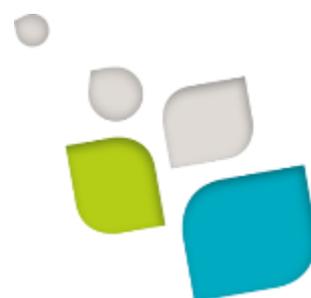


EXPLOITATION DES POTENTIALITES EN TERMES DE CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE

Déclinaison opérationnelle sur le territoire du SAGE Loir

Phase 3 —Analyse approfondie des différents scénarios
d'aménagement



Janvier 2022



BRL ingénierie

1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001
30001 NIMES CEDEX 5

Date du document	2021
Contacts	Marie-Christine GERMAIN / Céline BOSSCHAERT

Titre du document	EXPLOITATION DES POTENTIALITES EN TERMES DE CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE - Déclinaison opérationnelle sur le territoire du SAGE Loir Phase 3 – Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement
Référence du document :	A00515_Loir
Indice :	Vfinale

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérfié et Validé par
09/12/2021	V1	Première version	MGU/CBS	CBS
17/01/2022	Vfinale	Prise en compte remarques du 07/01/2022	CBS	

EXPLOITATION DES POTENTIALITES EN TERMES DE CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE

Déclinaison opérationnelle sur le territoire SAGE Loir

Phase 3 – Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement

PRÉAMBULE	1
1 SITES ET SCENARIOS D'AMENAGEMENT RETENUS POUR LA PHASE 3	2
1.1 CHOIX DES SITES ETUDIES.....	2
1.2 SCENARIOS RETENUS	2
1.3 CRUES DE PROJET RETENUES	2
2 ETUDE DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT	4
2.1 SURSTOCKAGE	4
2.1.1 Principe.....	4
2.1.2 Définition des aménagements potentiels sur la ZEC de Vendôme.....	4
2.1.3 Résultats du sur-stockage sur la ZEC de Vendôme	6
2.1.4 Définition des aménagements potentiels sur la ZEC de la Flèche	6
2.1.5 Résultats du sur-stockage sur la ZEC de la Flèche.....	8
2.1.6 Analyse multicritère	8
2.2 IMPLANTATION DE HAIES AGRICOLES	10
2.2.1 Principe.....	10
2.2.2 Définition des aménagements potentiels sur les ZEC de Vendôme et la Flèche	10
2.2.3 Résultats du scénario « haies » sur la ZEC de Vendôme.....	13
2.2.4 Résultats du scénario « haies » sur la ZEC de la Flèche	13
2.2.5 Analyse multicritère	14
2.3 SUPPRESSION THEORIQUE DE LA ZEC.....	16
2.3.1 Principe.....	16
2.3.2 Résultats de la suppression de la ZEC de Vendôme	17
2.3.3 Résultats de la suppression de la ZEC de la Flèche	20
3 SYNTHESE ET CONCLUSION DE L'ETUDE	23

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Emprise de la zone inondable des crues 5, 10, 20, 50 et 100 ans au droit des enjeux exposés en aval de la ZEC de la Flèche.....	3
Figure 2 : Emprise de la zone inondable des crues 5, 10, 20, 50 et 100 ans au droit des enjeux exposés en aval de la ZEC Vendôme.....	3
Figure 3 : Exemple du type d'ouvrage modélisé.....	4
Figure 4 : Localisation des digues transversales sur la ZEC de Vendôme.....	5
Figure 5 : Lignes d'eau de la crue 10 ans en état actuel et en état aménagé avec les digues.....	5
Figure 6 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé digues.....	6
Figure 7 : Localisation des digues transversales sur la ZEC de La Flèche.....	7
Figure 8 : Lignes d'eau de la crue 20 ans en état actuel et en état aménagé avec les digues.....	7
Figure 9 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en en état actuel et en état aménagé digues.....	8
Figure 10 : Exemple d'implantation des haies respectant les ensembles cultureux.....	10
Figure 11 : Schéma d'implantation des haies actuelles et théoriques sur la ZEC de Vendôme.....	11
Figure 12 : Schéma d'implantation des haies actuelles et théoriques sur la ZEC de la Flèche.....	12
Figure 13 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé augmentation de la rugosité.....	13
Figure 14 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en en état actuel et en état aménagé augmentation de la rugosité.....	14
Figure 15 : Représentation de l'endiguement du lit mineur sur la ZEC de Vendôme.....	16
Figure 16 : Représentation de l'endiguement du lit mineur sur la ZEC de la Flèche.....	17
Figure 17 : Lignes d'eau de la crue 10 ans avec ZEC et sans ZEC en amont de Vendôme.....	18
Figure 18 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé suppression de de la ZEC ...	18
Figure 19 : Impact de la suppression de la ZEC sur les hauteurs d'eau à Vendôme.....	19
Figure 20 : Lignes d'eau de la crue 20 ans avec ZEC et sans ZEC en amont de la Flèche.....	20
Figure 21 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en en état actuel et en état aménagé suppression de de la ZEC ...	21
Figure 22 : Impact de la suppression de la ZEC sur les hauteurs d'eau à la Flèche.....	22
Figure 23 : Localisation des sites étudiés en phase 1.....	23
Figure 24 : Localisation des ZEC retenues en phase 2.....	24

PREAMBULE

La présente étude s'inscrit dans le cadre du programme d'intervention du SAGE Loir. Elle porte sur l'analyse de sites potentiels d'expansion des crues sur le Loir préalablement sélectionnés suite à l'«Analyse exploratoire, à l'échelle de l'ensemble du bassin de la Loire, des potentialités en termes de champs d'expansion de crue » conduite entre 2016 et 2019 par l'EP Loire.

Le maintien des champs d'expansion des crues ou leur optimisation participent à maintenir le fonctionnement naturel des cours d'eau en crue et réduisent la vulnérabilité aux inondations des enjeux exposés situés plus en aval.

L'analyse approfondie de ces zones d'expansion de crues (ZEC) potentielles a pour objectif :

- D'approfondir la connaissance des ZEC ;
- D'évaluer leurs fonctionnalités à l'aide notamment de modélisations hydrauliques ;
- De définir, pour certaines d'entre elles, des scénarios d'actions différenciées :
 - Préservation des zones d'expansion efficaces ;
 - Optimisation de certaines ZEC par augmentation de leur caractère inondable ;
 - Réactivation du caractère inondable de certaines zones d'expansion ;
- D'en évaluer les coûts et bénéfices attendus ;
- D'apporter des éléments d'aide à la décision pour les acteurs locaux.

L'étude s'articule en 3 phases :

- Phase 1 : Description des ZEC ;
- Phase 2 : Analyse de la fonctionnalité des ZEC ;
- Phase 3 : Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement.

Le présent rapport concerne la phase 3, réalisée sur 2 sites sélectionnés à la suite de la phase 2 qui a étudié 3 sites.



1 SITES ET SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT RETENUS POUR LA PHASE 3

1.1 CHOIX DES SITES ETUDIÉS

La phase 2 a permis d'étudier par modélisation hydraulique la fonctionnalité des sites de Vendôme, Montoire-sur-le-Loir et la Flèche. La ZEC de La Flèche et la ZEC de Vendôme ont été retenues pour la phase 3 à l'issue de la réunion de présentation des résultats de la phase 2 le 1^{er} avril 2021.

