
Rapport de Stage de Substitution

5^{ème} année

Valorisation des potentialités des Zones d'Expansion de Crues sur le bassin du Cher aval

Etablissement Public Loire

2 Quai du Fort Alleaume – CS 55708 - 45057 Orléans



Tuteur professionnel :

Julien COLIN

Chargé de mission SAGE Cher aval

Tuteur académique :

Abdelillah HAMDouch

Chuyuan FENG

IMA

2019-2020



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Chuyuan FENG

2019-2020

Valorisation des potentialités des Zones d'Expansion de Crues sur le bassin du Cher aval

Résumé : Le travail a deux objectifs : Le premier est d'analyser la méthodologie existante de pré localisation des zones d'expansion de crues (ZEC) dans le bassin de la Loire et proposer un protocole de pré localisation des ZEC à l'échelle locale dans le territoire du SAGE Cher Aval. La deuxième est de proposer une synthèse de l'état de l'art concernant les retours d'expérience sur les déclinaisons opérationnelles des ZEC ainsi que sur la perception du grand public de ces zones.

Mots Clés : risque d'inondation, zone d'expansion de crues, pré localisation, perception du grand public, valorisation

Etablissement Public Loire :

2 Quai du Fort Alleaume – CS 55708 - 45057 Orléans

Tuteur professionnel :

Julien COLIN

Chargé de mission SAGE Cher aval

Tuteur académique :

Abdelillah HAMDOUCH

Sommaire

Préambule.....	4
Chapitre 1 Introduction	5
1. Gestion du risque inondation	5
1.1. Définition du risque d'inondation.....	5
1.2. Les sols urbanisés sont plus sujets aux risques d'inondations.....	5
1.3. La prévention d'inondations est essentielle dans l'aménagement urbain .	5
1.4. Les gestions insuffisantes accentuent le risque inondation	6
2. Zones d'Expansion des Crues (ZEC) comme l'alternance pertinente	6
3. Exemples de ZEC aménagées	7
3.1. ZEC de Saint-Rome-de-Cernon.....	7
3.2. ZEC du Grand Parc Miribel Jonage	7
3.3. Site pilote de la Bassée	7
Chapitre 2 Etat de l'art de la mise en évidence des champs d'expansion de crues sur un territoire.....	8
1. Pré localisation à l'échelle macroscopique du Bassin de la Loire.....	8
1.1. Définition des zones inondables importantes.....	8
1.2. Détermination et exploitation des enjeux présentes.....	9
1.3. Qualification des ZEC par le regroupement des mailles.....	9
1.4. Classification des ZEC.....	9
1.5. Commentaire sur l'analyse de pré localisation réalisée.....	10
2. Déclinaisons opérationnelles des ZEC.....	10
2.1. Méthodes de déclinaisons opérationnelles sur le territoire (exemple de SAGE Yèvre Auron)	10
2.1.1. Hiérarchisation des ZEC potentielles	11
2.1.2. Phase 1 : Description des ZEC.....	11
2.1.3. Phase 2 : Analyse de la fonctionnalité des ZEC	13
2.1.4. Phase 3 : Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement.....	13
2.2. Intégration de ZEC dans les documents réglementaires d'urbanisme (exemple de SAGE des Deux Morin).....	13
2.2.1. Intégration dans le SCoT	14
2.2.2. Intégration dans le PLU	14
2.2.3. Intégration dans la carte communale	14
3. Perceptions de ZEC du grand public	14
3.1. L'objectif de gestion de risques d'inondation demande la perception de ZEC du grand public	14
3.2. Eléments contribuent à l'efficacité de communication	15

3.3.	Perception du grand public tout au long du projet	15
3.3.1.	Entretien individuel et bulletin d'information	15
3.3.2.	Comité consultatif, réunion public et ateliers géographiques de travail 16	
3.4.	Perception du grand public au quotidien : médias et sortie sur le terrain	17
Chapitre 3 Proposition du protocole de pré localisation des ZEC pour le SAGE Cher aval		18
1.	Bilan des études locales	18
2.	Analyse du terrain.....	18
2.1.	Analyse topographique et hydrographique	18
2.2.	Analyse d'aléa	18
2.3.	Analyse des enjeux	19
2.3.1.	Etude des enjeux par les données disponibles	19
2.3.2.	Visite de terrain pour recueillir les éléments complémentaires	19
3.	Vérification de la cohérence hydrologique des ZEC.....	19
4.	Délimitation des ZEC	19
5.	Caractérisation des ZEC.....	19
5.1.	Caractérisation des enjeux	19
5.2.	Caractérisation des effets hydrauliques.....	20
6.	Hiérarchisation des ZEC en fonction de l'intérêt hydraulique	20
7.	Synthèse des ZEC.....	21
Conclusion		21
Abréviation		23
Bibliographie		24

Préambule

Dans le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021, le chapitre 1 intitulé « repenser les aménagements de cours d'eau », présente une orientation fondamentale (1 B) relative à la préservation des capacités d'écoulement des crues ainsi que des zones d'expansion des crues.

L'étude conduite par l'Etablissement public Loire en 2016 intitulé « Analyse exploratoire, à l'échelle de l'ensemble du bassin fluvial, des potentialités en termes de champs d'expansion de crues » a permis d'appréhender les possibilités qu'offre le bassin fluvial en termes d'espaces potentiels de stockage des crues pour réduire le risque d'inondation. Au cours de l'étude, plusieurs zooms ont été réalisés sur le périmètre du SAGE Cher aval.

Dans le cadre du Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) du SAGE Cher aval, selon la disposition 16 « identifier, protéger et gérer les zones d'expansion de crues », il est prévu pour la fin d'année 2020, de proposer une étude permettant une déclinaison opérationnelle locale.

Chapitre 1 Introduction

1. Gestion du risque inondation

1.1. Définition du risque d'inondation

Les inondations sont des phénomènes naturelles et temporaires de débordement d'eau sur des terres qui ne sont pas immergées en temps normal (**Art. L.566-1 II du CE**). Il existe trois types d'inondation s'appuyant sur des phénomènes différents : la remontée de nappe d'eau souterraine, le ruissellement et le débordement de cours d'eau. Lors de précipitation intense, les eaux ruissellent sur le bassin versant se concentrent rapidement dans les cours d'eau et entraînent des crues brutales et violentes. Le risque d'inondation se produit via la conjonction de deux parties : l'aléa et les enjeux. L'aléa est présenté par la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement des eaux et la durée de submersion. Les enjeux sont la sécurité des hommes, les biens et l'environnement. (**SMAGE des Deux Morin**) Plus les enjeux sont importants plus le territoire est vulnérable au risque d'inondation. En région Centre-Val de Loire, le risque d'inondation figure au premier plan des risques naturels en raison des crues de la Loire, du Cher et des autres rivières avec 12 % de la population vivant en zone inondable. (**DREAL Centre-Val de Loire, 2020**)

1.2. Les sols urbanisés sont plus sujets aux risques d'inondations

L'urbain est considéré subir un risque d'inondation plus fort que les autres types d'occupation du sol (zones agricoles, zones humides et surface d'eau etc.). D'une part, les enjeux dans l'urbain sont plus forts. En effet la densité de population est la plus importante et les activités économiques sont les plus concentrées avec la grande valeur économique. Il existe aussi des patrimoines historiques protégés en urbain. D'autre part, l'aléa est accentué dans l'urbain. Le tracé naturel du cours d'eau est modifié ainsi que la vitesse de l'écoulement est augmentée. En conséquence, la sécurité des humains et des biens sont vulnérables aux risques d'inondation.

1.3. La prévention d'inondations est essentielle dans l'aménagement urbain

Il est décrit dans le code de l'urbanisme, l'obligation de prendre en compte les risques d'inondation dans les documents réglementaires d'urbanisme. (**Article L101-2 du CU**) A titre indicatif, il existe le plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) et le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI). Les PPRI définissent l'information préventive, les travaux de protection, la prévision et la gestion des risques.

