » et où les crues peuvent stocker une grande quantité d'eau.

« Elles jouent un rôle déterminant en réduisant momentanément le débit à l'aval, mais en allongeant la durée de l'écoulement. Les crues peuvent ainsi dissiper leur énergie au prix de risques limités pour les vies humaines et les biens. Ces zones d'expansion jouent aussi le plus souvent un rôle important dans la structuration du paysage et l'équilibre des écosystèmes [...]. Il faut aussi éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés. Ces aménagements sont susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval. »

² Ministère de l'environnement, 1994, Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables. Journal officiel n°84 du 10 avril 1994 page 5330

Cette circulaire ne doit pas être confondue avec la **loi L.211-12 du code de l'environnement**.³ « Des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées à la demande de l'Etat, des collectivités territoriales ou de leurs groupements sur des terrains riverains de cours d'eau [...]. Elles peuvent avoir pour objet de créer des zones de rétention temporaire des eaux de crue ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans les secteurs situés en aval ».

La mise en place d'une stratégie de ralentissement dynamique nécessite au préalable de mettre en évidence **au sein de zones inondables des secteurs peu ou pas urbanisés qu'il serait souhaitable de conserver en l'état, de restaurer ou d'aménager** pour disposer d'espaces de « stockages naturels » des eaux en période de crues.

III.3.2 Outils utilisés

Les logiciels utilisés pour identifier les zones d'expansion de crues ont été les Systèmes d'Information Géographique QGIS et Mapinfo. Mapinfo possède de meilleures capacités de gestion de la géométrie que QGIS, c'est donc ce logiciel qui a été utilisé pour les diverses opérations d'intersection entre les objets.

Ex. de croisement de tables sur Mapinfo : Créer une nouvelle colonne s'appelant « *Bati* » dans la table du bassin versant maillé « bv ». Puis, utiliser l'outil « **Table à mettre à jour** » : utiliser la valeur de la table « Bati en dur » issue de la BD Parcellaire, **calculer Valeur de Type, Option** : « où l'objet de table « Bati en dur » intersecte objet de table « bv ». Ainsi, chaque carreau de la couche « bv » a pris l'information dans sa colonne « *Bati* » s'il y a une intersection, sinon la case restait vide.

QGIS a été utilisé pour calculer la potentialité d'être une ZEC et la sensibilité à l'inondation à partir de la couche aux multiples informations en utilisant des codes SQL. *Ex. de classification des ZEC potentielles selon la présence de bâti et les types de zones inondables rencontrées :*

La classification s'est faite selon la colonne *Origine* qui comporte l'information des types de zonages d'inondation : PPRI (Plan de Prévention du Risque d'Inondation), AZI (Atlas des Zones Inondables) ou EAIP (Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles) et *Bati*. Le carreau qui possède l'information PPRI et non bati aura la note de **100**, le carreau qui possède l'information AZI et non bati aura la note de **80** tandis que le carreau possédant l'information EAIP et non bati obtiendra la note de **50**. La note de **0** sera attribuée aux carreaux possédant au moins un élément bati (en dur), peu importe la zone inondable qu'il couvre. Les raisons de cette hiérarchisation seront détaillées plus loin dans le rapport. *Exemple du code utilisé sous QGIS :*

```
CASE WHEN "Origine" like 'PPRI' AND "Bati" IS NULL THEN '100'
WHEN "Origine" like 'AZI_sans_PPRI' AND "Bati" IS NULL THEN '80'
WHEN "Origine" like 'EAIP_seule' AND "Bati" IS NULL THEN '50'
WHEN "Origine" like 'PPRI' AND "Bati" like 'Batiment en dur' THEN '0'
WHEN "Origine" like 'AZI_sans_PPRI' AND "Bati" like 'Batiment en dur' THEN '0'
WHEN "Origine" like 'EAIP_seule' AND "Bati" like 'Batiment en dur' THEN '0'
END
```

³ Ministère de l'environnement, 2014, Article L211-12 II du Code de l'environnement, modifié par ordonnance n°2014-1345 du 6 novembre 2004-art.5

III.3.3 Données disponibles

Informations de l'aléa : les couches de zones inondables

Les zonages **PPRI (Plan de Prévention du Risque d'Inondation)** ont été utilisés pour mailler les zones inondables. La couche d'aléa du PPRI est une enveloppe de la crue historique la plus forte connue ou d'une crue d'occurrence théorique centennale. Le PPRI, établi par l'Etat, est un document permettant de réglementer la constructibilité des zones en fonction du niveau de risque d'inondation.

Les PPRI existants sur le bassin Charente sont les suivants :

Pour le département Charente :

- PPRI « Vallée de la Charente et de l'Argenton », en amont de Mansle
- PPRI « Vallée de la Tardoire »
- PPRI « Vallée du Bandiat »
- PPRI « Charente de Mansle à Montignac-sur-Charente
- PPRI de l'Aume-Couture
- PPRI « Charente de Montignac-sur-Charente à Balzac »
- PPRI « Charente de l'agglomération d'Angoulême » - en cours de révision
- PPRI « Charente de Linars à Bassac »
- PPRI « Charente de l'agglomération de Jarnac »
- PPRI « Charente de l'agglomération de Cognac »
- PPRI de l'Anguienne – en cours d'élaboration

Pour le département de la Charente-Maritime :

- PPRI « Charente amont de Salignac-sur-Charente à Saintes »
- PPRI « Seugne à Jonzac et à Pons »
- PPRI « Charente aval de Saintes à la Vallée »
- PPRI « Charente à Saint-Savinien »
- PPRI « Boutonne médiane de Saint-Pardoult à Saint-Jean d'Angély »
- PPRI « Boutonne aval de Torxé à Tonnay-Boutonne »
- PPRI « Estuaire Charente en aval de Cabariot » – en cours de révision

Les zonages **AZI (Atlas des Zones Inondables)** ont été réalisés par les DDT-M dans les années 1990 et 2000, et sont encore utilisés dans les zones non couvertes par le PPRI. La couche AZI est une enveloppe de la plus grande crue cartographiée (adaptée également vis-à-vis des infrastructures, avec la même logique que l'exploitation des données issues de PPRI), ou une entité «lit majeur » si la méthode de réalisation est hydrogéomorphologique.

Puis les **EAIP (Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles)** ont été utilisées lorsqu'il n'y avait ni zonage PPRI ni AZI. Les EAIP datent de 2011 et sont réalisées à l'échelle de la France dans le cadre de l'évaluation préliminaire des risques de la Directive Inondation. Cela permet d'avoir un maillage exhaustif des zones inondables potentielles du bassin. La couche des Enveloppes Approchées des Inondations Potentielles (EAIP) est développée par les services de l'état (DREAL, DDT). L'objectif est de cartographier les zones inondables potentielles y compris celles liées aux débordements des petits cours d'eau à réaction rapide, aux inondations des cours d'eau intermittents et des talwegs secs et les inondations des torrents de montagne (à partir d'une superficie de bassin versant de quelques km²) à l'échelle de la France. L'EAIP synthétise plusieurs informations :

- L'ensemble des connaissances cartographiques disponibles concernant les zones inondables (AZI, PPRI, autres données locales)
- Des informations sur les alluvions récentes des cartes géologiques

- les zones basses hydrographiques, résultat de l'application d'une méthode à grand rendement spatial EXZECO (extraction des zones d'écoulement)

La méthode EXZECO est basée sur de la topographie afin d'approcher les contours des événements extrêmes. Elle identifie les thalwegs drainant une superficie supérieure à un seuil donné. (DDTM Var, 2017)

La figure en annexe 3 : carte des zones inondables sur le bassin de la Charente et zoom sur le secteur de Cognac nous montre le maillage réalisé sur le bassin et l'information des zones inondables.

Informations des enjeux : l'occupation des sols et le bâti

Le bâti : (annexe 4 : carte des zones bâties)

Le bâti est issu de la BD Parcellaire de l'IGN datant de 2017. Ces données fournissent l'information cadastrale numérique, géoréférencée et continue sur l'ensemble du territoire français. Nous avons sélectionné uniquement le bâti en dur, supposant que les « constructions légères » étaient moins vulnérables aux inondations et pouvait donc être contenues dans une zone d'expansion des crues (exemple : cabanes de jardins familiaux).

L'occupation des sols : (annexe 5 : cartes de l'occupation des sols)

Le **Registre Parcellaire Graphique (RPG)** est une source d'information d'occupation des sols de grande qualité, annualisée permettant des études très localisées ou à grande échelle sur un territoire. C'est un système de déclaration graphique fourni par les agriculteurs (par le biais de l'Agence de Services et de Paiements) dont l'unité est « l'ilot de cultures » (regroupement de parcelles contiguës d'une même exploitation), qui précise les cultures qui sont pratiquées au sein de l'ilot et les surfaces associées. Elle possède 28 classes de cultures. Elle est utilisable à l'échelle **1/5000**.

Afin d'avoir une couverture de sol exhaustive sur le bassin, il est nécessaire de renseigner les surfaces agricoles absentes du RPG et les surfaces non-agricoles à l'aide du **Corine Land Cover**. Le Corine Land Cover est un inventaire biophysique de l'occupation des terres en Europe d'une résolution minimale de 500m. L'échelle d'utilisation de cette donnée est au **1/100 000**. Cela catégorise l'occupation du sol selon une nomenclature en 44 classes, mais les catégories consacrées à l'agriculture sont peu détaillées : les terres arables, les cultures permanentes (avec distinction vignobles et cultures fruitières), les prairies, les zones agricoles hétérogènes. Le CLC fournit également des informations sur les espaces forestiers qui interceptent bien les flux. De plus, il est possible qu'une zone classifiée par le Corine Land Cover comme accueillant de la vigne puisse en réalité contenir d'autres éléments (routes, forêts, haies, surfaces en eau, bâtiments) ceci soit parce que leur superficie est inférieure à 25 ha, soit du à des erreurs thématiques de la carte (changement d'occupation de sol depuis la création de la carte, erreur d'interprétation). Au final, les espaces agricoles de Corine Land Cover sont remplacés par le RPG qui est plus précis.

III.3.4 Méthodologie appliquée

La méthode de carroyage

Ce principe a été employé par l'EPTB Loire lors de l'étude ralentissement dynamique des crues à l'échelle du bassin réalisée par Antéa Group. (De Bortoli et al., 2017). Un système de carroyage avait également été utilisé par l'EPTB Charente en 2006 dans le cadre d'un travail de localisation des zones humides potentielles. Le choix de mailler le territoire s'est imposé au vu de l'hétérogénéité de tailles de parcelles sur le bassin. Par exemple, une grande parcelle en lit majeur possédant un seul élément bâti aurait été discriminée du zonage de ZEC, alors que ce problème ne se pose pas avec de petits carreaux. Le choix a été fait de travailler sur des carreaux de 50 m x 50 m, ce qui est une échelle convenable également utilisée dans le cadre de la pré-localisation des zones humides potentielles.

Cette réticulation permet de zoomer à des échelles respectables et d'obtenir des rendus cartographiques intéressants. Cela permet également de cerner les zones urbaines par l'identification des bâtis dans ces pixels. Lors des premiers essais de maillage sur tout le bassin versant, le temps de traitement était très long. Le territoire a donc été découpé en secteurs de 25km x 25km et maillé ensuite.

Ensuite, cette grille a été croisée avec la couche comprenant les **aléas** : le fuseau Enveloppe Approchée des Zones Inondable (EAIP), l'Atlas des Zones Inondables (AZI) et le Plan de Prévention du Risque d'inondation (PPRI) afin d'avoir un maillage sur la zone inondable uniquement.

Pour les **enjeux**, l'information du « bâti en dur » de la BD Parcellaire a été rajoutée sur chaque carreau : si un carreau intersecte un bati, alors il prend l'information « Bati en dur », sinon le carreau reste blanc.

Puis, l'information de l'occupation des sols a été rajoutée en utilisant les données issues du Corine Land Cover 2012 et du RPG 2016. Afin d'augmenter la précision spatiale, nous avons contraint le Corine Land Cover par le RPG : ainsi, sur chaque carreau, nous avons appliqué soit une information RPG soit CLC. Nous obtenons une couche couvrant tout le territoire avec une précision allant de **1/5000 à 1/100 000**.

Calcul de la potentialité d'être une ZEC

Une ZEC étant par définition une zone non urbanisée, le premier critère de potentialité dépend de la présence de bâti en dur dans le pixel : note de 0 ou de 10. Ensuite le second critère repose sur la fiabilité de l'information du risque d'inondation : le PPRI ayant une portée réglementaire est considéré comme fiable à 100%, l'AZI reposant sur des informations moins consolidées est affecté d'une fiabilité moindre (80%) et enfin l'EAIP, qui est issu d'une méthode automatisée à haut rendement permettant uniquement d'approcher les contours des zones inondable a une note de 50 %. (Tableau 3)

Tableau 3 : Calcul de potentialité d'être une ZEC

Risque inondation		Présence bâti		Note obtenue	Potentialité
Nature	Coefficient	Nature	Coefficient		
PPRI	10	Pixel avec bâti en dur	0	0	Potentialité faible à nulle
AZI	8	Pixel sans bâti en dur	10	50	Potentialité moyenne
EAIP	5			80	Potentialité forte
				100	Potentialité très forte

Sensibilité des ZEC potentielles à l'inondation

Les carreaux avec des ZEC potentielles sont ensuite traités selon leur occupation du sol. Le tableau ci-dessous présente les cultures par sensibilité croissante. (Tableau 4)

Tableau 4: calcul de la sensibilité des ZEC

Nature du RPG	Coefficient
Prairies permanentes, estives landes	1
Prairies temporaires, gels	2
Autres cultures	3
Vignes, vergers	4

Alors que des prairies peuvent être inondées pendant une **durée de submersion maximale** de 10 jours au printemps et d'un mois en automne-hiver, les vignes ne supportent pas la submersion

en été et automne, et pourraient supporter maximum un mois en hiver. (N. Gendreau et al., 1998) De plus, le critère de la **valeur vénale** de la parcelle rentre en compte, par exemple en Charente-Maritime une culture de vigne d'appellation Cognac vaut entre 30 000 et 57 000 euros à l'hectare. La valeur de terres labourables et prairies naturelles en 2017 en Charente-Maritime est entre 2460 et 5680 euros à l'hectare.⁴

Lorsque les carreaux ne possédaient pas de données RPG, parce qu'ils avaient un usage non agricole (forêt, route, pelouse, plan d'eau...) ou un usage agricole non identifié au RPG, une donnée Corine Land Cover leur a été attribuée selon une sensibilité croissante (Tableau 5).