1.2 SCÉNARIOS RETENUS

Les scénarios d'aménagement présentés ci-après sont issus des réflexions qui ont eu lieu lors de la réunion du 26 mai 2021 avec l'EP Loire et les principaux acteurs.

Les scénarios ainsi retenus pour être étudiés par modélisation hydraulique sont les suivants :

- Surstockage par implantation d'endiguements transversaux,
- Ralentissement par implantation de haies sur les parcelles agricoles,
- Suppression théorique de la ZEC qui permet de mieux appréhender le rôle de la ZEC, et de mettre en évidence l'intérêt de sa préservation.

1.3 CRUES DE PROJET RETENUES

Les crues de projet retenues pour le dimensionnement des aménagements correspondent à une crue :

- impactant un nombre suffisant d'enjeux, afin que l'écrêtement de la crue présente un intérêt vis-à-vis de la réduction des dommages,
- mais pas trop rare afin de rester sur un objectif cohérent au regard des importants volumes de crue à ralentir.

Ainsi, il a été retenu la crue de période de retour 20 ans pour la ZEC de La Flèche et la crue de période de retour 10 ans pour la ZEC de Vendôme.

La crue 20 ans de la Flèche, qui présente un débit de pointe de 336 m³/s, impacte les principaux enjeux suivants : une dizaine de bâtiments, un camping, un skatepark, un stade, la sous-préfecture, une école.

La crue 10 ans de Vendôme qui présente un débit de pointe de 164 m³/s, impacte les principaux enjeux suivants : une centaine de bâtiments, un camping, un skatepark.



Figure 1 : Emprise de la zone inondable des crues 5, 10, 20, 50 et 100 ans au droit des enjeux exposés en aval de la ZEC de la Flèche

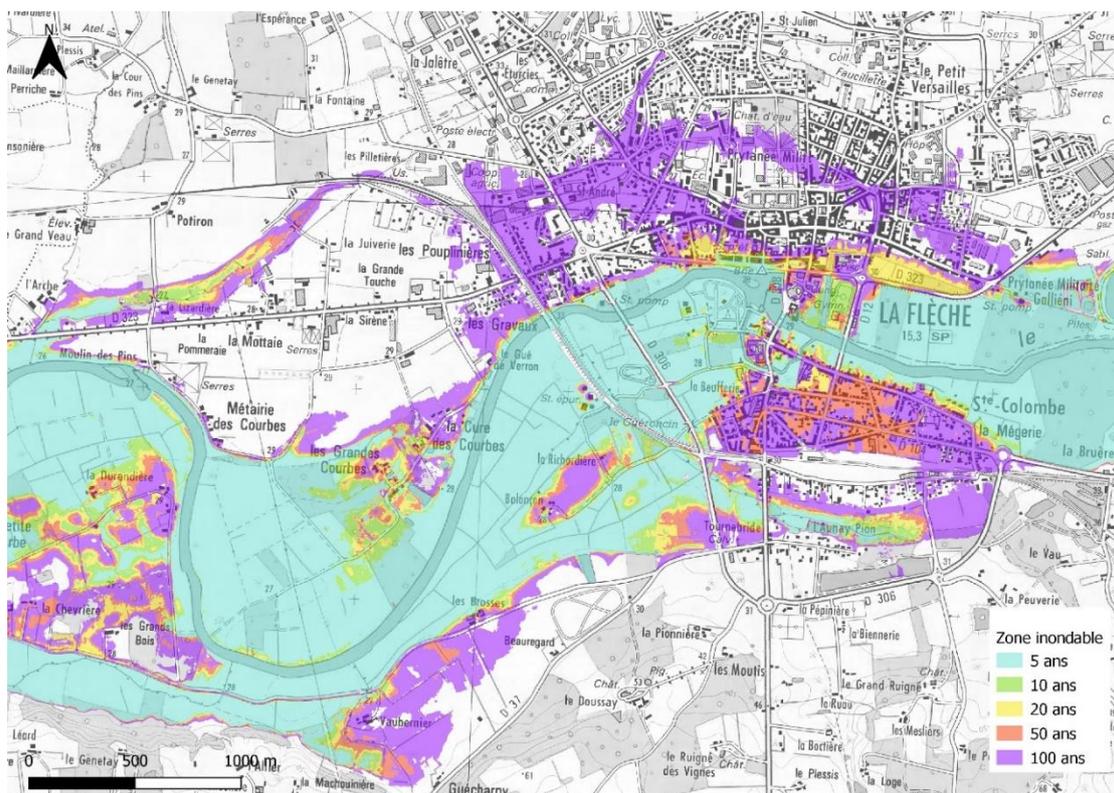
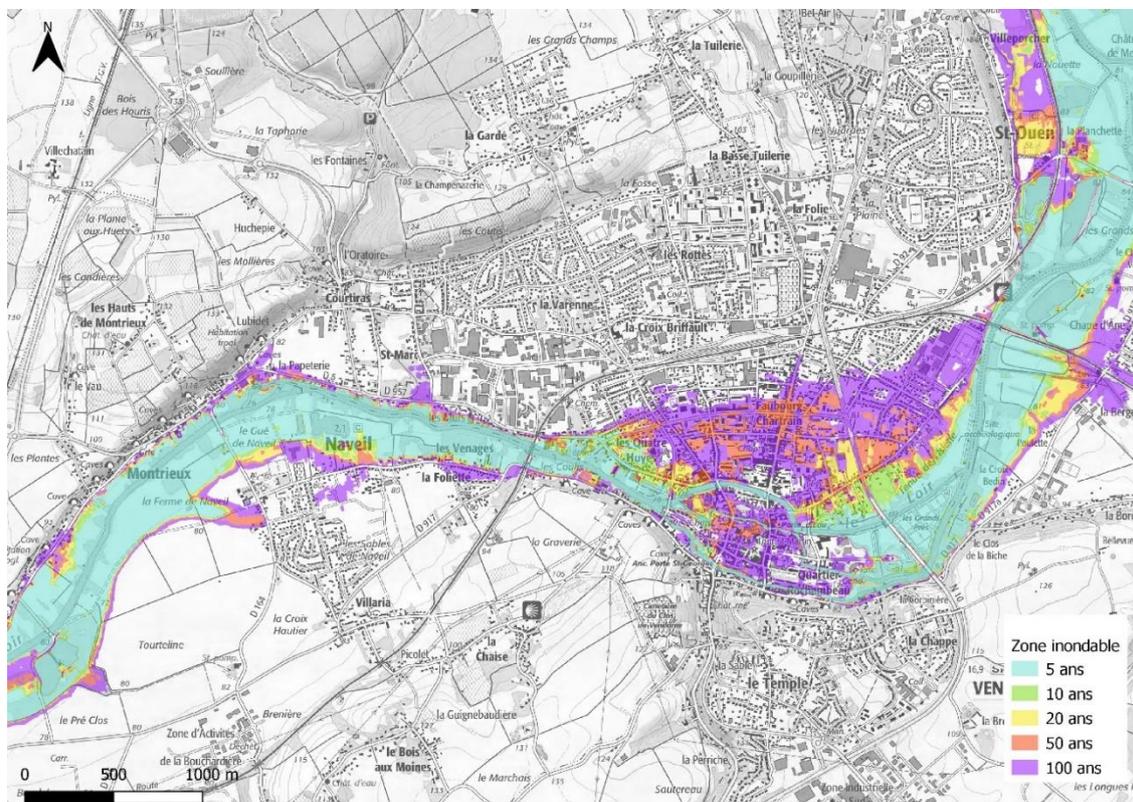