En plus, le risque d'inondation est pris en compte dans les autres documents d'urbanisme tels que le SCoT et PLU :

- Le SCoT permet la cohérence entre les politiques en matière d'habitat, de mixité sociale, de déplacements, d'équipements commerciaux et économiques. Dans le cadre des milieux aquatiques, le SCoT a plusieurs objectifs. Les principaux sont la préservation et la restauration des fonctionnalités des milieux aquatiques et humides, d'assurer une gestion quantitative et qualitative de la ressource en eau ainsi que de limiter les risques liés aux inondations. (**Le SCoT, Gouvernement**)
- Le PLU définit le plus simplement la destination générale des sols. Il décide les zones naturelles à préserver, les zones réservées pour les constructions futures et les formes que ces dernières doivent prendre. Il

permet de protéger les zones en bordure de rivières donc réduire les risques d'inondation. **(PLU, Actu Environnement)**

1.4. Les gestions insuffisantes accentuent le risque inondation

Les digues agissent depuis longtemps comme une mesure de lutte contre les inondations. Dans l'étude sur les inondations de la Loire des années 1860, l'exhaussement des digues et l'élargissement du lit mineur endigué ont été proposés. **(Mr. COMOY, 1860)** Les digues protègent les territoires locaux contre les inondations avec des grands murs mais ils peuvent accentuer la vitesse de cours d'eau en limitant la recharge des nappes. Par conséquent, ils augmentent le risque d'inondation en aval. En outre, ils réduisent la connexion entre le lit mineur et les annexes hydrauliques. En conséquence, les crues sont plus sujettes à déborder.

Dans l'étude nommée « Point de vue extérieur sur la gestion des inondations en Loire moyenne » **(EP Loire, 2006)**, l'éloignement des digues par rapport au chenal d'étiage a été cité en vue d'augmenter la quantité d'eau transportée entre les digues. Dans l'« Etude de dangers des systèmes d'endiguement de la Loire et ses affluents » **(EP Loire, 2018)**, les zones protégées par les digues qui n'ont pas eu assez de valeur ont été identifiées. A cause de l'absence des enjeux dans les zones et un niveau de sureté limité de certaines digues, il est envisagé de rendre transparent plusieurs digues.

2. Zones d'Expansion des Crues (ZEC) comme l'alternance pertinente

D'après la circulaire du 24 janvier 1994, les zones d'expansion de crues sont les espaces naturels ou peu aménagés où se répandent les eaux lors du débordement des cours d'eau dans leur lit majeur. **(Circulaire du 24 Janvier 1994)** Il y en a deux types : les zones d'expansion des crues naturelles et contrôlées qui sont créés artificiellement pour recevoir un afflux d'eau. **(Art. L.211-12 du CE)**

Les ZEC jouent un rôle indispensable dans la prévention des inondations. Elles peuvent stocker le débordement en eau dans le sol, les plans d'eau et les nappes souterraines. Grâce à la capacité d'accueillir un volume d'eau, ils écrètent le point de crue. En plus, les ZEC se composent d'une grande variété d'habitats naturels comme les bras secondaires, les plans d'eau, les prairies, les marais etc. Elles ont des hautes valeurs paysagère et écologique.

Les zones d'expansion de crues offrent de nombreux sites de frayère et d'habitat pour les faunes et les flores aquatiques. Elles sont essentielles pour la préservation de la biodiversité. Certains ZEC naturelles sont protégés comme les sites remarquables de Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), Ramsar et Nature 2000.

En 2007, 45 ZEC potentielles ont été recensées sur l'ensemble du territoire du SAGE de la Sarthe amont avec certaines préservées de toute urbanisation. Une hiérarchisation des potentialités d'expansion des crues ainsi qu'une hiérarchisation des actions dans le lit majeur ont été réalisées. **(ASCONIT Consultants & HYDRATEC, 2007)**

En 2013, l'« Etude globale de réduction du risque inondation dans le bassin du Loire » **(ASCONIT & HYDRATEC, 2013)** a été réalisée. Il s'est avéré que la Loire est aménagée par un ouvrage tous les 3-4 km environ. L'étude s'est attachée à identifier les ZEC afin de mettre en évidence qu'il est souhaitable de conserver et de restaurer

les ZEC en vue de disposer d'espaces naturels lors d'inondation. Les propositions d'actions de protection éloignée à plus grande échelle ont été envisagées. A titre indicatif, le ralentissement de cours d'eau en amont de la confluence des cours d'eau est proposé pour protéger les communes en aval.

3. Exemples de ZEC aménagées

3.1. ZEC de Saint-Rome-de-Cernon

Le territoire du bassin versant de Tarn-amont est sujet aux pluies orageuses en provenance de la Méditerranée. Suite à la crue de récurrence supérieure à la centennale en 2014, une ZEC d'un hectare a été recréée au bord du cours d'eau Ceron au niveau de Saint-Rome-de-Cernon. Cette commune est décrite avec un risque fort d'inondation dans le PPRI. Plusieurs enjeux dans la ZEC ont été déplacés : des maisons, un chemin rural, une zone sportive, les réseaux d'assainissement, d'eau potable et électrique pour élargir l'espace de débordement dans le lit majeur. **(Syndicat Mixte du Bassin Versant Tarn-amont, 2020)**

3.2. ZEC du Grand Parc Miribel Jonage

Le Grand Parc Miribel Jonage en amont de Lyon, créé en 1968, est entouré par le canal de Miribel et le canal de Jonage qui sont en provenance du Rhône. Comparée aux bras fluviaux auparavant au sein du vaste plein alluvial du Rhône, aujourd'hui cette île aménagée joue plusieurs rôles, notamment celle d'une ZEC protégeant la métropole lyonnaise contre le risque d'inondation. En même temps, le parc constitue une réserve essentielle d'eau potable fournissant 1,5 millions d'habitants. Composé d'une grande variété de paysage de prairies, de forêts et de lac, ce parc a une forte biodiversité classée dans le Natura 2000, ce parc est ouvert au public en offrant plein d'activités de loisirs et de pédagogues. **(Cap sur le Rhône, 2020)**

3.3. Site pilote de la Bassée

Pour diminuer significativement le risque d'inondation de la région Île-de-France, un site pilote d'expansion de crues a été envisagé à la Bassée par EPTB Seine Grands Lacs. Il est situé en Seine et Marne, en amont de la confluence de la Seine et l'Yonne. Grâce à son système de pompage mis en fonction lors des crues, il peut retenir les eaux de la Seine dans son territoire endigué. En conséquence, la somme des débits de l'Yonne et de la Seine rejoignant la confluence est écrêté. Pendant les crues, les espaces endigués sont inondés quelques jours et les activités humaines sont temporairement suspendues. Une fois les crues passées, le site est vidé par la vanne de vidange et les eaux retenues coulent vers la Seine. Le site pilote présente une haute valeur écologique. Il est composé en majorité de plan d'eau, de zones humides, de bois et aussi de zones agricoles. Certaines parties de son territoire sont préservées comme le site Natura 2000 et la ZNIEFF. Hors des crues, les activités humaines comme la chasse, la pêche et le transport fluvial sont maintenus moyennant certaines adaptations au cas par cas. Le projet complet d'aménagement de la Bassée comprend 10 espaces endigués. Sa longueur totale est d'environ 58 km et sa surface totale est de 2300 ha. Sa capacité de stockage en eau est de 55 Millions m³. Il permet aussi d'inonder des zones humides dégradées ces dernières années pour les restaurer. **(EPI Seine, 2020)**

Chapitre 2 Etat de l'art de la mise en évidence des champs d'expansion de crues sur un territoire

1. Pré localisation à l'échelle macroscopique du Bassin de la Loire (Antea Group, 2017)

A l'échelle du bassin de la Loire, la pré localisation des ZEC potentielles a été réalisée en 2016 dans l'étude nommée « Analyse exploratoire à l'échelle de l'ensemble du bassin fluvial des potentialités en termes de champs d'expansion des crues » conduit par l'Etablissement Public de la Loire (**Antea Group, 2017**). Dans ce sous-chapitre, la méthodologie adoptée dans la pré localisation des ZEC potentielles est analysée précisément. La méthodologie est composée de 4 étapes :

- Délimitation du secteur d'étude : définition des zones inondables importantes
- Exploitation et détermination des enjeux présents
- Qualification des ZEC
- Classification des ZEC

L'étude est basée sur une analyse multicritère en utilisant les bases de données de population de l'Institut national de statistique et des études économiques (INSEE), de la BD TOPO, de Corine Land Cover et les données rapportées dans l'étude PPRI, TRI etc.