Tableau 5: Méthode de complément du RPG par le CLC sur chaque carreau

Nature du CLC si pas de couverture RPG	Coefficient
Zone humide, plans d'eau, cours d'eau	1
Forêts, pelouses, prairies, milieux à végétation arbustive...	2
Terres arables, zones agricoles hétérogènes	3
Vergers, vignobles	4
Equipements sportifs et de loisir, extraction et matériaux	5
Chantiers, réseaux routiers et ferroviaires, tissu urbain discontinu	6
Aéroport, tissu urbain continu, zone portuaire, zones industrielles	7

Un autre travail a été réalisé en parallèle afin d'orienter le bureau d'études vers des zones remblayées qui semblent perturber la capacité des zones d'expansion des crues. Par la même occasion, un travail d'identification des voies traversantes en remblai impactant l'écoulement en crue a été mené.

III.3.5 Identification complémentaire des obstacles à l'écoulement

Les obstacles à l'écoulement se divisent en deux classes :

- **Les zones remblayées** qui diminuent la surface du lit majeur et augmentent localement le niveau d'eau en crue.
- **Les voies en remblai** à travers le lit majeur qui provoquent des pertes de charge et peuvent augmenter localement la ligne d'eau en crue au droit de zones urbanisées.

Les zones remblayées ont été identifiées grâce à la donnée MNT RGE ALTI 5m de l'IGN en jouant sur les ombrages et en attribuant un coefficient afin d'augmenter la visibilité des variations d'altitude. Une fois les zones identifiées, leur surface a été calculée sur QGIS, et leur volume a été approximé grâce à l'outil *ProfileTool* (extension QGIS) : obtention d'un transect à travers le lit majeur et déduction d'une hauteur de remblai par rapport au lit majeur. La hauteur a été multipliée par la surface pour obtenir le volume.

Les voies traversantes ont été identifiées grâce à l'utilisation conjointe du MNT, de Google Satellite, de données de hauteur d'eau en tout point de la Charente en fonction de crues historiques et des voies de la BD Topo. Nous avons observé les décrochages de la ligne d'eau, puis, nous avons pu identifier les enjeux impactés.

⁴ Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2018, Arrêté du 28 juin 2018 portant fixation du barème indicatif de la valeur vénale moyenne des terres agricoles en 2017. Journal officiel de la république française n°0152 du 4 juillet 2018.

L'identification de ces ouvrages ne fait pas partie de la stratégie de ralentissement dynamique mais pourrait orienter des études locales de mise en place d'ouvrages de décharge, lorsque les enjeux impactés le justifient et à condition de ne pas aggraver la situation aval.

De plus, il est important de bien connaître l'hydrologie du fleuve mais aussi celle de ses affluents pour anticiper la stratégie. Pour cela, l'analyse de l'horloge des crues est essentielle.

III.4 Analyse de l'horloge des crues

III.4.1 Objectifs

Le principe d'un aménagement de ralentissement dynamique est de réduire la pointe de crue. Cependant, l'aménagement est susceptible d'aggraver la situation en aval en décalant la pointe de crue qui peut alors devenir concomitante avec celle d'un affluent auparavant en retard sur celle-ci. Le Cemagref (IRSTEA) conseille « Un calcul du laminage d'hydrogrammes de crue de référence sera réalisé au droit de chaque ouvrage de ralentissement dynamique, puis transféré de proche en proche vers l'aval par une méthode hydraulique adéquate. Il sera alors possible d'apprécier le retard induit par les différents aménagements et de conclure sur un risque de concomitance aggravé des crues. On se basera dans la mesure des données disponibles sur l'étude du décalage des pointes de crues avant aménagements. » Cemagref, 2004

Une analyse a été réalisée en interne afin de mieux comprendre l'hydrologie du bassin en l'état actuel.

III.4.2 Approche historique – données hydrométriques

Les données utilisées sont issues de la banque Hydro et de Vigicrues. Les débits moyens journaliers en m³/s et les hauteurs d'eau en m par station ont été étudiés afin d'établir un synoptique des crues sur différentes années. Les années choisies correspondent à des crues marquantes sur le bassin Charente. (Tableau 6)

Tableau 6: crues de référence sur le bassin Charente

Crue mémorable	Période retour	Débit à Saintes (m ³ /s)	Niveau à Saintes (m INGF IGN 69)
Décembre 1982	100 ans	815	6,99
Janvier 1994	50 ans	764	6,82

La crue de décembre 1982 est considérée comme crue d'occurrence centennale, la crue de janvier 1994 a une période de retour estimée à 50 ans.

L'étude de la crue de 1982 s'est faite grâce à un rapport de l'époque de la Direction Départementale de L'Agriculture. L'étude hydrologique réalisée par Hydratec, 2005 a également permis d'étudier les crues de 1994. Le Service de Prévention des Crues Vienne Charente Atlantique basé à la Rochelle a fourni des éléments sur les crues les plus récentes.

III.4.3 Approche théorique – méthode de calcul des temps de concentration

Pour étayer cette étude, le **temps de concentration** a également été calculé. Il est défini comme le temps d'écoulement d'une goutte d'eau de l'amont du bassin versant à l'aval. Ce paramètre est fonction des caractéristiques géométriques du bassin : sa pente, sa surface et sa longueur hydraulique (plus long chemin de l'eau entre les deux extrémités du bassin). Nous avons utilisé une formule adaptée aux bassins ruraux à semi ruraux : la formule de *Turazza* (DDTM du Nord, 2016).

Soit T_c le temps de concentration (minutes) et S la surface en km²: $T_c = 65,1 \times \sqrt{S}$

IV. Résultats et discussion :

IV.1 Les ZEC potentielles

IV.1.1 Pré-identification des ZEC potentielles

La carte suivante (figure 9) présente un extrait des ZEC potentielles à Cognac, établies selon la méthode exposée plus haut.

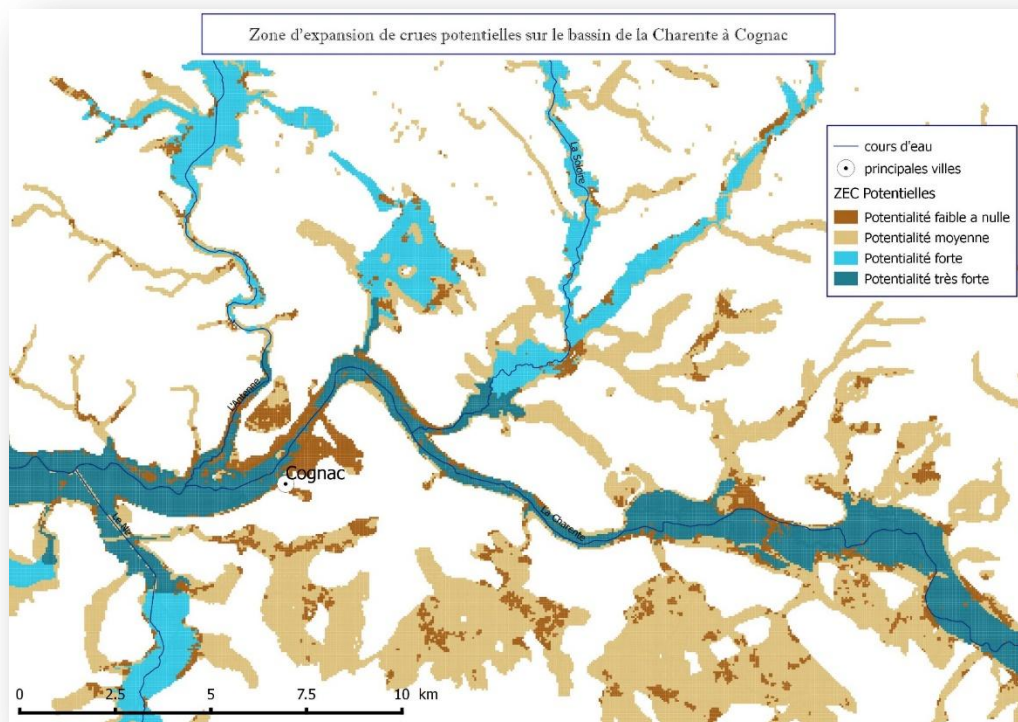


Figure 9: carte des zones d'expansion de crues potentielles sur le bassin Charente, zoom sur Cognac, réalisation personnelle

Les zones en bleu foncé et bleu clair sont des ZEC à forte ou très forte potentialité qui sont à **protéger et dont le fonctionnement pourrait éventuellement être optimisé**. Les zones en marron foncé sont des zones bâties, celles en marron clair sont des zones possédant l'information EAIP, de moindre garantie.

Discussion :

Nous avons remarqué que l'EAIP ne remonte pas en amont des cours d'eau de la BD Carthage (derniers 1000 m non couverts). Elle ne couvre donc pas entièrement les têtes de bassin. De plus, elle surestime des zones planes : landes, plaines, amont du bassin versant...

Pour exemple, sur la figure 10 à Cognac, les zones entourées de rouge sont les EAIP précédemment identifiées, cela représente des zones topographiquement basses. Cependant, l'agglomération de Cognac nous a informés que ces zones ne sont pas réellement inondables. Cela pourrait mener à une pré-localisation de zones d'expansion de crues trop larges.

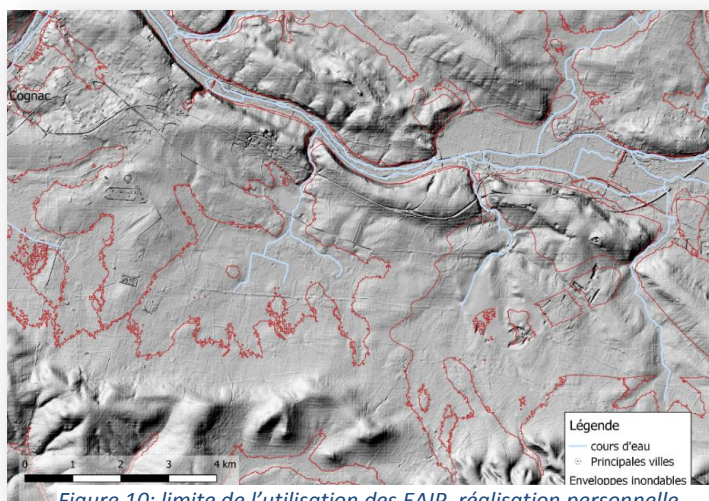


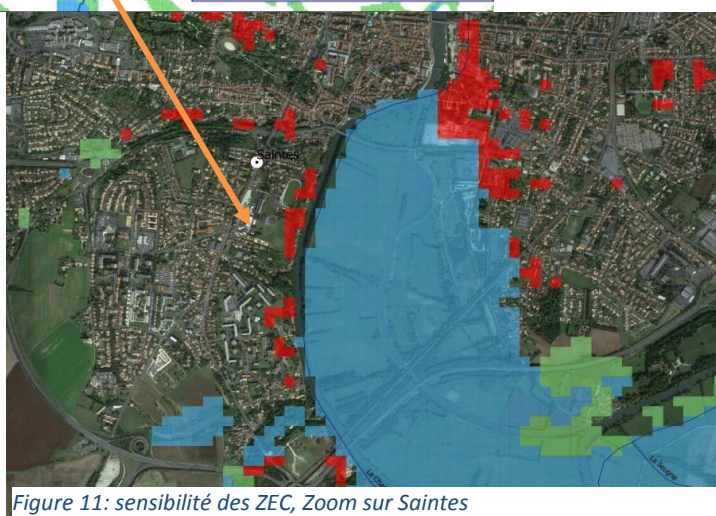
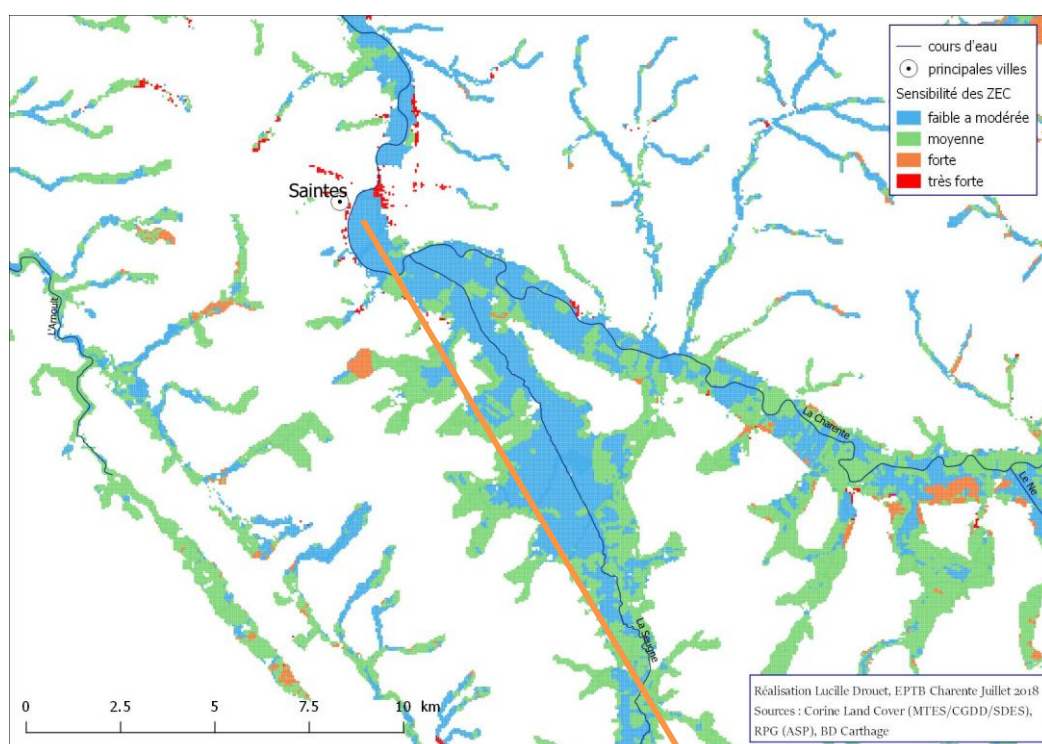
Figure 10: limite de l'utilisation des EAIP, réalisation personnelle