Figure 2 : Emprise de la zone inondable des crues 5, 10, 20, 50 et 100 ans au droit des enjeux exposés en aval de la ZEC Vendôme





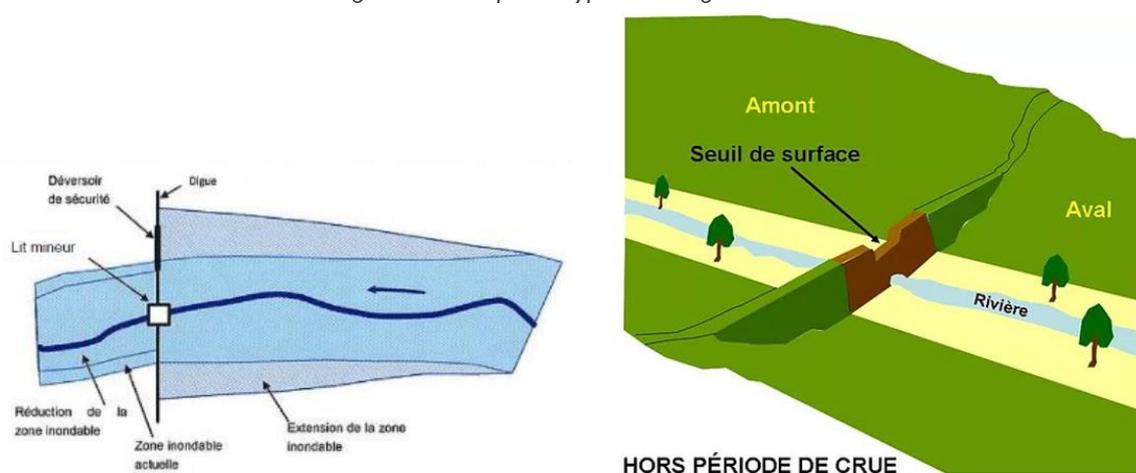
2 ETUDE DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT

2.1 SURSTOCKAGE

2.1.1 Principe

L'optimisation du stockage dans la ZEC est obtenue par l'implantation de merlons ou digues transversaux en champ majeur, l'idéal étant de s'appuyer sur des infrastructures existantes pour augmenter les potentialités actuelles. Le contrôle du débit de sortie est assuré par un ouvrage restrictif en lit mineur.

Figure 3 : Exemple du type d'ouvrage modélisé



Il a été proposé d'étudier un scénario de surstockage de 50 cm au-dessus des niveaux d'eau actuels dans les ZEC. Cette suggestion découle des échanges qui ont eu lieu lors de la réunion de phase 2, au cours de laquelle les acteurs ont fait référence à l'étude exploratoire préalable (ANTEA 2017) dont les analyses montraient des résultats intéressants, pour des surstockages de 0.5 m et 1 m. Cet objectif de surstockage de 50 cm (plutôt que 1m) correspond à la volonté des acteurs de rester sur des aménagements de hauteur modérée. Ce scénario n'est pas basé sur un objectif de gain hydraulique à l'aval, mais sur un ressenti d'aménagement acceptable et sur les analyses préliminaires de l'étude ANTEA.

Les aménagements sont testés et optimisés par simulations itératives dans le modèle hydraulique.

2.1.2 Définition des aménagements potentiels sur la ZEC de Vendôme

Afin de surstocker 50 cm au-dessus des niveaux d'eau actuels de la crue de projet, et compte tenu de la pente du site, il faudrait implanter 7 digues transversales le long de la ZEC.

Afin d'éviter une potentielle sur-inondation du bourg de Saint-Firmin-des-Près, et bien que ce scénario soit fictif (intérêt non démontré à ce stade), la digue située en amont du bourg a été retirée de la modélisation.

Compte tenu des hauteurs d'eau en état actuel, la hauteur des digues est de l'ordre de 1 à 1.5 m. Au niveau du lit mineur un ouvrage de contrôle du débit d'une largeur de 14 m et d'une hauteur de 3 m est modélisé.

Figure 4 : Localisation des digues transversales sur la ZEC de Vendôme

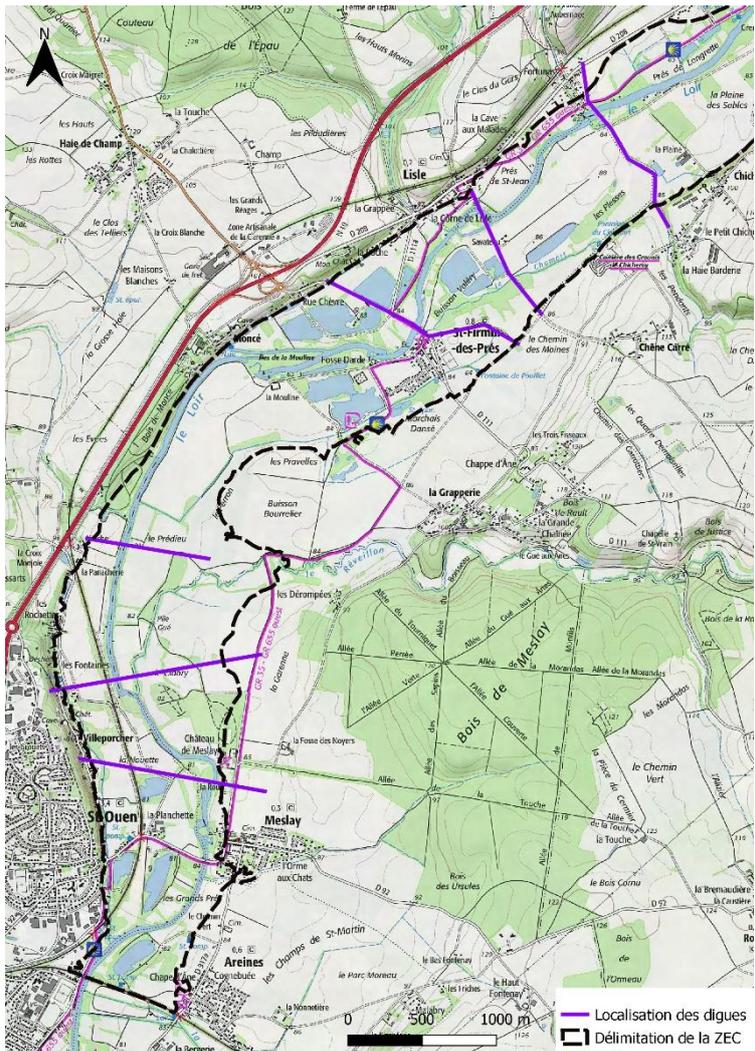
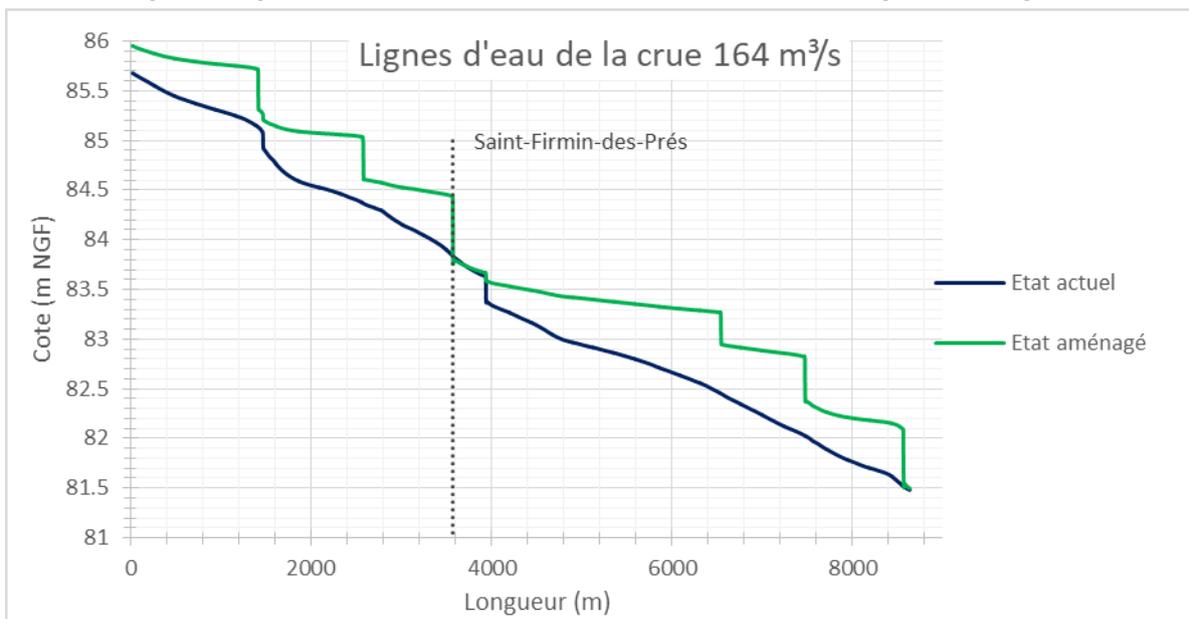