Avant de commencer l'étude d'aléa, les études et les projets réalisés concernant les risques d'inondation du bassin de la Loire sont recensées. Il permet d'appréhender les territoires plus ou moins sensibilisés au sujet de ZEC. En plus, une partie des données et des cartes utilisées dans les étapes suivantes sont obtenues, y compris les cartes d'aléa PPRI, des territoires à risque important d'inondation (TRI) etc. Il permet aussi de justifier la pertinence des données. Néanmoins, il existe une approximation dans les données de localisation des ouvrages existants parce qu'elles ont été reportées manuellement sous cartographie. En conséquence, les visites sur le terrain sont essentielles dans l'étape de définition des enjeux.

1.1. Définition des zones inondables importantes

Cette étape a pour but de déterminer les zones d'étude. Tout d'abord, la priorité d'analyse des données est décidée en fonction de sa disponibilité. Les données adoptées dans l'ordre de disponibilité décroissantes sont l'aléa moyen (fréquence centennale) de TRI, l'aléa de référence (fréquence centennale et événement historique local) de PPRI, l'aléa centennal et historique des atlas des zones inondables (AZI), les dépôts alluvionnaires de BD Lisa (référentiel hydrogéologique national) et l'indice topographique de BD Alti 75 (référentiel altimétrique national).

Quant aux territoires non couverts par les TRI, PPRI et AZI, l'emprise des alluvions ou le fond de vallée est étudié. Dans ce cas, les données de BD Lisa sont utilisées. Il est à noter que les alluvions vastes et bien connues peuvent être anciens et perchés au-dessus des zones inondables. Les alluvions de plus petites tailles se superposent souvent bien avec les zones inondables si les dernières sont connues après la justification de la fiabilité des données. S'il n'existe pas de données hydrogéologiques dans un territoire, un indice topographique de BD Alti 75 est adopté. Dans cette étude, l'indice de distance verticale au drainage est choisi pour délimiter le fond de vallée.

Quant à l'étude à l'échelle de l'ensemble de bassin de la Loire, seulement les cours

d'eau supérieurs à 30 km sont pris en compte. Dans la recherche d'indices hydrogéologiques et topographiques, le rayon de recherche dépend de la longueur des cours d'eau. Toutes les zones inondables sont présentées sous cartographique.

1.2. Détermination et exploitation des enjeux présentes

Cette étape permet d'identifier les zones plus ou moins vulnérables et de les hiérarchiser.

Les enjeux présents sont examinés dans chaque maille de 75m×75m pour prendre en compte tous les enjeux autant que possible pour rendre l'étude plus fiable. Une note de potentialité est affectée à chaque maille en fonction de l'occupation du sol dans Corine Land Cover et les enjeux complémentaires.

Dans un premier temps, l'occupation du sol est notée en fonction de sa vulnérabilité à l'inondation. Pour les villes moyennes, villages et les fermes non recensées dans la base de données Corine Land Cover, ils sont classifiés en fonction de la densité d'habitant en utilisant les données de population et la typologie de INSEE. En outre, les autres enjeux ponctuels comme le patrimoine, le ICPE et les enjeux linéaires comme la route et la voie ferrée affectent la potentialité de ZEC. La notation de ces enjeux complémentaires est aussi intégrée dans l'étude des enjeux.

Ensuite, la notation de chaque maille se détermine en fonction de l'occupation du sol ou l'enjeu complémentaire le plus vulnérable au risque d'inondation.

Tableau 1 : Notes de potentialité de ZEC associées à chaque maille (Antea Group, 2017)

	Classe enjeux	Valeur	Source	Prise en compte
OCCUPATION DU SOL	Urbain continu	0	Corine Land Cover	Si urbain continu >10% de maille
	Urbain économique	1	Corine Land Cover	Si urbain continu+éco >10% de maille
	Urbain discontinu	2	Corine Land Cover	Si urbain >10% de maille
	Agriculture Forte Valeur Ajoutée	3	Corine Land Cover	Si urbain + agriculture FVA >10% de maille
	Agriculture	9	Corine Land Cover	Classe la plus représentée, sous réserve que Urbain + agriculture FVA <10% de maille
	Forêts, milieux naturels	10	Corine Land Cover	
	Prairies	10	Corine Land Cover	
	Zones humides	11	Corine Land Cover	
	Cours d'eau et grandes retenues	20	Corine Land Cover	Les cours d'eau et grandes retenues ne seront pas considérées comme des ZEC
POPUL.	Densité de population forte	0	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI > 15hab/ha
	Densité de population moyenne	1	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI entre 3 et 15hab/ha
	Densité de population faible	2	Car200INSEE+BDTopo	Si densité en ZI < 3hab/ha
AUTRE	Ecoles	0	Ministère de l'éducation	Si école dans maille
	ICPE	1	GeoRisques	Si ICPE dans maille
	Site classé (patrimoine)	1	MEDD	Si site classé dans maille
	Pression urbaine	2	Corine Land Cover	Si maille classée en prairie ou grande culture ET en bordure de zone urbaine
	Voie ferrée	5	BDTopo	Si voie ferrée dans maille
	Route nationale	5	BDTopo_importance1	Si réseau routier d'importance nationale dans maille
	Route départementale	6	BDTopo_importance2	Si réseau routier d'importance départementale dans maille

1.3. Qualification des ZEC par le regroupement des mailles

La délimitation des zones d'expansion de crue est réalisée par le regroupement des mailles étudiées. Les potentialités de ZEC par maille sont classifiées en deux types selon les notes obtenues : les mailles potentiellement favorables dont les notes sont entre 9 et 11, les mailles non favorables présentant des enjeux vulnérables dont les notes sont inférieures à 9. Ainsi, le regroupement de chaque type de mailles est réalisé. Les groupes de mailles favorables constituent les ZEC potentielles. Le réseau routier jouant un rôle de barrières est envisagé comme la limite des zones d'expansion de crue potentielles. Dans certains cas, les mailles d'enjeux vulnérables sont présentées aux milieux des mailles favorables de manière discontinue. Ces enjeux sont quand même intégrés dans la ZEC potentielles.

1.4. Classification des ZEC

Suite au regroupement des mailles, principalement cinq types de ZEC potentielles sont

obtenues en fonction des différentes configurations :

- ZEC potentielles présentant une homogénéité de mailles favorables sans présence d'enjeux
- ZEC potentielles avec présence d'enjeux isolés de faible densité
- ZEC potentielles avec présence d'enjeux isolés de moyen à forte densité
- ZEC potentielles avec présence de zones d'enjeux peu denses
- ZEC potentielles avec présence de zones d'enjeux denses compris en zone naturelle

Pour appréhender la répartition géographique des ZEC, la classification des ZEC en fonction de la taille de cours d'eau est réalisée en utilisant la base de données BD Carthage. En même temps, l'analyse d'hauteur moyenne de l'eau stocké dans les ZEC est réalisée pour savoir la capacité de stockage grâce au MNT de la base de données BD Alti. La classification des hauteurs correspond aux seuils classiques d'une analyse de vulnérabilité. Les bilans des ZEC sont montrés par les croisements entre les classes des hauteurs d'eau, la typologie d'occupation et la localisation.

1.5. Commentaire sur l'analyse de pré localisation réalisée

Cette analyse est réalisée à l'échelle du bassin versant pour les cours d'eau de plus de 30 km. Elle offre une vue globale de la localisation et des caractéristiques des ZEC. Afin d'effectuer l'aménagement sur le territoire, il faut réaliser une étude de délimitation plus précise de ZEC à l'échelle locale en examinant les aléas et les enjeux, qui explique le potentiel de chaque ZEC. Les travaux peuvent être la consultation des inondations historiques, le recensement des enjeux sur le terrain, l'anticipation de l'évolution des territoires et de l'augmentation potentielle de la vulnérabilité.