La donnée EAIP doit donc être prise avec précaution : elle fournit des fuseaux potentiels qu'il convient par la suite de valider ou d'invalider par une expertise plus fine (de terrain).

IV.1.2 Sensibilité à la submersion

La carte de sensibilité à la submersion (figures 11 et 12) présente la sensibilité des ZEC à l'inondation selon l'occupation des sols à Saintes. Les pixels à **potentialité faible à nuls sont supprimés**. Les carreaux en rouges représentent les zones industrielles ou les routes identifiées dans le Corine Land Cover. Les routes non identifiées dans le Corine Land Cover ne sont pas identifiées dans les carreaux ce qui peut être une faiblesse de la méthode. Les ZEC pourront ensuite être délimitées par ces voies via la BD Topo de l'IGN. L'utilisation du bâti issu de la BD Parcellaire permet de prendre en compte de manière précise les zones urbaines.

La carte de sensibilité à la submersion des ZEC a été réalisée sur tout le bassin versant ce qui permet ensuite de calculer des **pourcentages de recouvrement** pour chaque classe.



Calcul de pourcentage de recouvrement sur le bassin

Tableau 7: notes de sensibilité et pourcentage de recouvrement de bassin correspondant

Note de sensibilité	1	2	3	4	5	6	7
<i>Classes issues de RPG et CLC</i>	<i>Prairies permanentes, estives landes, zones humides, plan d'eau</i>	<i>Prairies temporaires, gel, espace ouvert sans ou peu végétation, forêts, milieux arbustifs et ou herbacée, pelouse et pâturage naturel, prairies et autre STH agricole</i>	<i>Toutes les cultures sauf celles de classe 2 et classe 4</i>	<i>Vignes vergers</i>	<i>Espaces verts urbains, équipement sportifs et de loisir, extraction et matériaux</i>	<i>Tissu urbain discontinu et réseaux routier et ferroviaire</i>	<i>Tissu urbain continu, aéroports chantiers, zones industrielles, zone portuaire</i>
Superficie du bassin couverte (km²)	615,2	514,2	1473,7	70,8	8,5	20,3	9,4
Superficie de bassin couverte (%)	20,70	17,30	49,70	2,40	0,28	0,68	0,30

Ainsi, sur le bassin versant de la Charente, les zones d'expansion de crues potentielles sont majoritairement des zones agricoles cultivées (quasiment 50%), puis viennent les zones de classe 1 qui sont les prairies permanentes, les zones d'estive, les zones humides (20%), qui sont des zones propices au ralentissement dynamique de part leur faible vulnérabilité. Les zones de classe 2 représentent 17% des zones d'expansion, elles ont une faible sensibilité à l'inondation également. Les vignes et vergers représentent 2% des zones d'expansion de crues. Les espaces verts urbains tels que les parcs municipaux et les équipements sportifs et de loisir comme les stades de foot peuvent dans certains cas de figure être utilisés comme zone d'expansion de crues. (Protection d'une ville) Le tissu urbain résiduel (on a déjà retiré tous les pixels qui intersectaient un bâti en dur) (classes 6 et 7) ne représente que 1% des zones d'expansion de crues potentielles du bassin. Cela donne des perspectives intéressantes pour la mise en place de la stratégie de ralentissement dynamique des crues en lit majeur puisque **près de 40% des zones d'expansion des crues potentielles sont des zones peu vulnérables à la rétention d'eau.**

L'identification complémentaire des obstacles à l'écoulement permet de compléter cette analyse de ralentissement dynamique des crues.

IV.1.3 Identification complémentaire des obstacles à l'écoulement

Les zones remblayées, ne supportant pas d'infrastructure lourde (station d'épuration, zone artisanale...), ont été identifiées sur le bassin de la Charente, on en dénombre 25 au total dont 2 sur la Seugne, 1 sur la Boutonne et 22 sur la Charente. La carte suivante (figure 13) localise ces zones sur le bassin. Un exemple de fiche réalisée pour ces zones est donné en **annexe 6 : fiche ouvrage à Cognac**. Une sélection de ces zones par les acteurs locaux devra être opérée pour cibler celles qui seraient susceptibles de faire l'objet de projets d'arasement. Le bureau d'études pourra ensuite, sur la base de cette sélection, simuler des effacements.

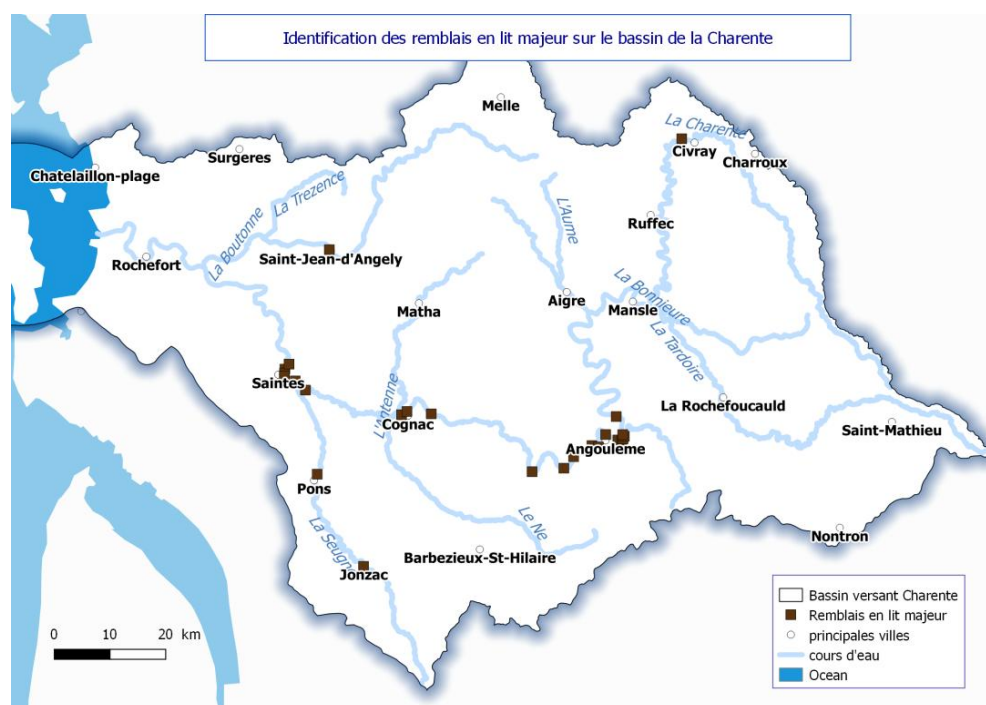


Figure 13: zones remblayées en lit majeur identifiées sur le bassin Charente, réalisation personnelle

Les voies faisant obstacles à l'écoulement ont également été identifiées, on en dénombre 24 sur le fleuve Charente, 3 sur le Bandiat (affluent de la Tardoire), 9 sur la Tardoire, 2 sur l'Aune, 3 sur l'Antenne, 2 sur la Seugne, 7 sur la Boutonne. Un exemple de fiche réalisée pour ces zones est donné en **annexe 7**.

Le cas d'étude ci-dessous s'intéresse à une ZEC très largement remblayée.

IV.1.4 Cas d'étude sur une ZEC

Les figures 14 et 15 nous montrent un exemple de ZEC, sa potentialité et sa sensibilité face aux inondations.

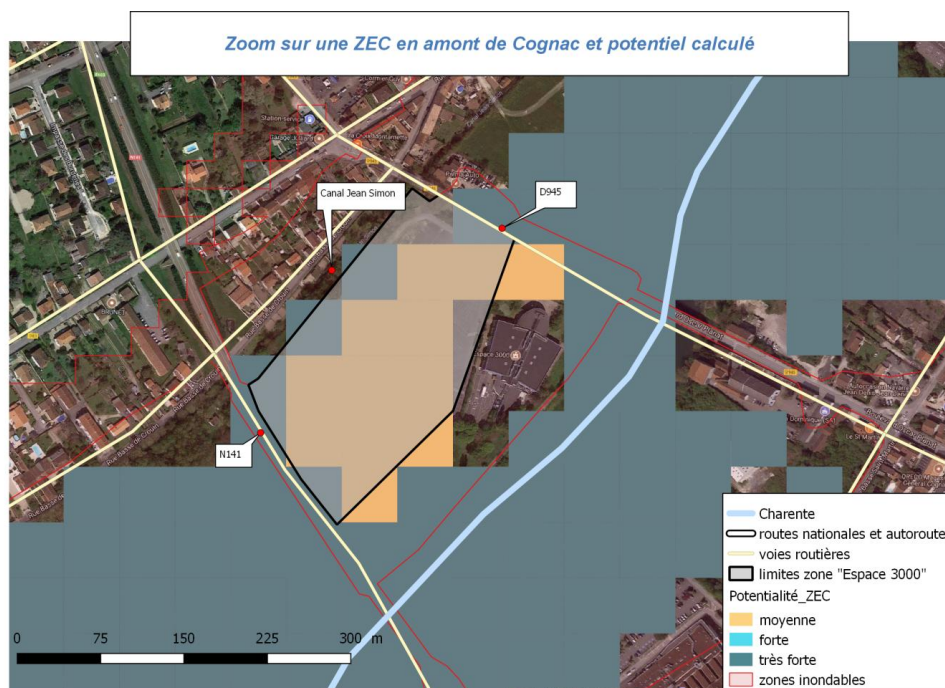


Figure 14 : cas d'étude sur une ZEC, étude de la potentialité de la zone à l'inondation, réalisation personnelle

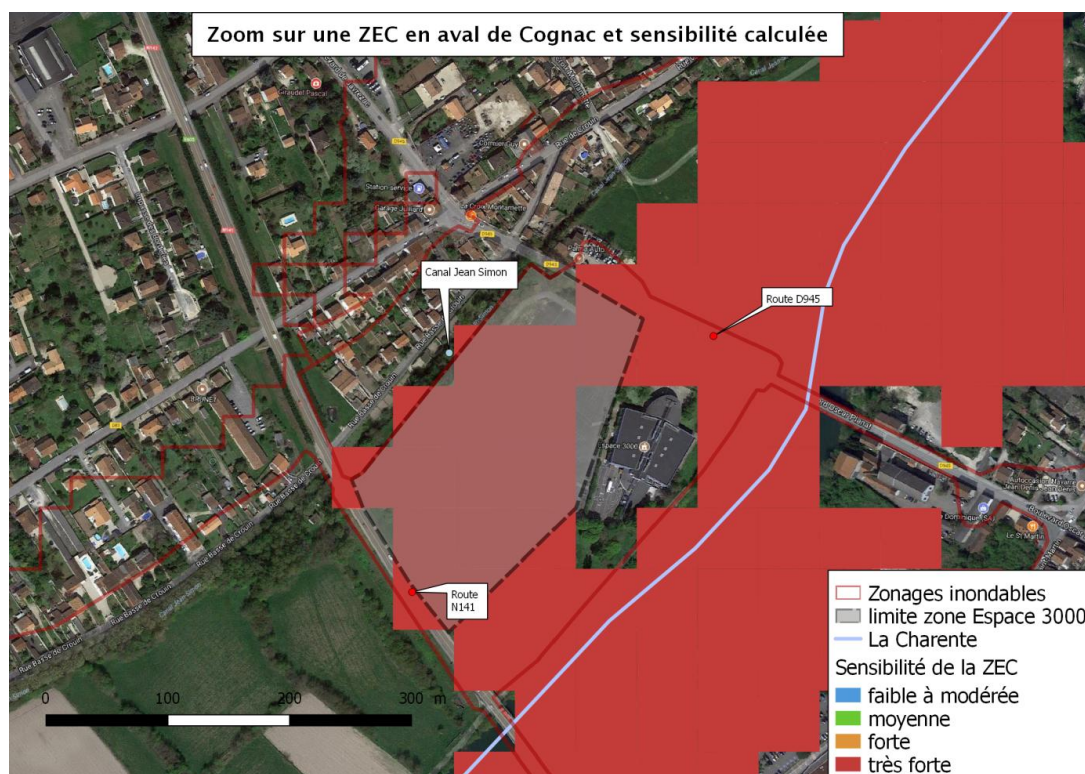


Figure 15 : cas d'étude sur une ZEC, étude de la sensibilité de la zone à l'inondation, réalisation personnelle

Cette ZEC se situe en lit majeur de la Charente, en aval de Cognac. Elle est représentée par les pixels et est comprise dans le fuseau inondable (zonage rouge). Elle a été délimitée par des routes (N141 au Nord, D945 au Sud), par la Charente à l'Est et le canal Jean Simon à l'Ouest. Les éléments de bâtis (pixels vides) constituent le centre de conférence « espace 3000 ». Cette ZEC possède une potentialité majoritairement **moyenne** (figure 14) du à l'information « EAIP ». Normalement, ce secteur est couvert par un PPRI, mais du fait du remblai, le carte d'aléa du PPRI a détourné cette zone. Sa sensibilité est très forte avec l'information Corine Land Cover « tissu urbain discontinu ». (Figure 15) L'occupation du sol de la zone grisée est une **zone remblayée** comportant un parking et des espaces verts autour. Cette zone de parking pourrait être déblayée pour être mise au niveau des terres naturelles. Le volume de lit majeur gagné serait alors d'environ **149 500 m³**. Cela permettrait une meilleure expansion de crues en aval de Cognac où le cours d'eau est déjà fortement contraint. **L'annexe 6** présente la fiche remblai réalisée sur cette zone.