Figure 5 : Lignes d'eau de la crue 10 ans en état actuel et en état aménagé avec les digues

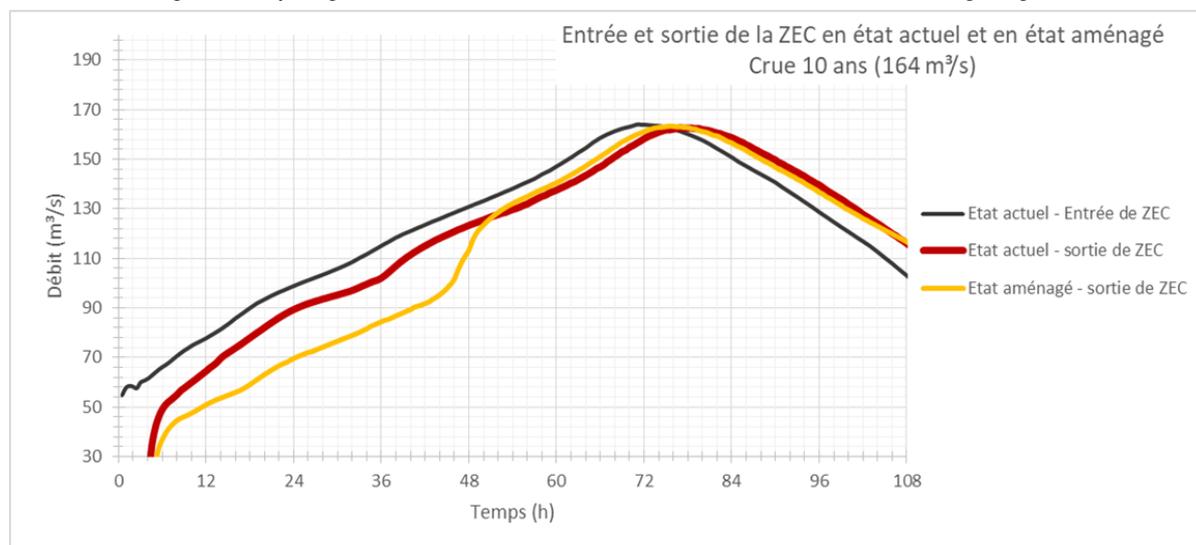




2.1.3 Résultats du sur-stockage sur la ZEC de Vendôme

L'hydrogramme en sortie de la ZEC obtenu en état aménagé est comparé à l'hydrogramme en sortie de ZEC en état actuel :

Figure 6 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé digues



Les résultats de la simulation montrent que les digues ont un effet d'écrêtement et de retard (d'environ 16h) sur les débits compris entre 30 et 120 m³/s.

Cependant au-delà de 120 m³/s, le volume de surstockage est insuffisant et les digues déversent. Lorsque le débit de pointe arrive, les aménagements sont transparents et ne permettent pas son écrêtement. Il n'y a donc aucun impact sur la protection des enjeux en aval de la ZEC.

6

2.1.4 Définition des aménagements potentiels sur la ZEC de la Flèche

Afin de surstocker 50 cm au-dessus des niveaux d'eau actuels de la crue de projet, et compte tenu de la pente du site, il faudrait implanter 3 digues transversales le long de la ZEC.

Compte tenu des hauteurs d'eau en état actuel, la hauteur des digues est de l'ordre de 1 à 1.5 m. Au niveau du lit mineur un ouvrage de contrôle du débit d'une largeur de 21 m et d'une hauteur de 5 m est modélisé.