2. Déclinaisons opérationnelles des ZEC

Les déclinaisons opérationnelles concernent l'analyse approfondie à l'échelle locale. Elles permettent de mieux appréhender la délimitation, les potentialités et les fonctionnalités des zones d'expansion de crues. En même temps, elles constituent la base sur laquelle les réglementations, les gestions, les ouvrages de préservation et de restauration à adopter par les acteurs du territoire

2.1. Méthodes de déclinaisons opérationnelles sur le territoire (exemple de SAGE Yèvre Auron, BRL ingénierie, 2019)

Suivant l'« Analyse exploratoire, à l'échelle de l'ensemble du bassin de la Loire, des potentialités en termes de champs d'expansion de crue » conduit entre 2016 et 2018 par l'EP Loire, l'étude de déclinaison opérationnelle sur le territoire du SAGE Yèvre-Auron a été mise en place en 2019. Dans cette étude, la modélisation hydraulique et l'analyse de plusieurs scénarios d'actions seront réalisées. Elle offre l'aide à la décision pour les acteurs locaux.

Trois sites pilotes ont été efficacement choisis dans l'étude à l'échelle locale par une méthodologie de hiérarchisation des sites préalablement sélectionnés dans la première étude. Dans ces trois sites, la première phase de description des zones d'expansion de crues est réalisée. La deuxième phase d'analyse hydraulique ne s'applique que dans deux sites. En fin, la troisième phase d'analyse des scénarios d'aménagement est conduite que pour un site.

Les trois zones d'étude dans la première phase sont définies au niveau de chaque ZEC mais comprennent aussi les territoires avec les enjeux urbanisés immédiatement

en aval de cette ZEC. Dans cette étude, les fonctionnements globaux et cumulatifs des ZEC ne peuvent pas être évalués sans une modélisation complète du bassin versant. Donc, il est judicieux de calculer les effets de ZEC sur les enjeux immédiatement en aval des sites.

2.1.1. Hiérarchisation des ZEC potentielles

Pour hiérarchiser les ZEC potentielles, la méthodologie est de définir les critères et la pondération. Chaque ZEC potentielle est évaluée selon les critères et obtient une note finale. Enfin, elles sont mises en ordre avec des numéros de position en fonction de ses notes. Les trois ZEC avec les enjeux les plus importants sont choisies.

Il y a deux groupes de critères :

- Pour évaluer la potentialité de la zone : Occupation des sols, surface, volume stocké en eau, pourcentage de zones humides et de plan d'eau, pourcentage de surface avec la présence d'enjeux, pourcentage en zone faisant l'objet d'une protection réglementaire. Dans chaque critère, lorsque les éléments sont favorables à la potentialité d'expansion de crues, ses notes sont plus hautes. La pondération de ce groupe est de 57%. Dans ce groupe, chaque critère est pondéré. La surface et le volume ont la pondération la plus importantes (25%).
- Pour évaluer l'importance des enjeux immédiatement en aval de la zone : Nombre de Tri/TEF en aval, Nombre de PPRI en aval, population, Nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle d'inondation, nombre de l'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) de la ZEC potentielle et de la commune en limite aval. Dans chaque critère, lorsque des éléments présentent plus d'enjeux, ses notes sont plus hautes. La pondération ce groupe est de 43 %. Le nombre de Cat Nat inondation a la pondération la plus haute de 33%.

Il est noté que deux indices sont moyennement pertinents. Les bourgs sont parfois loin de cours d'eau. Ils ne sont pas affectés directement par l'inondation. Par ailleurs, des ICPE sont installées régulièrement en dehors des zones inondables. Ainsi, les ZEC potentielles sont évaluées dans trois scénarios : tous les critères prises en compte, non prise en compte des ICPE, non prise en compte des ICPE ni population communale. En conséquence, une ZEC potentielle avec une note plus haute a plus d'intérêt.

En fonction de la disponibilité des documents de cette étude de déclinaison opérationnelle de SAGE Yèvre-Auron, la première phase est présentée précisément mais la deuxième et la troisième phase sont présentées par des structures de plan.

2.1.2. Phase 1 : Description des ZEC

Cette phase concerne la description la plus fine à l'échelle locale : l'aléa, les enjeux, l'analyse hydrologique et hydraulique. Des visites de terrain et des rencontres avec les gestionnaires, les riverains et les acteurs sont réalisées pour compléter les connaissances sur le terrain. En fin, pour chaque site étudié, un bilan synthétique présente les enjeux et les caractéristiques présents dans le ZEC et en aval.

- Visite sur le terrain :

Lors de la visite sur le terrain, les ouvrages sont enregistrés pour compléter les données topographiques. Les ponts, les seuils et les ouvrages hydrauliques affectent la modélisation hydraulique. Des éléments marquants de l'occupation du sol et des enjeux ponctuels sont aussi vérifiés.

- Analyse hydrologique :

Lorsqu'une ZEC est située à la confluence de deux cours d'eau, il existe une concomitance des crues entre les cours d'eau. Dans l'étude de SAGE Yèvre-Auron, les ZEC sont étudiées vis-à-vis des cours d'eau principaux.

Pour garder une cohérence hydrologique, la délimitation des trois ZEC est vérifiée par la comparaison des surfaces de bassins versants en amont et en aval de chacun ZEC. Si l'écarte est plus que 20%, il faut redéfinir la délimitation de la ZEC car les affluents sont suffisamment importants pour impacter la fonctionnalité de la ZEC. (BRL ingénierie, 2019)

L'analyse commence avec une compréhension globale des cours d'eau principales, l'Yèvre et l'Auron. Le contexte hydrologique comprend la longueur du cours d'eau, la surface de bassin versant, le parcours, la morphologie du bassin versant, la formation et les séjours des crues. En plus, les crues historiques sont étudiées grâce aux repères de crue récupérés par l'EP Loire.

Les débits de pointe de crue et les hydro grammes au niveau des trois ZEC sont analysés pour caractériser quantitativement les crues. Les stations hydrologiques sont situées sur les cours d'eau principaux dans les trois ZEC. Grâce à ses stations, l'analyse est possible pour les débits de crue pour des occurrences entre 2 et 50 ans disponibles sur Banque Hydro, ainsi que les débits de crue de mêmes occurrences issues de l'expertise SPC. Les débits de crue d'occurrence de 10 et de 100 années sont recensées grâce à la bibliographie des PPRI de la Directive Inondation etc. En plus, la méthode SHYREG-débit est adoptée pour estimer les débits de crue d'occurrence entre 2 et 1000 ans.

Pour visualiser clairement les débits de crue de plusieurs sources, un tableau sous Excel pour chaque station hydrologique est réalisé. Par la comparaison des données, il est noté que les débits présentent une bonne cohérence entre l'estimation SHYREG et l'analyse statistique issues des stations pour les fortes occurrences entre 2 et 20 ans. Quant aux débits plus rares, les débits de crue observés sont plus sujets à l'incertitude. Selon les tableaux, les débits de crue d'occurrences entre 2 et 100 ans sont définis pour les trois ZEC étudiées.

Ensuite, pour savoir la volume d'eau cumulée dans chaque ZEC étudiée lors des crues, le calcul, basé sur l'hydrogramme enregistré dans chaque station hydrologique est réalisé. Dans cette étude, le cas de crue au mois de juin 2016 est pris en compte. La crue est envisagée proche de l'occurrence vicennale. Sur l'hydrogramme, le débit de base signifiant le commencement de débordement dans la ZEC est estimé et illustré. La forme au-dessus ce débit signifiant le volume de crue accueilli dans la ZEC.