Une stratégie de ralentissement dynamique doit prendre en compte l'hydrologie du bassin.

IV.2 Le risque de concomitance

Cette étude va permettre d'alimenter le travail du futur bureau d'études en termes d'hydrologie. Ce dernier devra nécessairement développer des modèles hydrologiques et hydrauliques pour cibler les bassins les plus contributeurs à la crue ; repérer ceux où il est important de ralentir les ondes de crues et vérifier l'incidence d'éventuels aménagements sur la concomitance des ondes de crues.

En anticipation du travail de ce bureau d'études, l'horloge des crues a été examinée au travers des données hydrométriques historiques et des calculs théoriques de temps de concentration.

IV.2.1 Synoptique des crues pour 2 crues de référence sur la Charente

Un des principes du ralentissement dynamique est de chercher à déphaser les ondes de crues de sous-bassins concomitants. Au contraire, si un bassin a son pic de crue avant celui de la rivière, il est

préférable de ne pas l'aménager afin de ne pas augmenter la vulnérabilité à l'aval des confluences. Les zones d'expansion de crues déjà existantes sur ces bassins peuvent cependant être préservées. Deux crues historiques du bassin de la Charente ont été étudiées.

La crue de décembre 1982

Les graphiques ci-dessous (figures 16 et 17) présentent le débit journalier moyen en m^3/s et la hauteur d'eau en m pour la crue de 1982 à différentes stations hydrométriques du bassin. (**Annexe 8 : emplacement des stations disponibles sur le bassin en 1982**) Les stations Bonnieure et Tardoire se situent près de la confluence avec la Charente, cette confluence étant à mi-chemin entre les stations « Chenon » et « Luxé » de la Charente.

Le graphique 16 montre que leurs pics ont lieu une journée avant ceux de Luxé et le même jour que ceux de Chenon.

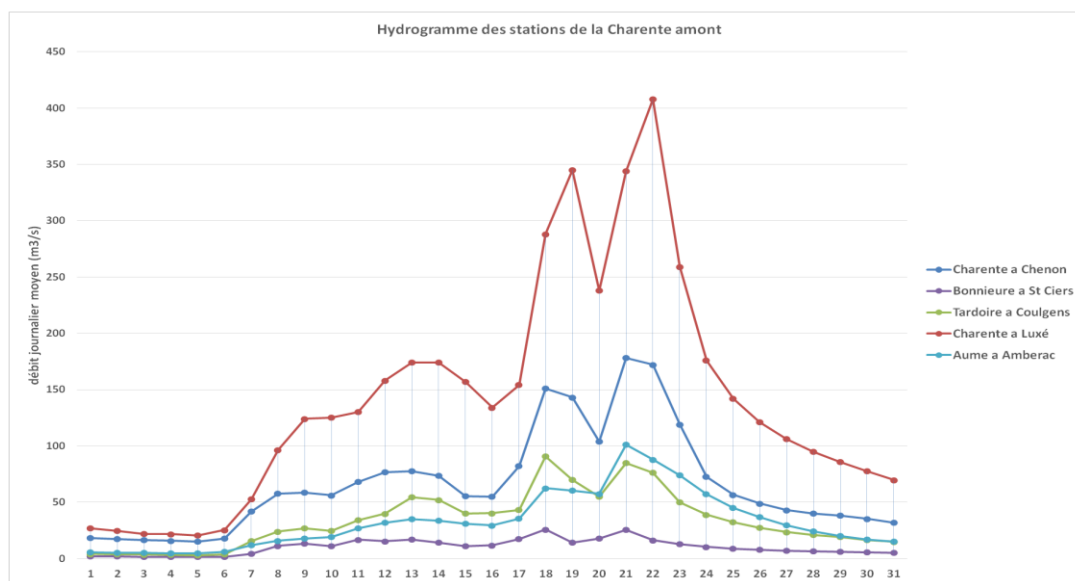


Figure 16: graphique présentant les débits associés aux stations amont de la Charente en décembre 1982

Cela indique que les pics de crues du bassin Bonnieure-Tardoire ont été quasiment concomitants avec celui de la Charente.

Le graphique 17 présente également des données de hauteur d'eau de stations du réseau Vigicrues pour la Charente à Cognac, Landart et Saintes et les données de stations débitmétriques sur ses affluents aval.

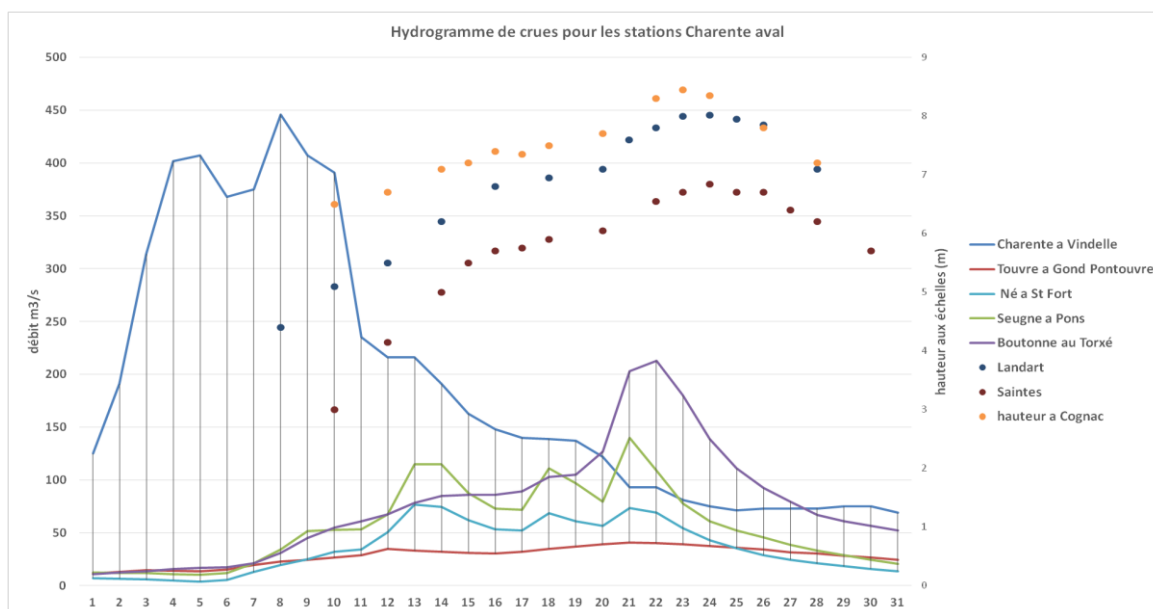


Figure 17: graphique présentant les débits aux stations aval de la Charente en décembre 1982

C'est une crue complexe, la Charente à Vindelle (station médiane du bassin) possède un pic du 4 au 8 décembre tandis que la Charente à Saintes, Cognac et Landart (en aval du bassin) ont des pics plus tard, vers le 23 décembre. Le Né et la Seugne réagissent en même temps, ce qui témoigne de temps de concentration proches, et avant la Charente à Cognac.

La crue de janvier 1994

Les graphiques 18 et 19 présentent différentes stations et les débits associés en 1994 lors de la crue. (Annexe 9 : emplacement des stations disponibles sur le bassin en 1994)

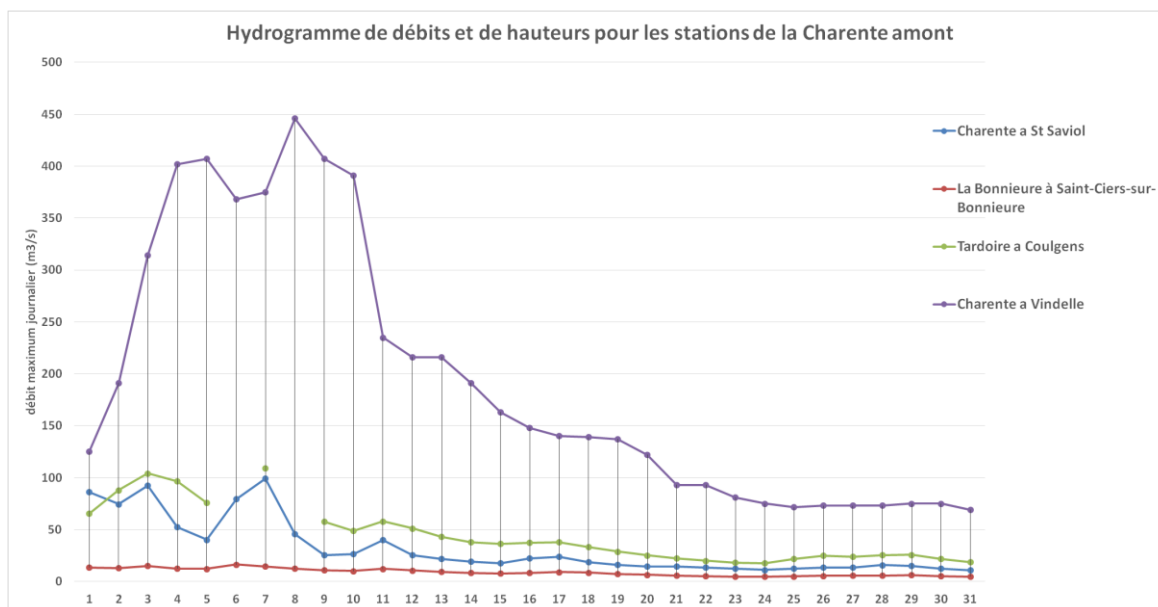


Figure 18: graphique présentant les stations amont de la Charente en janvier 1994 et les débits

La Tardoire réagit bien et en même temps que la Charente amont à St Saviol (le 3 et le 7 janvier). La Bonniere réagit peu. La Charente à Vindelle réagit sous forme de deux pics de crues le 5 et le 8 janvier. Le graphique 19 nous montre l'hydrogramme pour les stations aval :

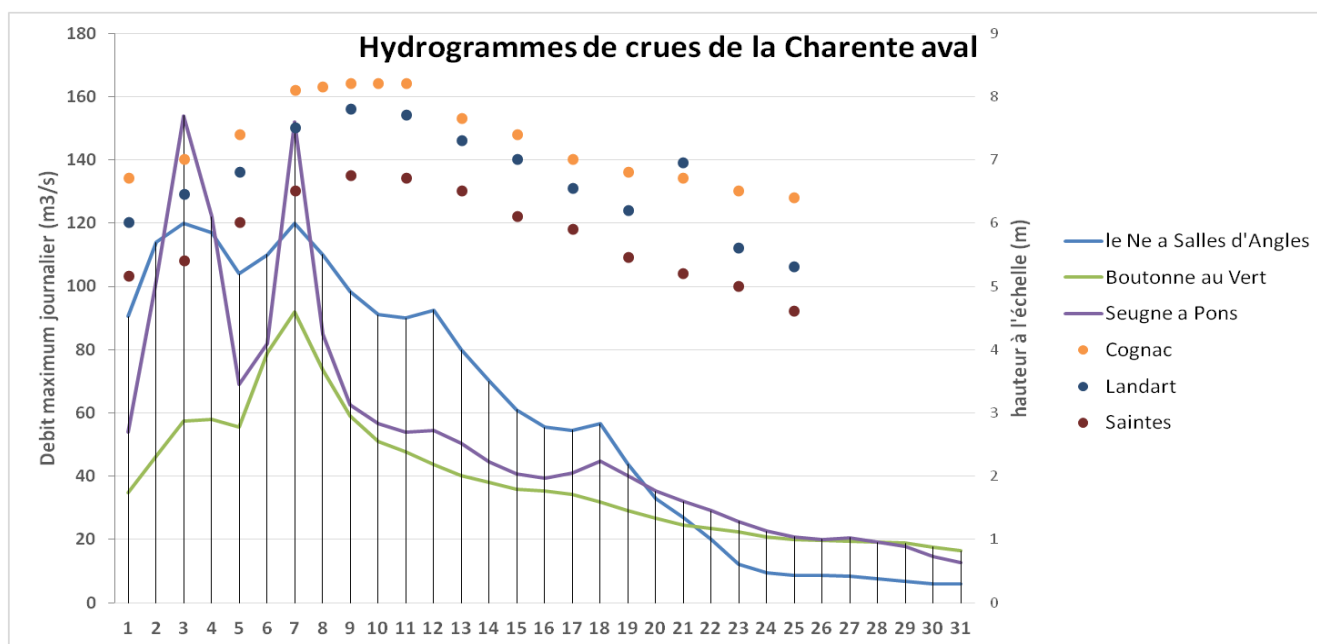


Figure 19: graphique présentant les stations aval de la Charente en janvier 1994 et les débits

Les pics de la Charente du graphique précédent s'aplanissent et n'en forment plus qu'un en arrivant vers l'aval à Cognac, Landart et Saintes du fait du **passage dans les champs d'expansion de crues**. Le Né et la Seugne réagissent en même temps et rapidement aux précipitations de fin décembre et forment deux ondes de crues bien distinctes. Ces pics sont avant ceux du bassin Charente aval. (Charente à Cognac).