Figure 7 : Localisation des digues transversales sur la ZEC de La Flèche

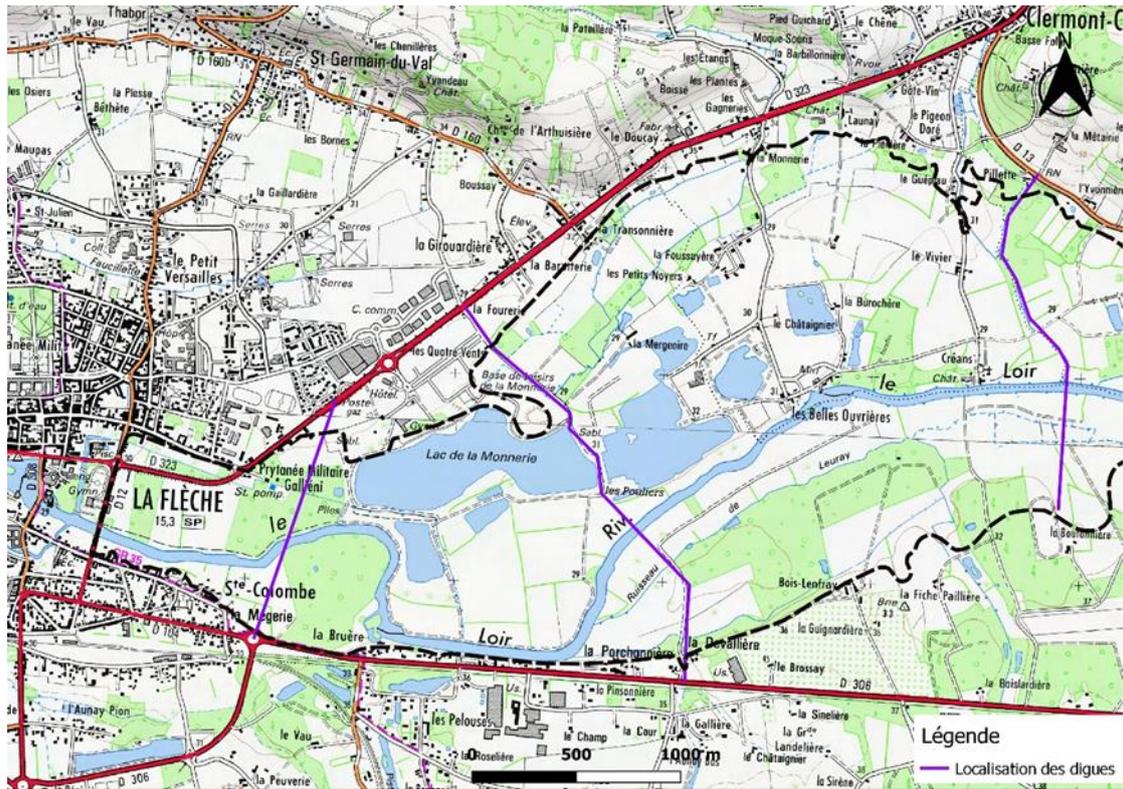
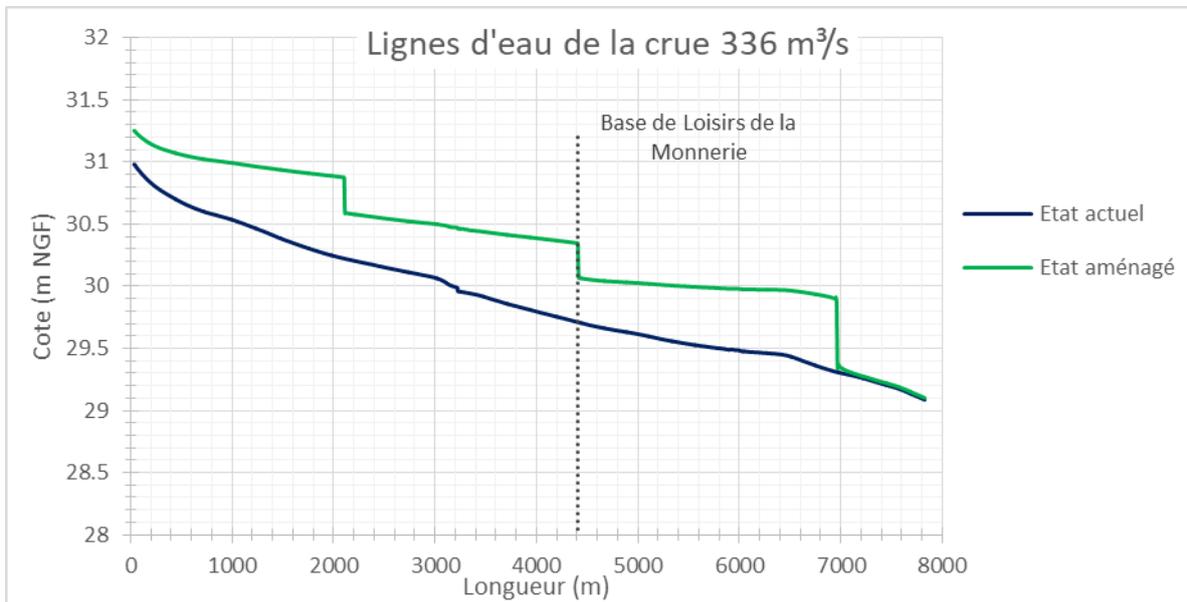


Figure 8 : Lignes d'eau de la crue 20 ans en état actuel et en état aménagé avec les digues

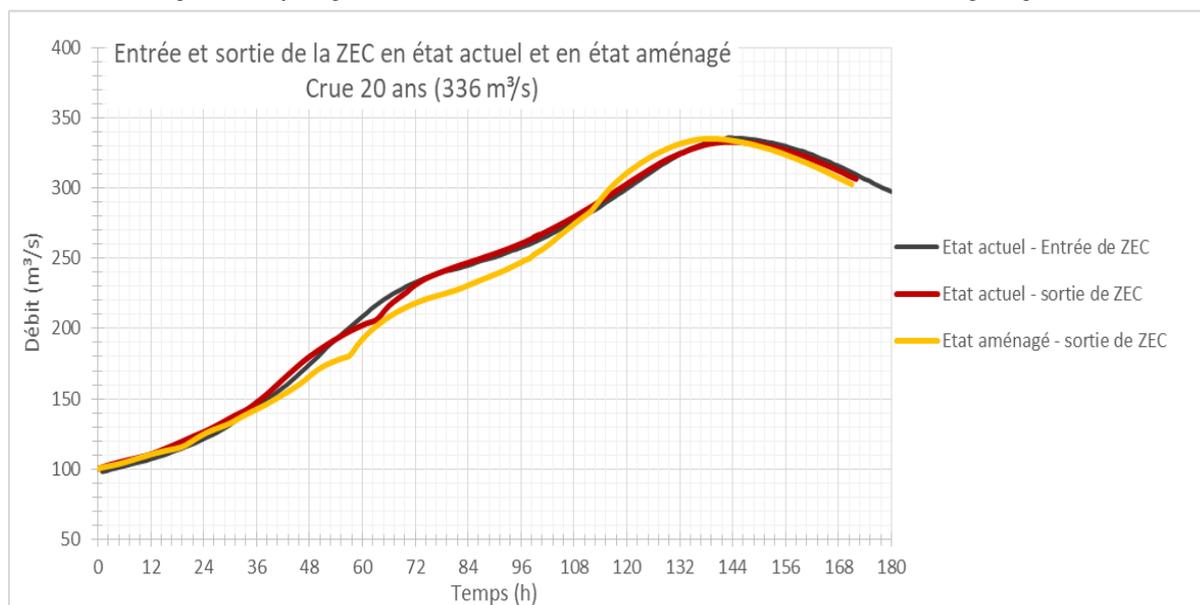




2.1.5 Résultats du sur-stockage sur la ZEC de la Flèche

L'hydrogramme en sortie de la ZEC obtenu en état aménagé est comparé à l'hydrogramme en sortie de ZEC en état actuel :

Figure 9 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en en état actuel et en état aménagé digues



Les digues ont un effet d'écrêtement et de retard (environ 14h) sur les débits compris entre 150 et 290 m³/s.

Cependant au-delà de 290 m³/s, le volume de surstockage est insuffisant et les digues déversent. Lorsque le débit de pointe arrive, les aménagements sont transparents et ne permettent pas son écrêtement. Il n'y a donc aucun impact sur la protection des enjeux en aval de la ZEC.

2.1.6 Analyse multicritère

BENEFICES VIS-VIS DES INONDATIONS

Le scénario de surstockage ne permettant pas d'écrêter le débit de pointe de la crue, il n'apporte aucun bénéfice en termes de dommages évités.

Le surstockage ralentit la propagation de l'onde de crue jusqu'à un certain débit. Cela représente un certain gain de temps pour l'anticipation des crues et la gestion de crise.

COÛTS

Concernant le coût d'une digue, il faut compter

- Pour une digue en terre : 500 à 1000 €/HT/ml de digue,
- Pour une digue déversante : 2000€/HT/ml de digue.

La longueur totale des endiguements simulés étant estimée à 4250 mètres sur Vendôme, et 4440 mètres sur la Flèche, cela représente un coût minimum de 2.1 million d'euros et 2.2 million d'euros minimum respectivement.



A cela il faut ajouter:

- L'entretien : 5000€HT/km/an,
- La gestion : 2200 €HT/km/an,
- L'inspection (VTA) : 1000€HT/km/2ans.

Il faut également prendre en compte les couts liés aux acquisitions foncières et aux rétablissements des servitudes.