- Première analyse hydraulique :

Dans un premier temps, il faut ajuster la délimitation de ZEC sur la cartographie pour la rendre plus fiable. Puis, Les couches cartographiques de PPRI, de AZI et des champs majeurs hydromorphologiques sont utilisées pour délimiter l'aléa de référence (aléa centennal). Les repères des crues historiques sont aussi présentés comme référence. Ainsi, les limites des ZEC sont ajustées en rive droite et gauche d'après les enveloppes d'aléa. Les limites amont et aval est définies en fonction des affluents principaux, des ouvrages structurants et de la topographie du terrain naturel.

Dans un deuxième temps, il faut évaluer la capacité de stockage de crue de chaque ZEC étudiée. L'évaluation est basée sur le calcul à l'aide de MNT. Pour caractériser la topographie des ZEC, le MNT alti au pas de 5m est utilisé, complété par divers levés de profils en travers, en long et d'ouvrages. Le calcul commence par créer les profils en travers perpendiculaires au sens de l'écoulement. Puis, les surfaces d'eau successives entre les profils sont créées. Ainsi, le volume d'eau est obtenu par le croisement entre les surfaces d'eau et le MNT.

En fin, un bilan de caractérisation hydraulique des ZEC est réalisé. Il permet de comparer le volume de stockage potentiel avec le volume stocké réellement lors de crue en 2016. Il est considéré que la ZEC est effective quand le volume stocké réellement est supérieur à 20% du volume potentiel.

- Analyse des enjeux :

Pour caractériser les enjeux humains, économiques, patrimoniaux et écologiques dans les zones étudiées, les bases de données suivantes ont été exploitées : la BD Topo de l'IGN, l'Occupation de sol Corine Land Cover (2012), les zonages réglementaires concernant les zones naturelles et patrimoniaux, le recensement de la population INSEE, les captages transmis par l'ARS. Les bilans de nombres de bâtiments de type habitat, de nombre d'habitants, de gestion de crise, des établissements sensibles, des ICPE et des autres enjeux ponctuels sont réalisés pour les ZEC mais aussi pour les territoires justement en aval. Le recensement est plus précis et fiable que lequel dans l'échelle du bassin.

2.1.3. Phase 2 : Analyse de la fonctionnalité des ZEC

Deux entre les trois sites sont étudiés. Pour chaque site, les modèles hydrauliques de différentes occurrences de crue (Q2-Q5-Q10-Q20-Q50-Q100) sont réalisés. Il permet d'identifier les débordements lors des crues, de confirmer la pré identification de la ZEC et simuler les fonctionnements hydrauliques dans plusieurs cas.

En fin, l'efficacité de chaque site pilote est évaluée et présentée.

2.1.4. Phase 3 : Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement

S'appuyant sur les fonctionnalités et les états des ZEC, plusieurs scénarios d'aménagements pourront être envisagés : le scénario où l'efficacité actuelle est préservée, le scénario où l'efficacité est optimisée par l'augmentation du caractère inondable et le scénario où le caractère inondable est réactivé. Pour définir l'aménagement du territoire, il faut étudier préalablement les avantages socio-économiques, environnements ainsi que les difficultés et les impacts potentiels.

2.2. Intégration de ZEC dans les documents réglementaires d'urbanisme (exemple de SAGE des Deux Morin, SMAGE des Deux Morin)

Il est obligatoire que les documents d'urbanisme aient la compatibilité avec le SAGE à l'échelle locale. Dans le domaine de ZEC, l'exemple de SAGE des Deux Morin montre que comment le SCoT, le PLU et la Carte Communale peuvent prendre en compte l'importance des ZEC dans l'urbanisme pour réduire la vulnérabilité du territoire face aux risques d'inondation.

Le règlement du SAGE des Deux Morin est pour l'objectif de protéger les ZEC de tout projet de construction afin d'assurer la prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques. Il s'applique que sur les parties du Deux Morin non couvertes par le PPRI et sur les affluents les plus contributeurs d'inondation.

2.2.1. Intégration dans le SCoT

Le SCoT prend en compte toutes les connaissances relatives aux ZEC afin d'offrir l'aide aux collectivités dans le choix d'aménagement. Il est transcrit dans le rapport de SCoT que la préservation des ZEC constitue un intérêt général. Le rapport de présentation prend en compte la localisation des ZEC réalisée dans le SAGE, les AZI, les PPRI etc. Il est complété par l'étude approfondie des enjeux localisés dans les zones inondables sur le territoire du SCoT.

Dans la partie du Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), le principe est d'orienter l'urbanisation et tous nouveaux projets d'aménagement en dehors de ces ZEC pour ne pas affecter le libre écoulement des eaux ni créer d'effets préjudiciables sur l'aval des cours d'eau. Ensuite, la partie du Document d'Orientation et d'Objectif (DOO) montre une synthèse cartographique des risques d'inondation et la localisation de toutes les ZEC du territoire.

Les prescriptions suivantes et les recommandations peuvent être décrits dans la SCoT. Concernant les prescriptions, ce sont un zonage et un règlement spécifique dans les PLU et les PLUi et l'intégration des ZEC dans les zones inconstructibles sur les cartes communales pour préserver les ZEC de nouvelles constructions et pour ne pas aggraver les risques d'inondation. Les recommandations proposent de classer les ZEC en fonction de paysage et de valoriser ces zones avec les usages adaptés.

2.2.2. Intégration dans le PLU

Le PLU doit être compatible avec le SAGE et le SCoT dans le territoire. Les ZEC sont classifiées selon l'occupation du sol dans deux types : zone naturelle inondée et zone agricole inondée. Le secteur déjà urbanisé mais situés dans la ZEC est classifié comme la zone urbanisée inondée pour la présenter sur la carte. Pour les zones inondées, toutes les nouvelles constructions sont interdites. Dans les zones naturelles et agricoles inondées, toutes les activités pouvant dégrader le fonctionnement hydraulique des ZEC sont interdites comme l'imperméabilisation du sol etc. Les zones naturelle inondées peuvent être valorisées par les usages forestiers, pédagogiques et sportifs. Enfin, les collectivités peuvent créer l'Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) pour préciser les méthodes de préservation et de restauration des ZEC.

2.2.3. Intégration dans la carte communale

Dans la carte communale, les ZEC sont classifiées comme les zones « non constructible » pour les protéger, préserver et restaurer face à l'urbanisation potentielle du territoire.

3. Perceptions de ZEC du grand public

3.1. L'objectif de gestion de risques d'inondation demande la perception de ZEC du grand public

La ZEC a devenu un choix populaire en France dans le domaine de gestion des risques d'inondation ces dizaine années. Généralement, elles sont les zones naturelles ou les champs agricoles d'expansion de crues contrôlés. En stockant les eaux de crues intérieur, les ZEC diminuent la pointe de crue. En même temps, les inondations écologiques contrôlées dans les zones favorisent à conserver, à restaurer les habitats aquatiques, prairies et boisées.

Il est judicieux pour les humains de profiter ces valeurs des ZEC en face du risque d'inondation en protégeant les habitats de ces zones. Ainsi, Il demande à la population

de comprendre l'intérêt général, les fonctions et les gestions de ZEC pour vivre avec les ZEC.

3.2. Eléments contribuant à l'efficacité de communication

La perception de ZEC est basée sur la sensibilisation du grand public et la communication mise en place. La perception peut être réalisée par plusieurs natures de dispositifs : le bulletin d'information, les médias, l'entretien, la réunion, la sortie sur le terrain etc. En effet, l'efficacité de la communication dépend sur la crédibilité de la compétence, la volonté de la population, l'accessibilité d'échange d'avis, le nombre et la groupe de destinataires ciblés de population. **(CEPRI, 2013)**

La communication à un nombre important de destinataire, comme les nouvelles et le bulletin d'information, touchant un nombre important d'individus, est indispensable pour les objectifs quantitatifs. Cependant, il s'est avéré que la prise de conscience, l'acceptation et l'implication individuelle ne peuvent avoir lieu que si une information suffisamment personnalisée parvient aux populations ciblées. **(CEPRI, 2013)** Selon les intérêts et les caractéristiques de population, elle peut être classifiée dans plusieurs groupes : les habitants, les propriétaires et exploitants agricultures, l'association environnementale, les élèves etc.