Ces graphiques nous apportent quelques informations concernant l'horloge des crues :

-Les bassins Bonnieure-Tardoire réagissent en même temps que le bassin Charente amont, il faudrait donc aménager soit l'un soit l'autre.

-Le Né et la Seugne réagissent en même temps, mais avant la Charente à Cognac, aménager ces rivières pourrait ralentir les flux et générer des concomitances avec la Charente. Une approche théorique a été menée afin de mieux appréhender l'hydrologie du bassin.

IV.2.2 Approche théorique (temps de concentration)

Nous avons calculé, sur la base de la formule de Turraza, le temps de concentration de chaque sous-bassin et l'avons représenté sur une carte. Chaque point représente le temps de concentration du bassin qui le précède, il est placé aux confluences. (**Annexe 10 : carte représentant les temps de concentration par sous bassins**)

Ces calculs confirment ce qui a été vu par l'approche historique. Le sous-bassin Bonnieure-Tardoire a un temps de concentration proche du sous-bassin Charente à la confluence (41 heures). La Seugne et le Né ont un temps de concentration semblable 34 heures et 32 heures respectivement), mais bien inférieur à celui de la Charente à la confluence. (80 heures à la confluence avec le Né et 87 heures à la confluence avec la Seugne).

IV.2.3 Discussions

Echanges en groupe de travail

Après des échanges sur le projet de ralentissement dynamique avec les techniciens rivière, les services de l'état (DREAL), les communautés d'agglomérations concernées, un représentant d'une fédération de pêche, des associations environnementales (LPO, Natura 2000) plusieurs points importants ont été mis en lumière :

- Concernant le modèle hydraulique qui sera constitué, certains partenaires ont exprimé le besoin de pouvoir raffiner à la demande le modèle sur certains secteurs ou de le développer plus en amont sur les affluents. Même si ces développements ne sont pas indispensables à l'étude de ralentissement dynamique portée par l'EPTB, ils répondent à une de ses missions qui concerne la mutualisation des moyens. Un système de bons de commande pourrait être mis en place et activé sur demande.
- Pour caractériser l'apport des drains en tête de bassin, il faudrait intégrer la notion d'aménagement du territoire et d'occupation des sols. Cela permettrait de mieux appréhender la contribution des sous-bassins à la crue et leur lien avec l'aménagement du territoire. Une des données disponibles est le référentiel **SYRAH-CE** (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau) qui permet de caractériser un tronçon de cours d'eau selon son potentiel d'altération.

Ces échanges constructifs ont permis d'élaborer le CCTP. La tranche ferme est présentée en suivant, en version simplifiée et résumée.

Résumé de la tranche ferme du CCTP en cours d'élaboration

Une **première phase** concerne la mise en place d'outils pour définir la stratégie de **ralentissement dynamique**. Dans un premier temps, le prestataire fera une analyse bibliographique des études menées sur le bassin de la Charente. Dans un second temps, une consultation des acteurs du territoire sera entreprise pour comprendre le fonctionnement hydrologique et les enjeux locaux du bassin. La troisième partie de cette phase concerne la construction de modèles hydrologiques et hydrauliques.

- **Le modèle hydrologique** doit permettre de convertir une séquence pluviométrique en hydrogramme de crue (outils pluie / débit) et de représenter la propagation des hydrogrammes. Il doit également permettre de travailler sur la question des aménagements de versants et de têtes de bassin. (Tester des évolutions d'aménagement du territoire sectorisé par sous bassin hydrographiques avec des paramètres tels que le maillage bocager, le taux de boisement, des paramètres hydromorphologiques...)
- **Les outils hydrauliques** : 1/ Construire un modèle hydraulique en régime transitoire 2D sur l'axe Charente de Angoulême (secteur médian) jusqu'à l'estuaire grâce à des données de laisses de crues. Cela permettra de déterminer finement les fuseaux inondables pour différentes crues et d'évaluer les gains ou impacts des projets de ralentissement dynamique, sur les enjeux du TRI.

2/ Construire un modèle hydraulique à l'amont du fleuve, basé sur des données LIDAR de précision afin de simuler la transformation d'un hydrogramme de crue provoquée par des opérations de ralentissement dynamique qui porteraient sur le lit majeur de la Charente amont.

3/ Modélisation sur les affluents : développement d'un modèle hydraulique simplifié visant à caractériser les dynamiques de remplissage et de ressuyage des ZEC des affluents ; évaluer les impacts locaux du ralentissement dynamique des sous-bassins ; caractériser les enjeux des affluents.

La **seconde phase** concerne une **première approche du ralentissement dynamique sur le bassin**. Elle se divise en trois parties :

Zones de ruissellement et sous-bassins contributeurs

Une localisation des **zones de ruissellement** intense à l'échelle du bassin sera réalisée afin d'anticiper des mesures d'aménagements de versants. Pour ce faire, le prestataire pourra s'appuyer sur le modèle hydrologique développé dans la phase précédente et/ou sur une approche d'indicateurs physiques du territoire (pédologie, pente, occupation des sols...) traités par SIG.

Une **hiérarchisation par sous-bassins** des affluents les plus contributeurs aux crues de la Charente pour différentes gammes de pluviométries sera également demandée. Cette approche devra être croisée avec une analyse fine de l'horloge des crues du bassin versant de la Charente et une analyse macroscopique du fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau du bassin versant (indicateurs d'état et de pression).

Caractérisation des ZEC

Au regard de l'objectif affiché de prévention des risques d'inondation du Territoire à Risque Important Saintes-Cognac-Angoulême, le titulaire de l'étude devra examiner attentivement le compartiment du lit majeur de la Charente et de ses affluents, pour identifier **les zones d'expansion des crues d'intérêt majeur**. De fait, le prestataire sera amené à se concentrer sur l'axe Charente et les tronçons moyens et avals des affluents les plus contributeurs.

Il disposera à cet effet d'une couche SIG de pré-localisation des zones potentielles d'expansion des crues établie au cours de ce stage. Sur cette base, il délimitera les zones d'expansion des crues prioritaires qualifiées d'intérêt commun pour le bassin versant, contribuant ou susceptibles de contribuer à la modulation de l'aléa du TRI. Les ZEC prioritaires feront l'objet de fiches d'identification, comportant un certain nombre d'attributs informatifs. En voici une liste non exhaustive : positionnement sur le bassin versant, surface, volumes de rétention, occupation des sols, présence d'obstacles (zones de remblai – infrastructures...), connexion avec le lit mineur, zonage environnemental, présence d'enjeux dans la ZEC, présence d'enjeux en amont et en aval de la ZEC... Pour caractériser la ligne d'eau au droit de ces ZEC, le bureau d'études s'appuiera sur les modèles hydrauliques développés dans la première phase de l'étude.

La caractérisation des ZEC se fera par analyse cartographique. Un échantillonnage sera proposé par le titulaire, pour tester la méthodologie, et fera l'objet d'une expertise de terrain. Une fiche terrain d'exemple sera fournie. **(annexe 11 : exemple de fiche terrain d'information sur une ZEC)**

Les ZEC seront hiérarchisées au regard de leur potentiel de ralentissement dynamique. Cette hiérarchisation servira de support aux perspectives de préservation, reconquête et optimisation des zones d'expansion des crues.

Définition d'une stratégie globale de ralentissement dynamique

Sur la base des deux premières étapes de cette phase 2 de l'étude, le prestataire définira une **stratégie globale de ralentissement dynamique**. Ce stade « stratégie » comportera des orientations zonées de ralentissement dynamique :

- ➔ Ralentissement **en lit majeur** : interventions sur les zones d'expansion des crues.
- ➔ Ralentissement **en lit mineur** : interventions sur l'hydromorphologie des cours d'eau – gestion des ouvrages hydrauliques existants.
- ➔ Ralentissement **sur les versants** : interventions/pratiques de gestion douce des ruissellements sur le parcellaire producteur et dans les talwegs secs concentrateurs.

Plusieurs schémas stratégiques globaux seront testés, par l'utilisation d'hypothèses voire d'artéfacts de simulation hydrologiques et hydrauliques, afin d'évaluer les tendances sur la ligne d'eau du TRI Saintes-Cognac-Angoulême. La comparaison des divers scénarii se fera par une analyse multi-critères. Finalement, le comité de pilotage, sur recommandation du bureau d'études, **validera une stratégie globale** de ralentissement dynamique qui prendra la forme de recommandations à destination des acteurs du territoire (syndicats de bassin, EPCI, acteurs du lit majeur du fleuve Charente).

V. Conclusion

La fréquence et l'intensité des inondations du bassin de la Charente semblent s'accroître du fait de l'évolution rapide de l'occupation des sols et de l'urbanisation croissante. Pour compenser les accélérations de ruissellement dues aux activités humaines, le ralentissement dynamique des crues semble être une bonne alternative.

Il semble toutefois nécessaire de trouver un équilibre sur le bassin versant entre aménagements de surstockage qui peuvent perturber l'écologie du cours d'eau et d'autres outils de ralentissement dynamique comme la restauration de ZEC, la diminution des ouvrages perturbants l'écoulement, le reboisement des berges ou la mise en place de haies brise crues en lit majeur.

La stratégie de ralentissement pose la question de la difficile mais nécessaire solidarité amont-aval : un territoire amont doit accepter la contrainte de la sur-inondation pour protéger des communes plus en aval. Cela pose aussi des difficultés techniques : il faut comprendre l'hydrologie du bassin ; calculer l'effet des ouvrages sur la crue ; et réussir à synthétiser l'information pour la bonne compréhension des décideurs publics. Les indicateurs économiques (ACB, analyse multicritères) sont de bons moyens de synthèse mais nécessitent de croiser des données hydrologiques issues de modèles avec des données économiques parfois complexes.

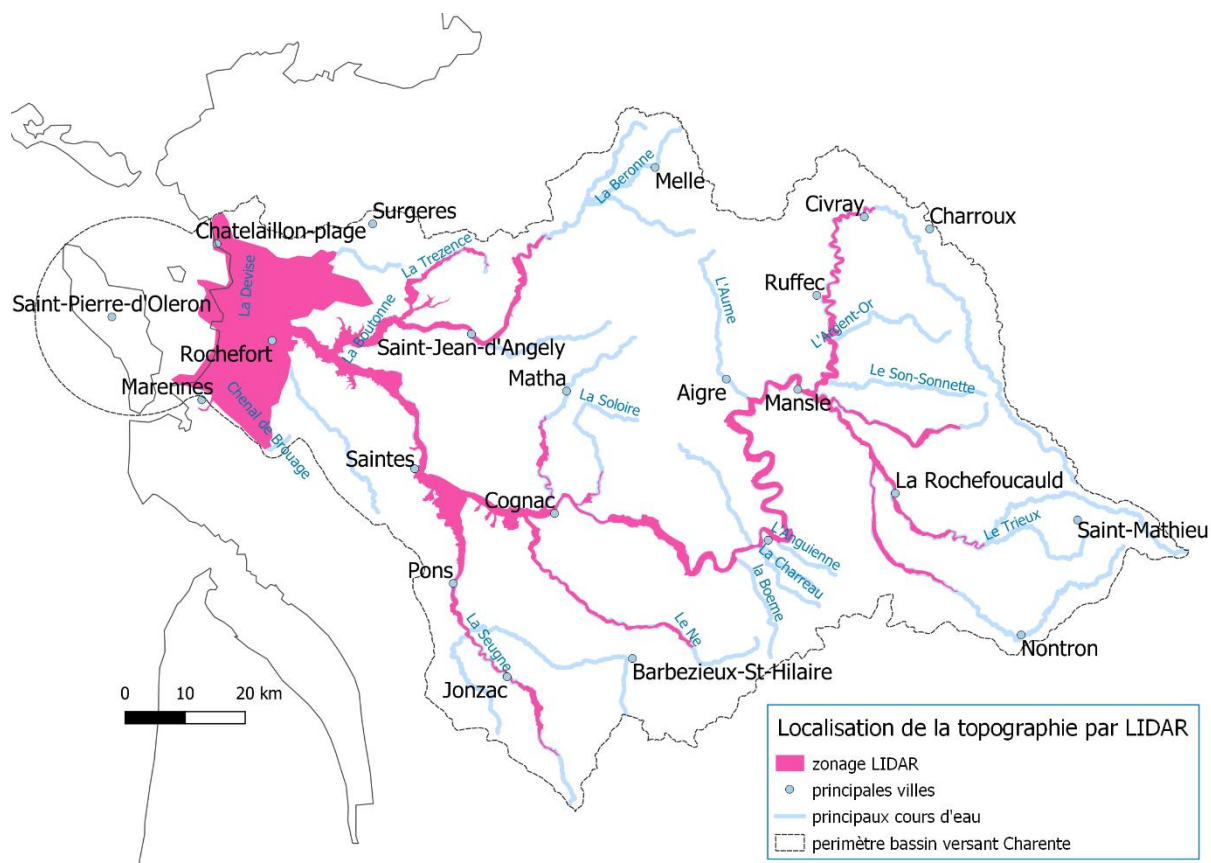
Au vu du travail mené et de la dynamique engagée dans le cadre du stage, il semble essentiel de poursuivre les réflexions à l'issue de ce premier travail. Un prochain groupe technique sera organisé pour finaliser le cahier des charges. La méthodologie de pré-localisation des ZEC est établie et le bureau d'études pourra poursuivre dans cette voie.