CONTRAINTES

La réalisation de digues implique également les contraintes suivantes :

- La protection des enjeux potentiellement surinondés sur la ZEC : délocalisation/protection rapprochée des habitations, dédommagements vis-à-vis des activités agricoles impactées.
- La réglementation Gémapi : de tels ouvrages relèvent d'un classement digues ou ouvrage hydraulique sous la responsabilité de l'EPCI concerné,
- Les impacts importants en termes de continuité écologique, de paysage, de patrimoine (monuments inscrits et sites classés)...



2.2 IMPLANTATION DE HAIES AGRICOLES

2.2.1 Principe

Il s'agit d'accroître la végétation dans la ZEC, et donc la « rugosité » du champ d'écoulement afin de diminuer les vitesses et ralentir ainsi les écoulements.

Compte tenu de la forte proportion de parcelles agricoles dans la ZEC, cela pourrait être mis en œuvre par le biais d'aménagements ou solutions de ralentissement des écoulements à l'échelle des parcelles agricoles : création de haies, de bandes enherbées, de micro-merlons, de fossés ou noues perpendiculaires au sens des écoulements, modification des pratiques culturales. Ces solutions sont bénéfiques vis-à-vis des phénomènes de ruissellement et d'érosion des sols, et jouent également un rôle vis-à-vis de la réduction de la pollution par décantation, filtration, et absorption dans les végétaux avant leur transfert vers la rivière.

Parmi ces mesures ou aménagements à la parcelle, celles qui vont permettre de freiner les écoulements de crue en champ majeur sont principalement les haies denses (végétation dense et non arbres de haute tige seuls).

Il a été modélisé une densification des haies en zones agricoles dont l'implantation théorique a été définie avec les acteurs afin d'être la plus réaliste possible, tout en optimisant le ralentissement dynamique. L'implantation respecte les points suivants :

- Haies de 5m de large denses,
- Implantation sur les bordures des parcelles et les bordures de chemin/routes (basée sur les limites parcellaires) tout en évitant le morcellement des ensembles cultureux.

Figure 10 : Exemple d'implantation des haies respectant les ensembles cultureux



2.2.2 Définition des aménagements potentiels sur les ZEC de Vendôme et la Flèche

En état actuel et sur l'emprise de la crue 10 ans, la ZEC de Vendôme présente 90 ha de haies et de zones boisées. Sur l'emprise de la crue 20 ans, la ZEC de la Flèche quant à elle présente 167 ha de haies et de zones boisées.

Il a été rajouté sur les deux ZEC 25 ha de haie soit 50 km linéaire de haie de 5m respectant les critères énoncés ci-dessus.

Pour rappel, en phase 2, un test de végétalisation de toutes les parcelles agricoles a été effectué, avec une surface nouvellement boisée de 340 ha sur l'emprise de la crue 10 ans pour Vendôme et 410 ha sur l'emprise de la crue 20 ans pour la Flèche, sachant que la surface totale de la ZEC de Vendôme est de 736 ha et celle de la Flèche de 1035 ha (soit un reboisement de 46 et 40 % de leur surface respective).

EXPLOITATION DES POTENTIALITÉS EN TERMES DE CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE SUR LE BASSIN VERSANT DU LOIR

Schéma d'implantation des haies de la ZEC 5L Vendôme



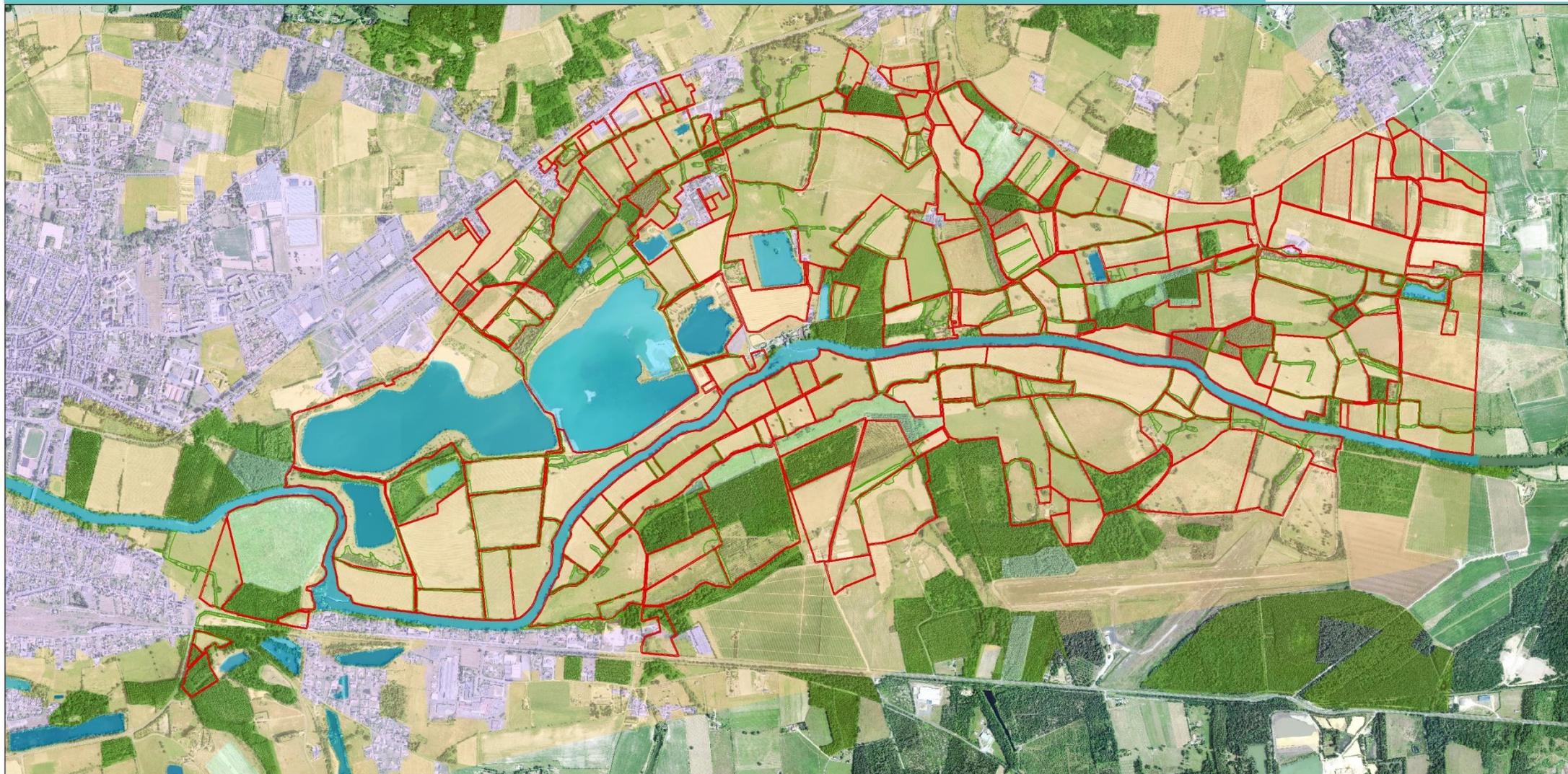
Zonage Strickler

-  Lit mineur ou plan d'eau
-  Zone de végétation dense
-  Zone agricole
-  Zone de végétation moins dense
-  Zone urbaine

-  Schéma d'implantation des haies théoriques
-  Schéma d'implantation des haies actuelles

Sources : BDOrtho
Réalisé le 04/10/2021
Nom du document :
Implantation_haies_ZEC_Vendome