En plus, la volonté de communication du grand public sur la gestion de ZEC contribue au succès de cette dernière. Par l'analyse des exemples réelles en France, il est noté que d'une part, la communication entre la compétence et la population offrent aux personnes compétentes les connaissances du territoire et sur les activités pratiquées par la population. Il permet aux personnes compétentes d'en profiter pour améliorer la gestion. D'autre part, la population a plus de tendance d'accepter ce type de projet après un travail de communication. Les exemples sont analysés dans les sous-chapitres suivants. Les communications montrent la caractéristique de l'étape « partenariat » dans l'échelle de participation citoyenne **(Arnstein, Sherry R. 1969)**, qui signifie que le public peut négocier avec les décideurs lors de la phase de prendre une décision.

Le succès de gestion de ZEC peut être présentée par la valorisation de ZEC pour l'écêtement des crues, la conservation de zones naturelles, la restauration de zones dégradées et pour offrir l'espace de loisirs, pédagogiques au grand public.

3.3. Perception du grand public tout au long du projet

Généralement, les projets d'aménagement de ZEC peuvent affecter directement ou indirectement les intérêts des exploitants agricoles et des habitants riverains. A titre indicatif, les inondations dans la zone agriculture peuvent causer des pertes de récolte. En outre, l'éloignement de maisons des habitants riverains est parfois préconisé pour gagner plus de zone d'expansion de crue, comme l'action présentée dans l'exemple de ZEC de Saint-Rome-de-Cernon. Ainsi, il est raisonnable de sensibiliser le public et de communiquer sur les projets pour prendre en compte son ressentis et ses arguments

Par l'étude des exemples, il est noté que la consultation, la concertation même si la co-construction sont réalisées entre la compétence et la population. En même temps, la compétence fait les efforts de prendre en compte de chaque individu.

3.3.1. Entretien individuel et bulletin d'information

Le premier exemple est le projet de champs d'inondation contrôlé sur l'Ecoutay à Beaumont-lès-Valence mise en œuvre par le Syndicat mixte du bassin versant de la

Véore. L'études agricole et foncière sont conduites afin de remédier aux préjudices subis par les propriétaires et les exploitants agricoles. L'indemnisation concerne la phase de réalisation des travaux et la mise en service des ouvrages de régulation hydraulique. Cette étude est basée sur les entretiens individuels avec la population pour recueillir un maximum d'informations. Au total, une trentaine d'entretiens sont réalisés dans cette étape. A partir de l'indemnisation, les entretiens permettent aussi d'améliorer le projet en diminuant certains impacts. Lors des entretiens, les informations variées et précis sont échangées concernant les activités agricoles existantes, les projets en cours sur le site et les itinéraires techniques pratiqué etc. Le recueil des informations par la prestataire permet de faire un bilan des impacts quantitatifs et qualitatifs du projet ainsi que de faire les propositions pour l'évitement et l'atténuation des impacts. Par suite, les entretiens contribuent à évoluer et à améliorer le projet.

En plus, la concertation par le biais d'entretien avec les individus de public se poursuit à chaque phase du projet pour sensibiliser les propriétaires et les exploitants agricoles. Elle est accompagnée par le bulletin d'information mise en place permettant d'expliquer les éléments importants dans la mise en œuvre du projet concernant les servitudes d'utilité publique, l'étude d'impact, la réglementation des ouvrages etc. **(MAAF, l'APCA et la DGPR, 2018)**

3.3.2. Comité consultatif, réunion public et ateliers géographiques de travail

Le deuxième exemple est le projet d'Isère amont du Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère. Le principe repose sur l'aménagement de champs d'expansion de crues contrôlé et la revalorisation des milieux naturels liés aux cours d'eau. Les champs sont contrôlés par déversoirs mobiles sur les berges. La durée de séjour des eaux dans les champs est de 1 à 5 jours pour une crue bi centennaux. Les gestions de revalorisation des milieux naturels intéressent les associations d'environnement dont les avis sont pris en compte dans le projet.

Tout au long de la conduite de projet, un « comité consultatif » se réunit à chaque étape de validation du projet : le diagnostic, la présentation des scénarios possibles d'aménagement, la validation du scénario retenu etc. Il est composé de plusieurs groupes : les élus locaux, les associations d'environnement et de loisirs, les administrations, les structures représentatives d'agricole etc. Depuis le lancement des travaux, la « comité consultatif » est convoquée chaque année pour s'informer le bilan des aménagements réalisés et les interventions de l'année à venir.

En plus, les réunions publiques sont ouvertes aux riverains et aux associations divers relatives dès l'étude amont. Le but étant de partager chaque étape de conception du projet, les techniques adoptées et d'écouter les points de vue du grand public. Pour échanger au mieux avec les habitants, ces réunions sont conduites par secteur géographique. Avant chaque réunion, tous les habitants du secteur sont informés par les lettres spécifiques d'invitation. A partir d'un marché public, un modérateur recruté par le Syndicat pour faire émerger des idées et un consensus. A la fin de réunion, un questionnaire est distribué au public pour recueillir ses avis sur la réunion et le projet.

Les ateliers géographiques de travail dans chaque secteur sont proposés aux habitants volontaires pour les permettre de participer à la co-construction du projet. Lors de la première séance, le bureau d'étude présente de manière détaillée les aménagements envisagés. Chaque participant peut faire des propositions. Il existe les éléments du projet qui ne sont pas négociables comme le temps de retour des crues pour la protection des zones habitées. Les autres éléments modifiables sont les

positions d'ouvrages etc. Après l'étude des propositions, lors de la deuxième séance, l'adoption des propositions ou non est expliquée aux habitants volontaires. Par l'étude des résultats de ces ateliers, il est en ressort qu'une forte tolérance d'adoption est présentée ainsi qu'une forte volonté de participation dans l'aménagement de ZEC par la population. Il montre que 75% des propositions sont retenues dans le projet. **(MAAF, l'APCA et la DGPR, 2018)**

3.4. Perception du grand public au quotidien : médias et sortie sur le terrain

La perception du grand public au quotidien est réalisée généralement par les médias et sur le terrain. Des vidéos de présentation d'aménagements et d'ouvrages faits par les maîtres d'ouvrage sont disponibles ainsi que les rapports de présentation. Par exemple, le vidéo de submersion du Grand Parc Miribel Jonage lors de l'inondation en 2018 montre au public le rôle indispensable du parc comme la ZEC en stockant les eaux de débordement.

En même temps, le public prend en connaissance de ZEC lors de la sortie sur le terrain. Cette manière de perception est bien connectée avec la valorisation de ZEC. Dans le Grand Parc Miribel Jonage, les balades dans la nature avec les outils numériques sont proposées aux touristes. Ils peuvent découvrir la biodiversité, les habitats et l'histoire des zones naturelles. Un autre exemple est le Parc de la Gloriette au sud de Tours, le plus grand parc urbain du territoire métropolitain tourangeau. Ce site naturel a une surface totale de près de 200 hectares, au bord des cours d'eau le Cher et le Petit Cher. Le bocage de la Gloriette, situé dans la partie d'ouest du parc, est une zone d'expansion de crues de 40 hectares. Il est composé des paysages bocageux (haies, boisement) et de mares. Un embarcadère de bateau propose aux visiteurs de belles promenades sur le Cher en été. En hiver, le bocage est régulièrement inondé lors des crues du Cher. **(Espaces Naturels Touraine, 2020)** L'ensemble du parc offre une grande variété d'activités gratuites en plein air au public. L'atelier pédagogique les jardins collectifs pour découvrir la nature. Les événements publics saisonnières comme la Fête Printemps et des fêtes musicaux ont lieu chaque année. Le parc est traversé par un circuit de vélo le long du Cher. Toutes les activités dans le Parc Gloriette permet la valorisation de cette zone naturelle ainsi que la ZEC. **(Tours métropole, 2020)**

En outre, les associations volontaires dans le domaine de l'environnement joue un rôle de promotionner la sensibilisation de ZEC et de nature du grand public. Par exemple, Seine&Marne environnement offre les sorties de découvert des ZEC gratuites ouvertes au grand public. **(Les zones humides, 2018)**

Chapitre 3 Proposition du protocole de pré localisation des ZEC pour le SAGE Cher aval

Grâce à l' « 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 » en 2018, les ZEC potentielles dans le territoire du SAGE Cher aval sont prés localisés au premier temps. Afin de définir les gestions sur ces zones, l'étude approfondie à l'échelle locale est essentielle. Ainsi, la proposition pour la première phase est de vérifier la délimitation des ZEC, de caractériser les ZEC et d'hierarchiser les ZEC en fonction de l'intérêt hydraulique.