Ce type d'études est complexe à mener car elle doit se faire à l'échelle du grand bassin. Le territoire est vaste ce qui nécessite une première approche macroscopique, et ce qui implique la concertation avec de nombreux gestionnaires de cours d'eau : la Charente appartient au Domaine Public Fluvial propriété des Départements, les affluents sont gérés par des syndicats de bassin versant et les lits majeurs sont support de nombreux usages.

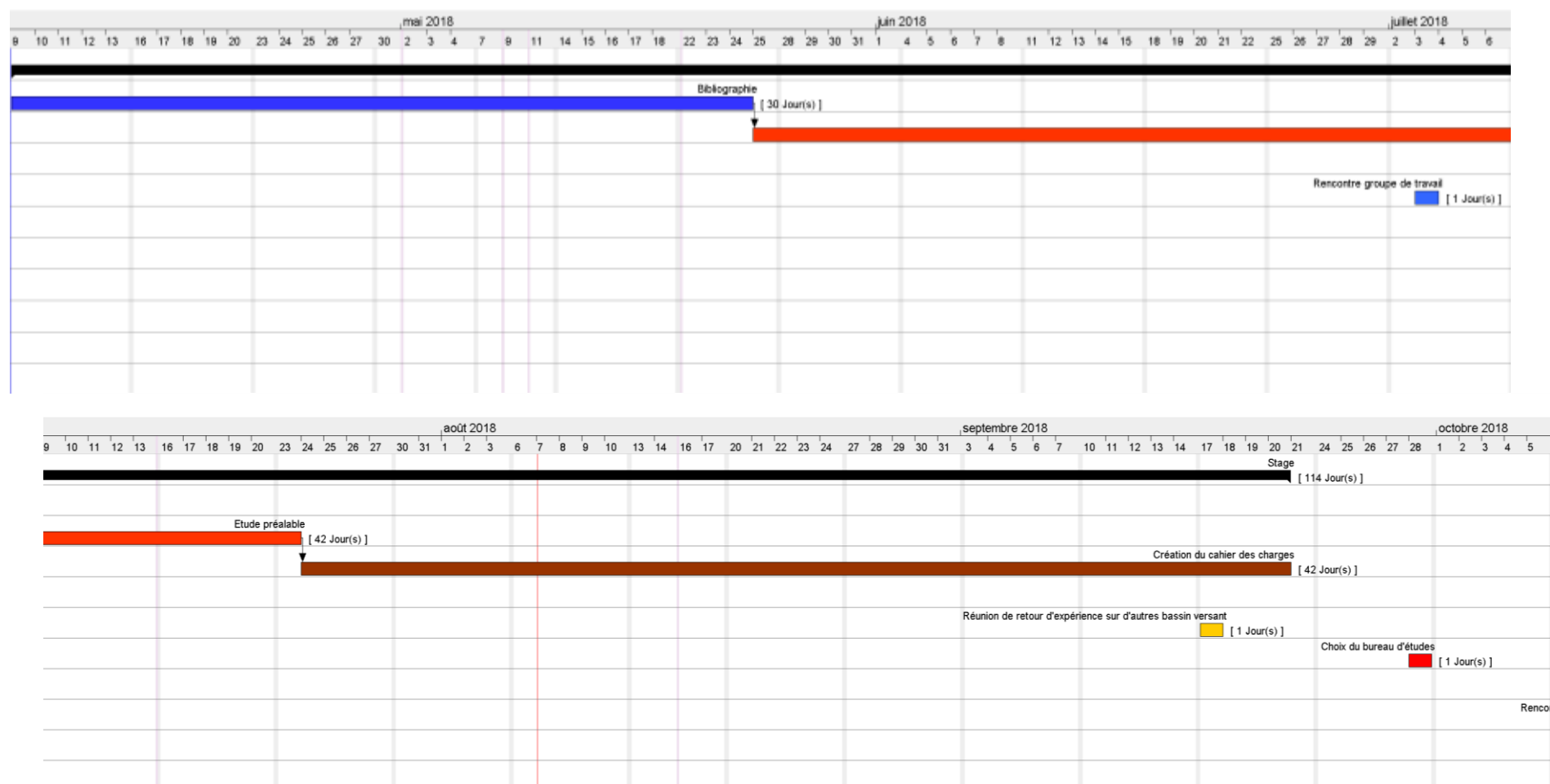
Le bilan des compétences acquises est positif, j'ai eu l'occasion de perfectionner mes compétences en SIG, j'ai développé mes compétences relationnelles avec l'organisation du groupe de travail technique, ainsi que rédactionnelles avec les synthèses bibliographiques et rapports rédigés. J'appréhende mieux le fonctionnement des collectivités, le code des marchés publics et la gestion de projet (rédaction d'un CCTP, délais de réalisation d'un projet). Mes objectifs après le stage sont de me spécialiser en gestion des milieux aquatiques et en SIG.

VI. Annexes

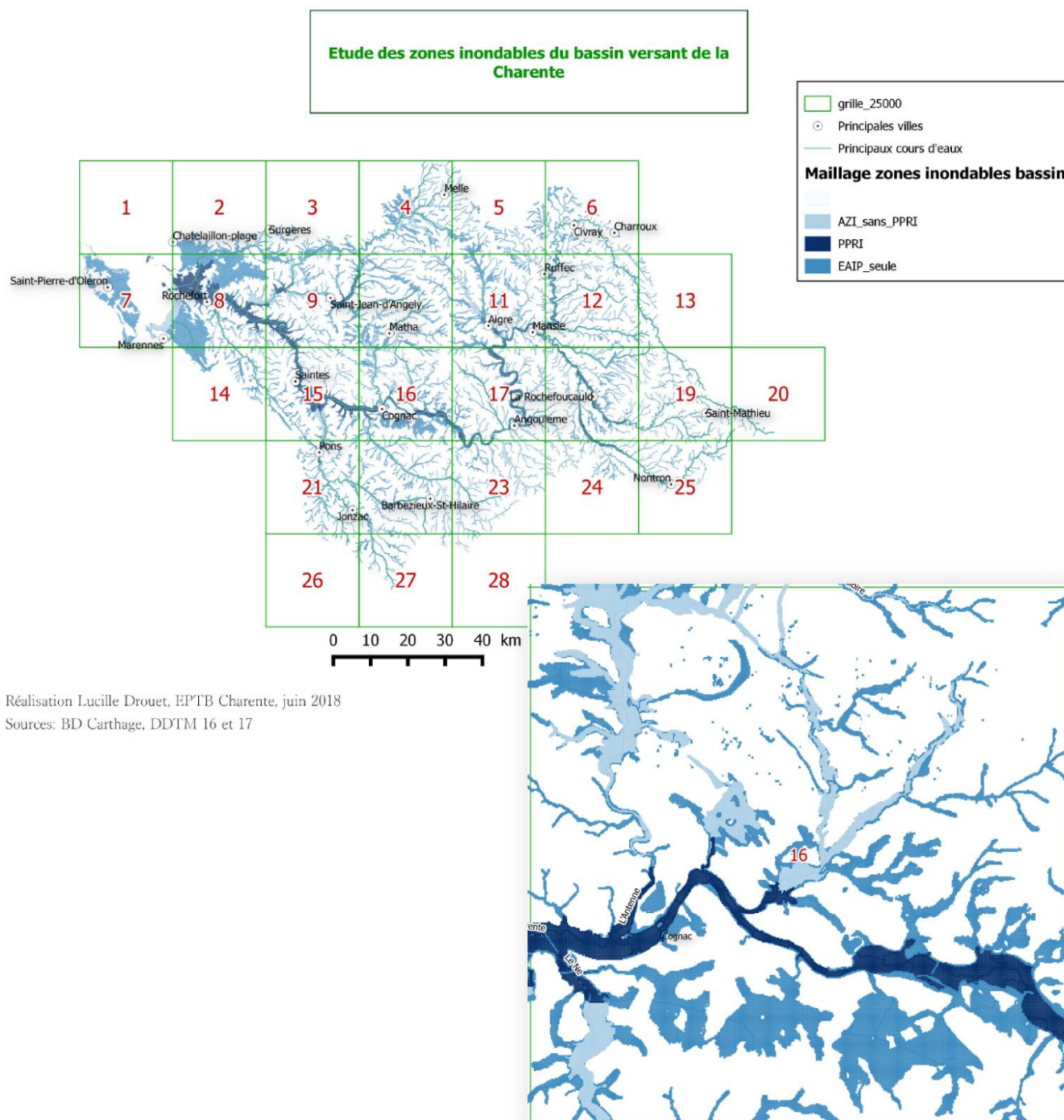
Annexe 1 : Zonage LIDAR



Annexe 2: diagramme de Gantt de l'organisation du stage



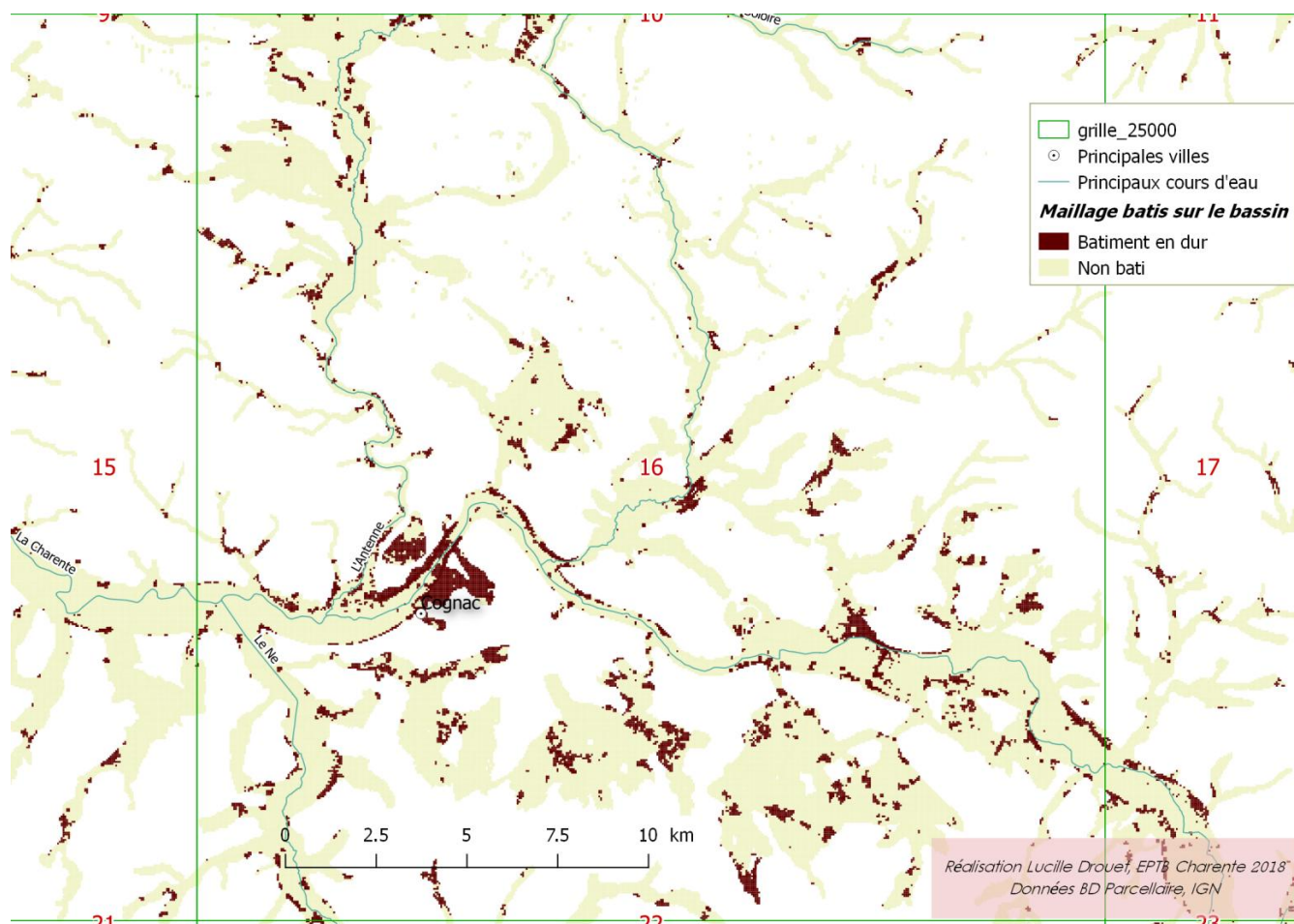
Annexe 3 : carte des zones inondables sur le bassin de la Charente et zoom sur le secteur de Cognac