Zonage Strickler

-  Lit mineur ou plan d'eau
-  Zone de végétation dense
-  Zone agricole
-  Zone de végétation moins dense
-  Zone urbaine

-  Schéma d'implantation des haies actuelles
-  Schéma d'implantation des haies théoriques

0 0.5 1 Km



BRL
Ingénierie

Sources : BDOrtho
Réalisé le 04/10/2021
Nom du document :
Implantation_haies_ZEC_LaFlèche

2.2.3 Résultats du scénario « haies » sur la ZEC de Vendôme

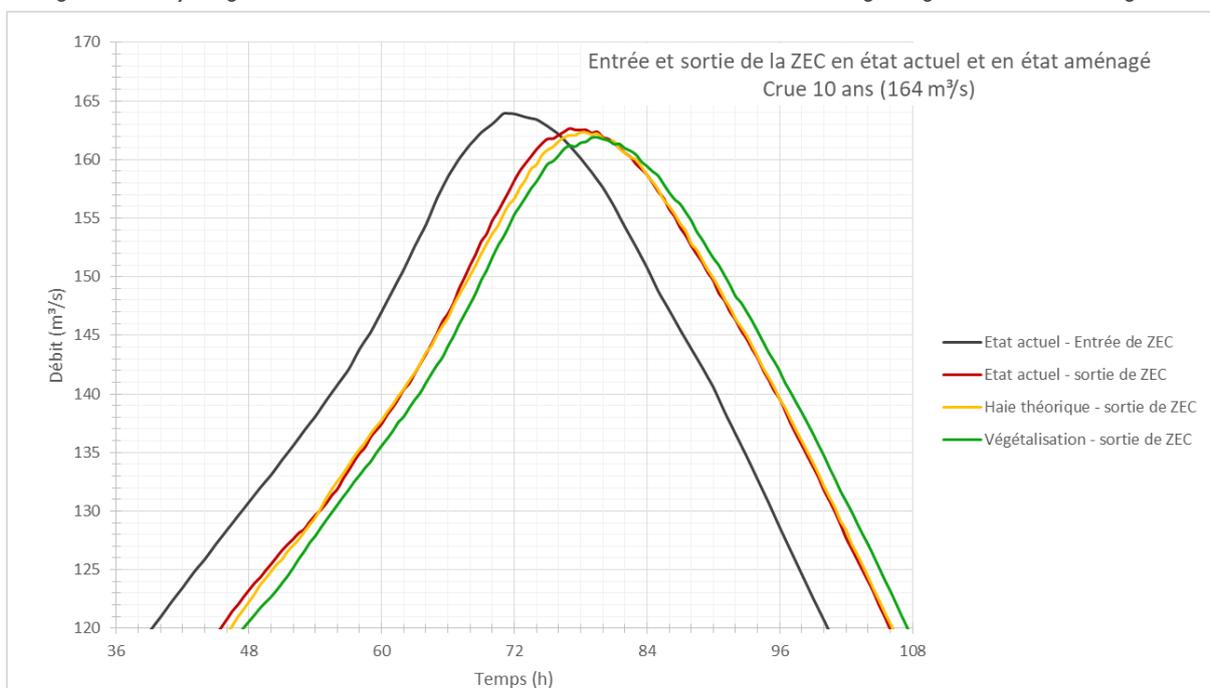
Les résultats sont mis en évidence en comparant l'hydrogramme en sortie de la ZEC entre l'état aménagé et l'état actuel :

- Pas d'effet significatif sur l'écrêtement (le débit aval est diminué de moins de 1 m³/s),
- Effet sur le ralentissement du débit : le temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC est augmenté d'environ 1h par rapport à l'état actuel soit un temps de propagation de 7h au lieu de 6h.

Pour comparaison, le test réalisé en phase 2 de végétalisation totale des zones agricoles donnait les résultats suivants :

- Effet sur l'écrêtement : le débit aval est diminué d'environ 1 m³/s par rapport à l'état actuel,
- Effet sur le ralentissement du débit : le temps de propagation amont/aval ZEC est augmenté d'environ 3h par rapport à l'état actuel soit un temps de propagation de 9h au lieu de 6h.

Figure 13 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé augmentation de la rugosité



La densification des haies en zones agricoles n'a pas d'effet significatif sur l'écrêtement du débit de pointe et donc aucune incidence sur les hauteurs d'eau à la traversée de la zone urbaine.

Le temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC est allongé de 1 heure, ce qui représente un certain gain de temps vis-à-vis de l'anticipation et l'alerte.

2.2.4 Résultats du scénario « haies » sur la ZEC de la Flèche

Avec l'implantation des haies les résultats suivants sont obtenus :

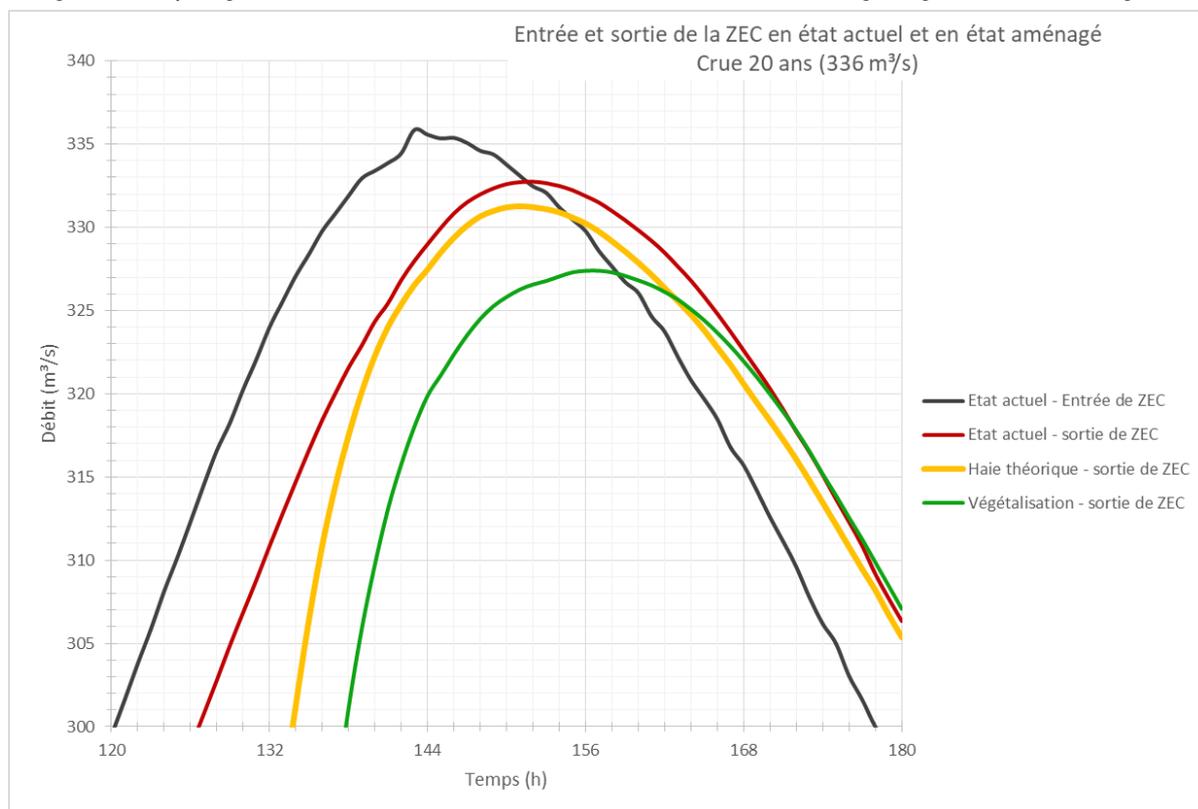
- Le débit aval est diminué d'environ 1 m³/s par rapport à l'état actuel,
- Effet sur le ralentissement du débit est négligeable (pas d'impact sur le temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC).