1. Bilan des études locales

Il vise à collecter, synthétiser et justifier les données disponibles sur le territoire du SAGE Cher aval. Les études locales concernent les crues historiques, les PPRI, l'effet hydraulique des constructions de protection, la restauration de la continuité écologique etc.

2. Analyse du terrain

2.1. Analyse topographique et hydrographique

Le caractère topographique est un important indicateur qui définit la capacité de stockage en eau des ZEC. La pente et la hauteur du berge influence le processus de débordement. Les constructions hydrauliques présents comme la digue empêchent le débordement. Ainsi, il est essentiel d'analyser les éléments topographiques comme les courbes de niveau et la localisation, la dimension des constructions présentes sur le terrain. A partir du modèle numérique de terrain et la carte des constructions, l'état topographique globale du terrain est visualisé.

La carte du réseau hydrographique du BD SYRAH permet de recenser tous les cours d'eau dans le territoire du SAGE Cher aval. Sur la carte, l'ordination des cours d'eau par la méthode de Strahler permet de classer les ZEC potentielles en fonction de localisation. Ainsi, les ZEC de chaque rang de Strahler sont regroupées dans un bilan. En même temps, les groupes de ZEC en plusieurs couleurs sont montrées sur la carte hydrographique pour voir la répartition. Il est favorable à comprendre les nombres et les surfaces des ZEC dans les parties de l'amont et de l'aval du réseau hydrologique.

2.2. Analyse d'aléa

L'aléa de référence pour la gestion de ZEC dans cette étude est l'aléa centennal ou historique. Selon les données d'aléa disponibles dans le territoire, une priorité d'analyse est définie : l'aléa de Territoire à Risque d'Inondation, l'aléa de Plan de Prévention des Risques d'Inondation et l'aléa des Atlas des Zones Inondables. En plus, les champs majeurs hydro géomorphologiques et les repères des crues historiques ont été collectés comme les références. (Source EP Loire et SPC Loire Cher Indre)

Les aléas et les références complémentaires sont montrés sur la carte d'aléa. Pour chaque ZEC potentielle, sa configuration est vérifiée afin de voir la cohérence avec les données récupérées à l'échelle locale. La modification de la configuration peut avoir lieu.

2.3. Analyse des enjeux

2.3.1. Etude des enjeux par les données disponibles

Afin de vérifier la délimitation des ZEC ainsi que d'étudier ses potentialités, l'analyse des enjeux à l'échelle locale est nécessaire. Le BD Topo de l'IGN et l'occupation du sol de Corine Land Cover sont exploités. Pour obtenir la densité de la population, la base de données de l'INSEE et sa méthode de classification des densités sont utilisées. Pour chaque ZEC potentielle sur la carte des enjeux, un diagramme circulaire montre les pourcentages de plusieurs types d'occupation du sol. Les classes des densités sont présentées en plusieurs couleurs. Ainsi, les enjeux humains et économiques sont étudiés. Quant aux enjeux patrimoniaux et naturels, les atlas des patrimoines et les zonages réglementaires de Natura 2000 et de ZNIEFF sont exploités.

2.3.2. Visite de terrain pour recueillir les éléments complémentaires

La visite de terrain a pour but de compléter les éléments d'enjeux et topographiques. Les éléments d'enjeux peuvent être ponctuels comme les logements et les habitants aux fermes, les ICPE etc. Ces enjeux ponctuels sont parfois non-couverts sur les cartes disponibles. En même temps, l'occupation du sol peut être vérifiée. Les enjeux complémentaires sont puis ajoutés sur la carte des enjeux. D'après le ramassage des logements, les lieux-dits habitats sont aperçus dans les zones plus rurales.

Les ouvrages et les constructions dans le lit majeur ainsi que la topographie de terrain naturel non couverts dans les cartes disponibles peuvent être recensés sur le terrain. Ces éléments sont aussi nécessaires pour la modélisation hydraulique dans la phase suivante. Ils influencent la propagation de débordement de cours d'eau.

3. Vérification de la cohérence hydrologique des ZEC

La fonctionnalité des ZEC est étudiée vis-à-vis de la crue des cours d'eau principaux. La vérification est réalisée par la comparaison des aires des surfaces entre le bassin versant en amont de ZEC et celui en aval de ZEC sur la carte. Si l'écart d'aire des surfaces des bassins versants dépasse 20%, il s'agit que les affluents sont assez importants d'influencer la délimitation de la ZEC. Dans ce cas, il faut ainsi découper la ZEC originale pour obtenir les nouvelles ZEC en amont et en aval de la confluence au cas par cas.

4. Délimitation des ZEC

Après analyser précisément la topographie, l'hydrographie, l'aléa et les enjeux à l'échelle locale, la délimitation finale des ZEC est réalisée. Les éléments des enjeux et la configuration des ZEC sont superposés sur la carte. Les limites latérales, en amont et en aval peuvent avoir de la justification d'après la présence des barrières topographiques comme la levée et des enjeux comme les lieux-dits habitats.

5. Caractérisation des ZEC

5.1. Caractérisation des enjeux

D'après l'analyse des enjeux sous cartographie, Un bilan pour chaque ZEC est réalisé. Les nombres de logement, de la population, des lieux-dits habitats sont montrés. Les noms et les nombres des sites de patrimoines, des établissements sensibles et des ICPE sont aussi listés. Avec le diagramme circulaire des types d'occupation du sol et la classification des densités de population en couleurs, les enjeux dans ZEC sont précisément caractérisés.

5.2. Caractérisation des effets hydrauliques

Au premier temps, il faut calculer les volumes d'eau de débordement lors de l'inondation historique. Les hydrogrammes enregistrées par les stations hydrauliques justement en amont des ZEC sont étudiées. Pour le choix de l'occurrence de crue, il est préférable de prendre l'aléa moyen centennal comme la référence afin d'être en cohérence avec la délimitation des ZEC. Grâce à un débit de base signifiant le commencement de débordement, le volume d'eau de débordement est calculé par la multiplication du débit et de la durée.

Au deuxième temps, il faut simuler la capacité théorique de stockage des ZEC. Le modèle numérique de terrain est exploité pour caractériser la topographie la plus fine. En créant des profils perpendiculaires à l'orientation de l'écoulement et des surfaces successives de débordement entre les profils, la capacité théorique de stockage est obtenue. Puis, il est intéressant de comparer le volume de débordement lors de l'inondation et la capacité théorique de stockage pour étudier l'efficacité hydraulique d'expansion de crue. Selon les résultats de comparaison, les efficacités hydrauliques sont classifiées en trois groupes : l'efficacité forte, moyenne et faible. Les ZEC avec les efficacités différentes sont présentées en couleurs sur la carte. L'étude des effets hydrauliques va être complétée par la modélisation hydraulique dans la phase suivante pour voir si la vitesse de l'écoulement d'eau dans le chenal est considérablement ralentie.

Un bilan de caractéristique hydraulique est réalisé montrant la capacité théorique de stockage, le volume d'eau de débordement lors de l'inondation historique et le rapport entre les deux indicateurs.

6. Hiérarchisation des ZEC en fonction de l'intérêt hydraulique

Selon les caractérisations des enjeux et des effets hydrauliques, les ZEC peuvent être hiérarchisées dans trois groupes en fonction de l'intérêt hydraulique : les zones montrant un intérêt direct sans besoin d'aménagement, les zones montrant un intérêt qui peut être amélioré par l'aménagement, les zones montrant un intérêt mais aussi les enjeux forts. Les intérêts hydrauliques sont dans l'ordre décroissants.