Réalisation Lucille Drouet, EPTB Charente, juin 2018
Sources: BD Carthage, DDTM 16 et 17

Annexe 4 : carte des zones batiées

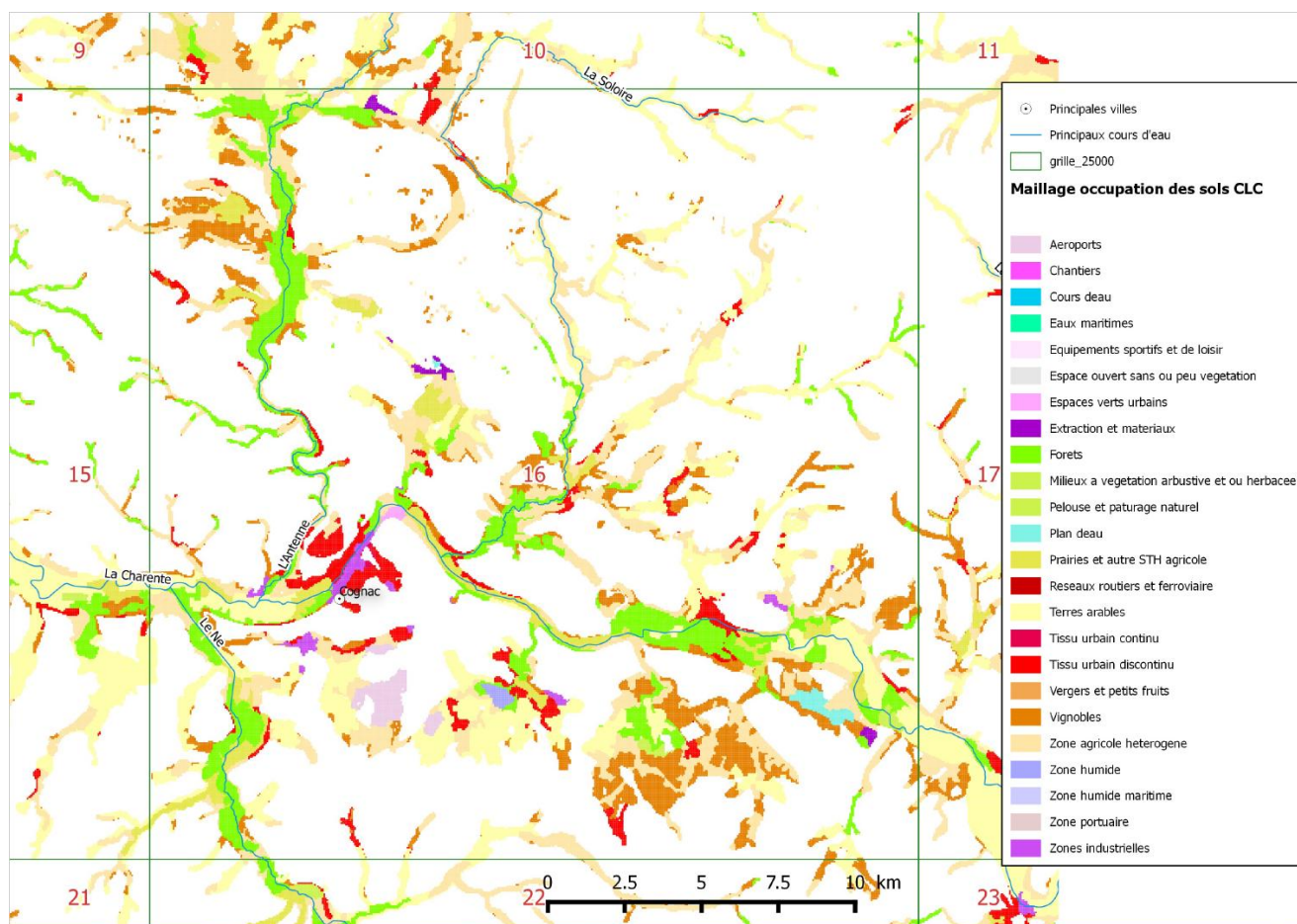
Extrait de l'atlas cartographique réalisé sur le maillage du bati du bassin, zoom sur le secteur 16 de Cognac :



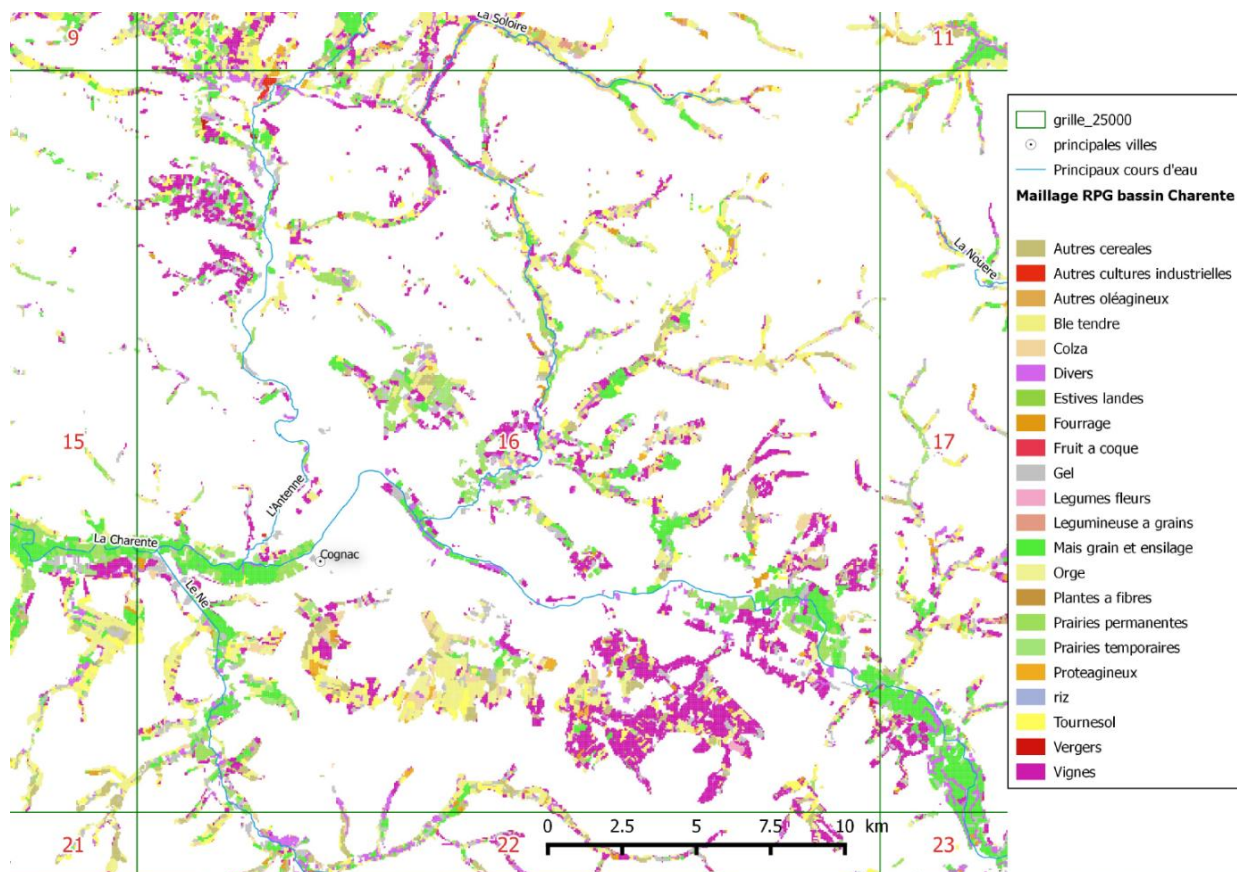
Annexe 5: Cartes de l'occupation du sol

1) Carte du Corine Land Cover :

- Extrait de l'atlas cartographique réalisé sur le maillage de l'occupation des sols du bassin par le Corine Land Cover, zoom sur le secteur 16 de Cognac :



Carte du Registre Parcellaire Graphique : **Extrait de l'atlas cartographique réalisé sur le maillage de l'occupation des sols par le RPG, zoom sur le secteur 16 de Cognac :**



Annexe 6: fiche d'une zone remblayée

Fiche remblai de la zone de remblai « Espace 3000 » à Cognac :

Remblai N°15

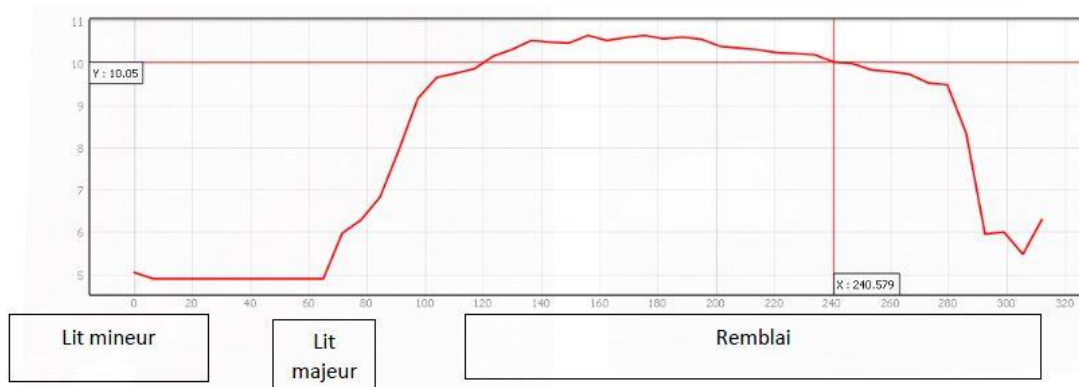
Cours d'eau : la Charente

Département : Charente

Commune : Cognac



Surface en remblais (m ²)	Hauteur moyenne au-dessus du lit majeur (m)	Volume (m ³)	Commentaires
65643,6	4	262 574,4	parking « Espace 3000 » routes adjacentes (D945 et N141)



Annexe 7 : fiche ouvrage

Fiche ouvrage à Bassac, Charente :

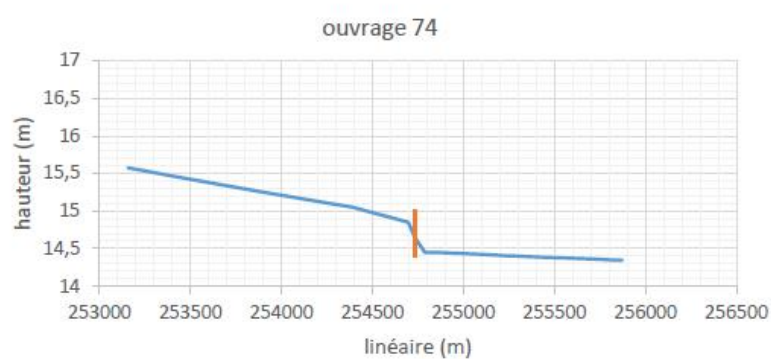
Ouvrage N°74-D18

Cours d'eau : la Charente

Département : Charente

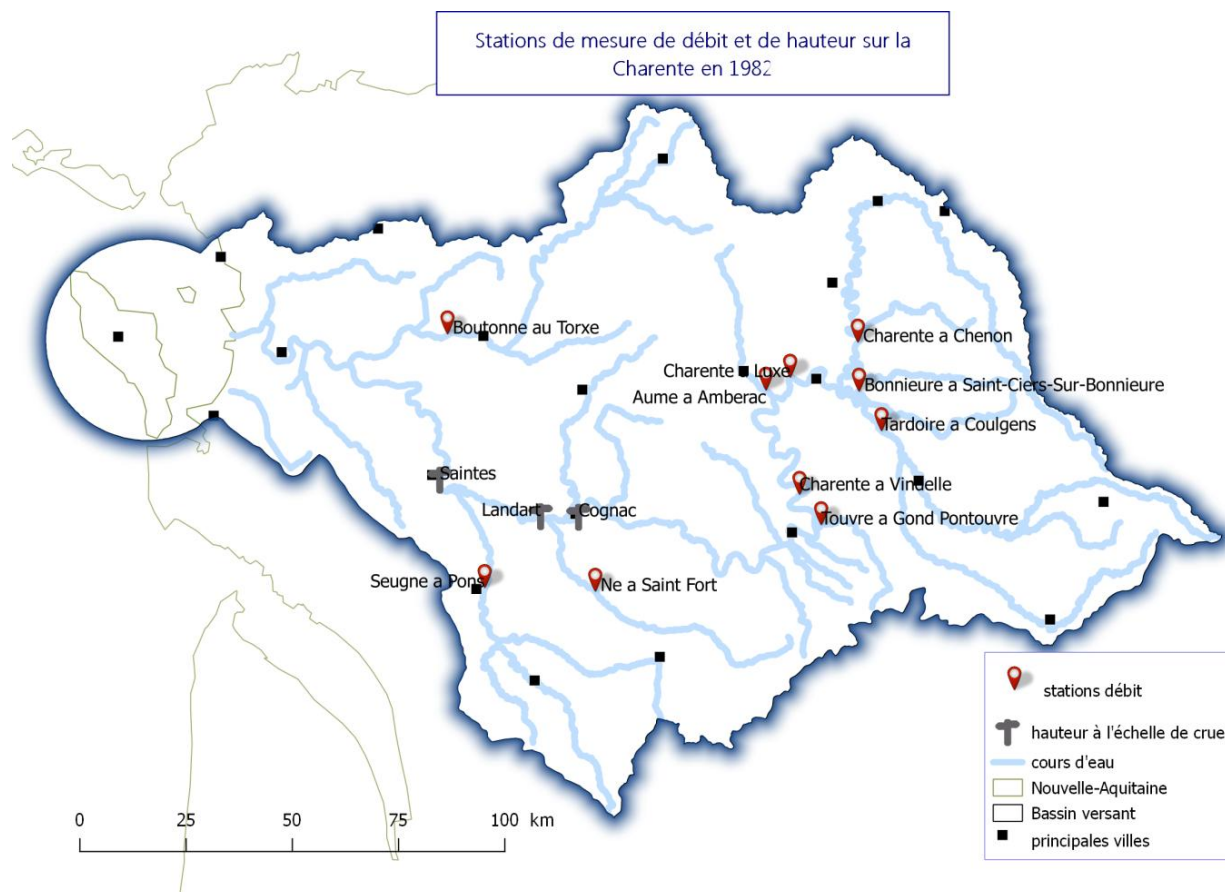
Commune : Bassac

Perte de charge (m) pour crue centennale de 1982	Enjeux amont impactés pour un linéaire d'impact de 700m
0,40	7 batis

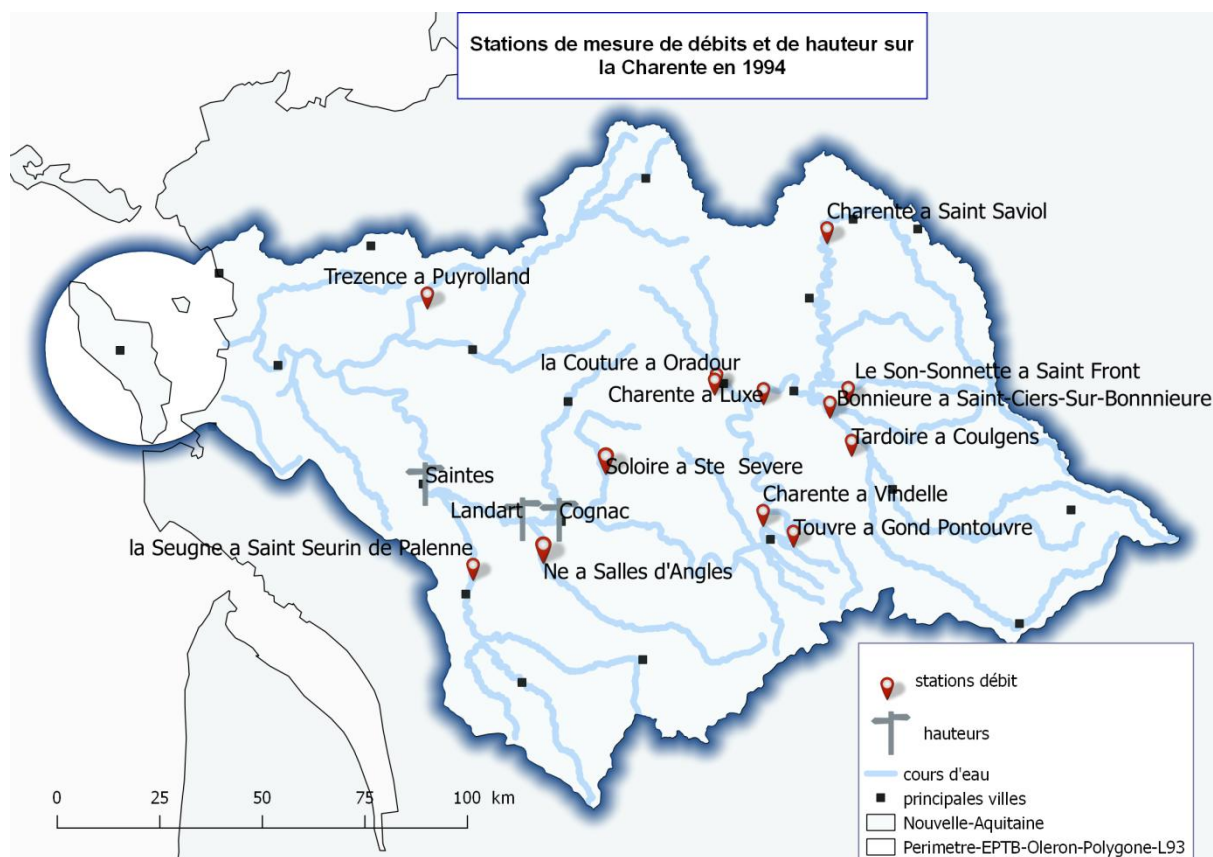


En encadré rouge la localisation des batis menacés pour une crue centennale.

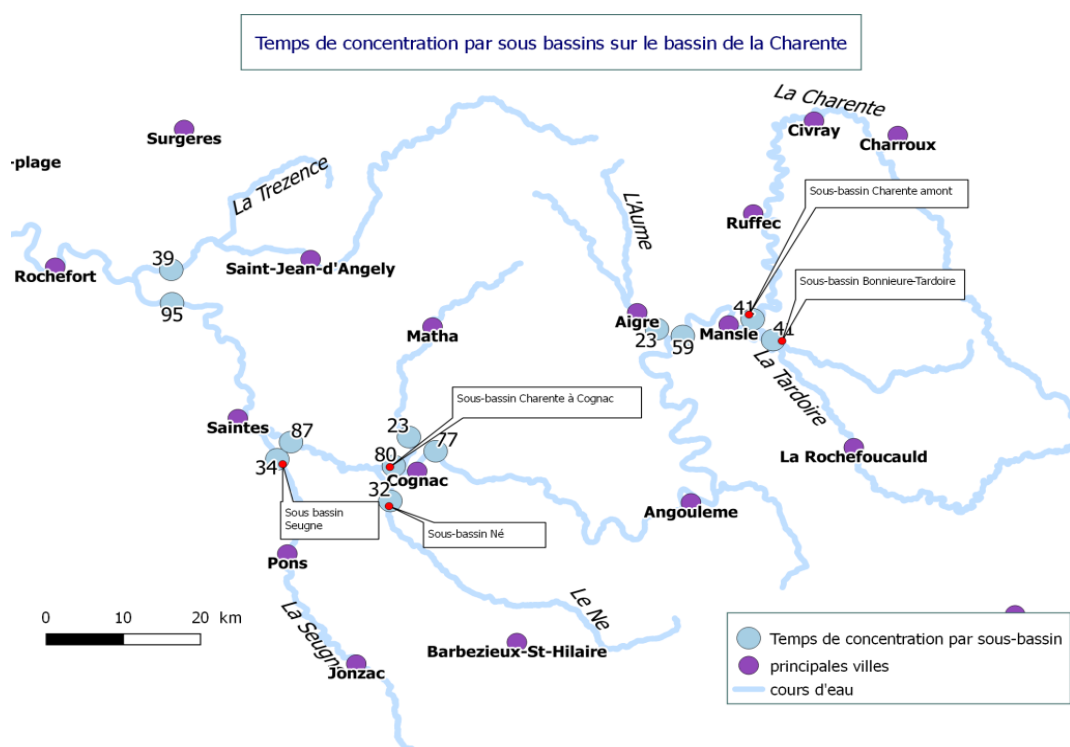
Annexe 8 : emplacement des stations disponibles sur le bassin en 1982



Annexe 9 : emplacement des stations disponibles sur le bassin en 1994



Annexe 10 : Carte représentant le temps de concentration par sous bassins



Annexe 11 : fiche terrain d'informations sur les ZEC

Secteur

Cours d'eau	
Département	
Commune	
Lieu-dit	
Localisation sur le BV	

Hydraulique

Lit mineur

morphologie	<i>calibré/ naturel</i>
présence de ripisylve	<i>oui/non</i>

Lit majeur

Connexion LM avec cours d'eau	<i>oui/non</i>	Capacité à écreter	<i>bonne/ mauvaise</i>	Présence de cuvettes	<i>oui/non</i>	pente moyenne	%				
Elements favorisant la rétention d'eau	<i>oui/non</i>	talus	<i>oui/non</i>	route sur digue	<i>oui/non</i>	ouvrage	<i>oui/non</i>	autre	<i>oui/non</i>		
Elements empêchant l'expansion de crues	<i>oui/non</i>	bati	<i>oui/non</i>	route	<i>oui/non</i>	merlon	<i>oui/non</i>	lit calibré	<i>oui/non</i>	drainage	<i>oui/non</i>

Occupation du sol

taux de recouvrement en 2018	prairie	%	bocage/ haies								
	boisement	%	linéaire	<i>m</i>							
	cultures	%	densité	<i>faible/forte</i>							
	autre espace naturel	%									
	espace artificialisé/bati	%									

Ouvrages

type d'ouvrage	nombre	type de voie	nombre	rôle pour les inondations							
pont	0 ou 1	route départementale	0 ou 1	facilitant							

[illegible]

VII. Bibliographie

BCEOM, 2005, Etude des zones de ralentissement dynamique des crues-site de Mouzon, Etude de faisabilité, référence HFS 10527U, BCEOM, 116p.

De Bortoli, R., Mouche, R., Halbecq, 2017, Analyse exploratoire à l'échelle du bassin de la Loire et ses affluents des potentialités en termes d'exploitation de champs d'expansion de crues, Rapport d'études, CENP160481, AnteaGroup, 69p.

DDTM du Var, 2017, le risque inondable dans son ensemble, notice explicative, carte des EAIP 1 :25000, Var, DDTM Service Aménagement durable, Bureau Risques, Var.

DDTM de la Mer Nord, 2016, PPRi de la vallée de l'Ecaillon et de ses affluents. Rapport technique, DDTM de la Mer Nord, 96p.

Eaucéa, 2007, Etude hydrologique du bassin de l'Antenne. Rapport d'études, Eaucéa, 60p.

EPTB Charente, 2018, La Charente et ses affluents. [en ligne] Disponible sur : <http://www.fleuve-charente.net/> (consulté le 03/06/2018)

G. Oberlin, C. Poulard, 2002, Rapport DIES -IRAE : Diagnostic des Effets d'une Stratégie Intégrée de RAlentissement dynamique des Ecoulements sur le régime des crues

Groupe de travail du Cemagref, 2004, Guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages, cemagref, 130p.

HYDRATEC, 2005, Plan de prévention des inondations du bassin de la Charente - Définition d'un programme pluriannuel d'aménagements. Rapport d'études, Hydratec.

HYDRATEC Angers et Asconit Consultants, 2007, Etude des zones d'expansion de crues sur les affluents de la Sarthe en amont du Mans et analyse des potentialités de préservation et de gestion. Rapport d'études, Hydratec, 72p.

Instance de Conseil et d'Appui Technique pour la prévention des risques naturels (ICAT), 2010 Rapport sur la prévention des inondations à Saintes et sur le curage des sédiments de la Charente à Saint-Savinien. Rapport d'enquête du ministère. 21p.

Lemesle, S., 2016, Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation 2016-2021, Rapport d'études, EPTB Charente, 122p.

N. Gendreau, M. Longhini, P.M. Combe, **1998**, Gestion du risque d'inondation et méthode Inondabilité : une perspective socio-économique. Ingénieries - E A T, IRSTEA édition 1998, p. 3 - p. 15.
<hal-00461151>

*Sogreah, **2009**, Etude spécifique du moulin de Préziers comme site de ralentissement dynamique du sous-bassin de l'Antenne dans le cadre du programme d'actions et de prévention des inondations du bassin versant de la Charente : modélisation, automatisé de la gestion des ouvrages. Rapport d'études, Sogreah, 64p.*

*Teyssier, F., **1983**, Rapport sur la crue de décembre 1982, Rapport d'études, Direction Départementale de l'Agriculture de la Charente, 19p.*



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Lucille Drouet

2017-2018

Initiation d'une stratégie de ralentissement dynamique des crues sur le bassin de la Charente

Résumé : Le bassin versant de la Charente a subi depuis 60 ans de nombreuses évolutions d'occupation des sols, conséquences d'un changement de pratiques culturelles, d'organisation de l'espace rural et de l'urbanisation croissante. Ces changements ont contribué à l'accélération des écoulements (étude Hydratec, 2005) et à la disparition des zones de rétention de flux. Ces modifications ont accentué les problématiques d'inondation sur le bassin versant. Des événements majeurs se sont particulièrement concentrés dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle, où quatre inondations importantes ont été vécues en l'espace d'une quarantaine d'années sur la Charente aval et notamment dans la région de Saintes.

La présente étude vise à élaborer une stratégie de ralentissement dynamique des crues sur le bassin de la Charente en élaborant une méthode d'identification des zones d'expansion de crues et en identifiant certains remblais en lit majeur qu'il serait souhaitable d'araser afin de redonner l'espace de mobilité au cours d'eau.

Mots Clés : ralentissement dynamique, zone d'expansion de crues, inondation, risque, aléa, enjeux, SIG, hydrologie, cahier des charges

EPTB Charente

5, rue Chante-Caille

Tuteur entreprise : Stéphane Lemesle

Chef de projets prévention des inondations

Tuteur académique : Pierre Peeters