Le premier groupe est composées des zones naturelles et agricoles. Généralement, la pente des berges est faible et favorable au débordement. Dans les zones, il peut exister les surfaces d'eau et les autres annexes hydrauliques favorables au stockage de l'eau. Ce groupe présente l'intérêt hydraulique le plus haut. En même temps, il présente l'intérêt écologique considérable qui doit être protégé.

Le deuxième groupe est aussi composé des zones naturelles et agricoles mais son efficacité hydraulique est limitée prenant en compte de l'apport en volume des crues. Les ZEC ont besoin des aménagements modérés pour augmenter son efficacité hydraulique. D'une part, l'efficacité hydraulique est affectée par les constructions pas compétentes. Au bord des cours d'eau, il peut exister les digues limitant le débordement. Suivant l'évolution d'occupation du sol, les champs endigués sont possibles de ne présenter plus d'enjeux intérieur. L'efficacité des digues est ainsi dégradée. Les digues sont préconisées d'être arrasées. D'autre part, l'efficacité hydraulique est affectée par la topographie pas assez favorable au stockage de l'eau. Les terrains sont relativement plats où la création d'un merlon peut être envisagé. Les berges hautes empêchent le débordement plus fréquent des crues, donc les déversoirs peuvent être construites pour favoriser l'eau à entrer dans les champs. Il est à noter que les aménagements doivent être conçus le plus juste pour ne pas induire

les impacts négatifs sur le terrain.

Dans le troisième groupe, les zones urbaines sont localisées ponctuellement ou les lieux-dits habitants sont nombreux dans la zone plus rurale. L'intensité de la population des ZEC sont assez grande ainsi ces ZEC sont vulnérables aux inondations. Même si les zones permettent l'expansion des crues, l'intérêt hydraulique de ce groupe est le plus faible. Il n'est pas proposé de choisir les ZEC dans ce groupe lors des projets réels du gestion de ZEC.

Les trois groupes d'hiérarchisation des ZEC sont présentés en différents couleurs sur la carte.

7. Synthèse des ZEC

Dans le rapport de synthèse, les ZEC sont introduites par groupes des rangs de Strahler du réseau hydraulique dans le territoire du SAGE Cher aval. La carte des ZEC classifiées selon l'ordination des rangs de Strahler est montrée ainsi que le bilan indiquant les nombres des ZEC dans chaque groupe.

Puis, dans la section de chaque ZEC, il y a une carte zoomée présentant la localisation, le périmètre, les occupations du sol, les lieux-dits habitats et les enjeux ponctuels. Les bilans d'information administrative (la surface comprise), de caractéristique des enjeux, et de caractéristique hydraulique sont montrés. La hiérarchisation en intérêt hydraulique est montrée en dernier.

Dans les annexes, un tableau des ZEC classifiées en fonction des intérêts hydrauliques avec ses localisations concrètes est collé.

Conclusion

Face au risque d'inondation, la zone d'expansion de crues est adoptée comme une mesure compétente à l'échelle du bassin versant pour protéger les territoires urbanisés en aval. Au niveau local, la ZEC permet de conserver, de restaurer la biodiversité ainsi que d'exploiter la façon de vivre avec les inondations pour les humains.

La valorisation de ZEC fait l'objet de l'aménagement d'urbain, prescrite dans les règlementaires d'urbanisme. Dans ces zones, les habitats naturelles sont préservés de toutes types de constructions. En même temps, les activités humaines sont adaptées au cas par cas avec le période d'inondation. La diversité des paysages offre des espaces de loisirs en plein air. Pour réaliser la valorisation, la perception du grand public est essentielle. Il vaut mieux d'optimiser la volonté de la population comme l'échange des avis au lieux de la sensibilisation uniquement au grand nombre des destinataires comme le bulletin d'information.

La pré localisation de ZEC est généralement basée sur l'analyse d'aléa et des enjeux. Au premier temps, à l'échelle grande du bassin versant, les zones inondables sont coupées en mailles de tailles identiques pour faire la notation de potentialité. Le regroupement des mailles de certaines notes permet d'identifier les périmètres des ZEC potentielles. Au deuxième temps, la délimitation des ZEC à l'échelle locale est justifiée selon les analyses plus approfondies accompagnées par les visites de terrain et la vérification de la cohérence hydrologique. Les caractérisations des enjeux et des effets hydrauliques montrent les connaissances plus complètes du territoire. Enfin,

pour gérer efficacement les ZEC, la hiérarchisation de l'intérêt hydraulique des ZEC est proposée. La ZEC avec l'intérêt plus forte a plus de priorité d'être prise en compte dans la gestion des ZEC.

Abréviation

ARS : Agence régionale de santé

AZI : Atlas des zones inondables

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

PGRI : Plan de gestion des risques d'inondation

PLU : Plan local d'urbanisme

PPRI : Plan de prévention des risques d'inondation

SCoT : Schéma cohérence territorial

TRI : Territoire à risque important d'inondation

ZNIEFF : Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Bibliographie

1. Antea Group, 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 : Phase 1 et 2
2. Arnstein, Sherry R. 1969, A Ladder of Citizen Participation, Journal of American Institute of Planners N.35-4, P266-224
3. Article L101-2 du CU
4. Art. L.211-12 du CE
5. Art. L.566-1 II du CE
6. ASCONIT Consultants & HYDRATEC, 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 :
https://bassin-sarthe.org/assets/documents/pdf/Rapport_ZEC-2.pdf
7. BRL ingénierie, 2019, Exploitation des potentialités en termes de champs d'expansion de crue, déclinaison opérationnelle sur le territoire du SAGE Yèvre-Auron : Phase 1-Description des zones d'expansion de crues
8. Cap sur le Rhône, 2020, Le Grand Parc Miribel Jaunage :
<https://www.capsurlehone.fr/partenaire/grand-parc-miribel-jonage/>
9. CEPRI, 2013, Sensibiliser les actions exposées aux risques d'inondation : Comprendre les mécanismes du changement de la perception et du comportement : www.cepri.fr
10. Cerema, 2018, Etude de dangers des systèmes d'endiguement de la Loire et ses affluents :
http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_cerema_etude_de_dangers_se.pdf
11. Circulaire du 24 Janvier 1994
12. DREAL Centre-Val de Loire, 2020, Risque d'inondation : <http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/risque-inondation-r48.html>
13. EPI Seine, 2020, le Projet de la Bassée : <https://episeine.fr/actualite/le-projet-de-la-bassee>
14. Espaces Naturels Touraine, 2020, Espace naturel du bocage de la gloriette :
<https://espacesnaturels.touraine.fr/bocage-de-la-gloriette.html>
15. Guide issu des travaux co-piloté par la MAAF, l'APCA et la DGPR, Prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation : Guide destiné aux acteurs locaux, Volet activité agricole-Version 2
16. Jos Dijkman, Rob Maaten, 2016, Point de vue extérieur sur la gestion des inondations en Loire moyenne : http://www.eptb-loire.fr/wp-content/uploads/2013/10/rapport_final_loire_delft_OPT.pdf
17. Les zones humides, 2018, Découverte d'une zone d'expansion de crue renaturée : <http://www.zones-humides.org/d%C3%A9couverte-dune-zone-dexpansion-de-crue-renatur%C3%A9e>
18. Mr. COMOY, 1860, Etudes sur les inondations de la Loire
19. Submersion du Grand Parc Miribel Jonage lors de l'inondation en 2018 :
<https://www.sauvonslerhone.com/rhone-reprend-place-grand-parc-miribel-jonage/>
20. SMAGE des Deux Morin, Fiche N°13-Préserver les aones naturelles d'expansion de crue
21. Syndicat Mixte du Bassin Versant Tarn-amont, 2020, Zone d'expansion de

crues : <https://www.tarn-amont.fr/zone-dexpansion-de-crue-zec/>
22. Tours métropole, 2020, Le gloriète, le parc éco-ludique de la métropole :
<https://tours-metropole.fr/LaGloriette>