Pour comparaison, le test réalisé en phase 2 de végétalisation totale des zones agricoles donnait les résultats suivants :

- Effet sur l'écrêtement : le débit aval est diminué de 5 m³/s par rapport à l'état actuel,
- Effet sur le ralentissement du débit : le temps de propagation amont/aval ZEC est augmenté d'environ 4 à 5h par rapport à l'état actuel soit un temps de propagation de 12h au lieu de 8h.

Figure 14 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en état actuel et en état aménagé augmentation de la rugosité



La densification des haies en zones agricoles permet de diminuer légèrement le débit de pointe mais cet impact n'est pas assez significatif pour abaisser les hauteurs d'eau à la traversée de la zone urbaine.

L'effet des haies sur le temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC n'est pas significatif.

2.2.5 Analyse multicritère

BENEFICES VIS-VIS DES INONDATIONS

Le scénario de densification des haies ne permettant pas d'écrêter suffisamment le débit de pointe de la crue, il n'apporte aucun bénéfice en termes de dommages évités.

Il y a un léger effet de ralentissement de la propagation de l'onde de crue sur la ZEC de Vendôme entre l'amont et l'aval de la ZEC, mais aucun sur la ZEC de la Flèche.

On note que le test de végétalisation de toutes les parcelles agricoles réalisé en phase 2 a un effet plus important sur le ralentissement dynamique. Ce scénario correspond à environ 340 (Vendôme) ou 410 ha (la Flèche) de végétation dense, à comparer avec les 25 ha de haies implantées au total sur la ZEC pour le scénario de phase 3.



COÛTS ET CONTRAINTES

La plantation de haies peut être financée à travers des dispositifs d'état comme les « Plans de relance » mis en place début 2021.

Les coûts d'implantation sont estimés entre 15 et 20 € le ml de haies comprenant la fourniture végétale, la main d'œuvre et l'accompagnement. Ces haies sont de l'ordre de 5 m de large, et leur gestion (coupe et repousse par cépée) aboutit à une végétation relativement dense, compatible avec les objectifs de ralentissement dynamique des crues.

Une valorisation de la biomasse par la filière bois pourrait rendre plus attractive leur mise en œuvre par les exploitants agricoles. Une mission d'animation par secteur permettrait de travailler sur l'acceptabilité et l'assemblage afin d'établir une cohérence d'ensemble, et de prévoir une gestion dynamique et concertée. Il faut notamment veiller à ce que l'entretien et l'exploitation des haies limitent le risque de formation d'embâcles.

Source : Chambre d'Agriculture du Loir et Cher

BENEFICES VIS-A-VIS DE L'ENVIRONNEMENT

Les haies en interceptant les écoulements limitent le ruissellement et l'érosion des sols.

Elles favorisent l'infiltration dans les sols et l'absorption des eaux de ruissellement par les végétaux

Elles améliorent également la qualité des eaux et la biodiversité.



2.3 SUPPRESSION THEORIQUE DE LA ZEC

2.3.1 Principe

Ce scénario ne constitue bien évidemment pas une piste d'aménagement, mais une simulation théorique visant à bien appréhender le rôle que joue actuellement la ZEC existante et l'intérêt de sa préservation.

Il consiste à supprimer la ZEC par endiguement du lit mineur, empêchant tout débordement en champ majeur. Des digues ont été modélisées sur les berges du Loir sur la totalité du linéaire des ZEC (sur une hauteur arbitraire de 10 m afin d'éviter tout débordement).

Figure 15 : Représentation de l'endiguement du lit mineur sur la ZEC de Vendôme

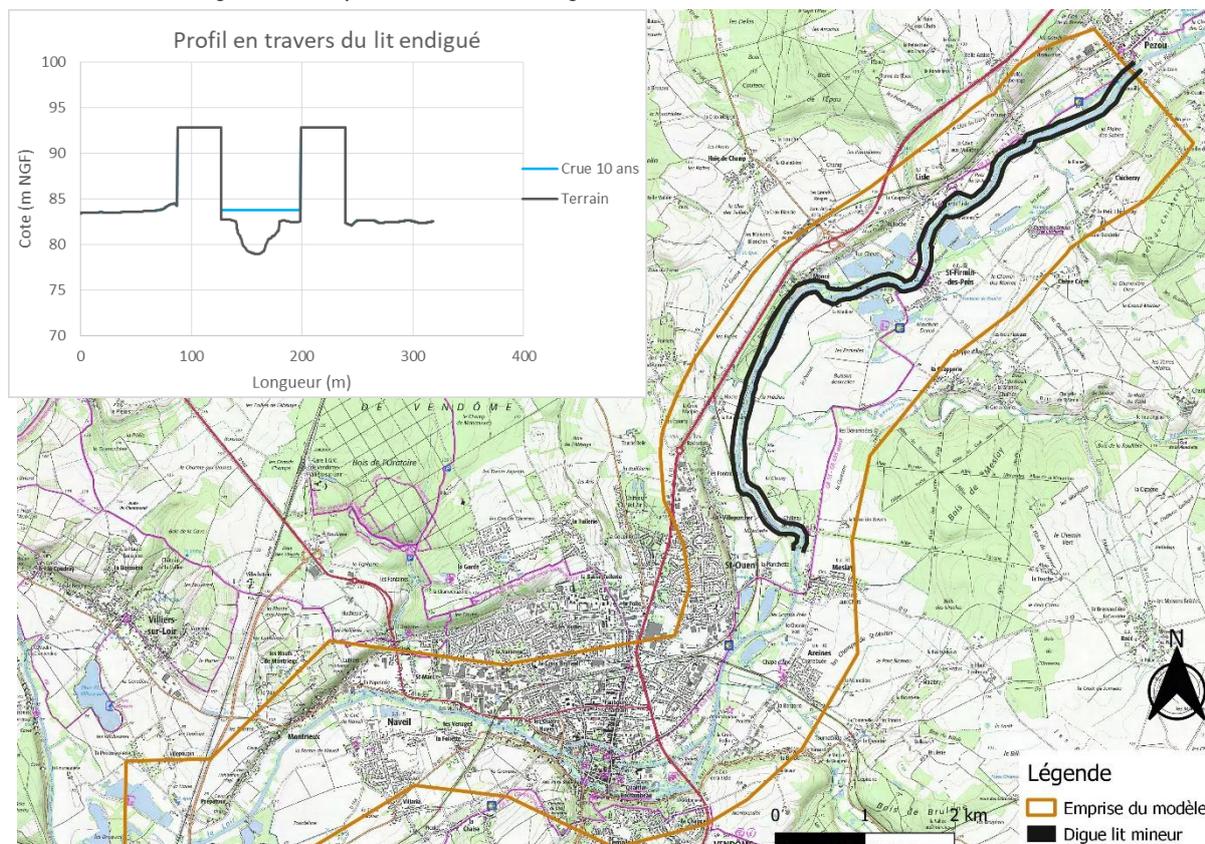
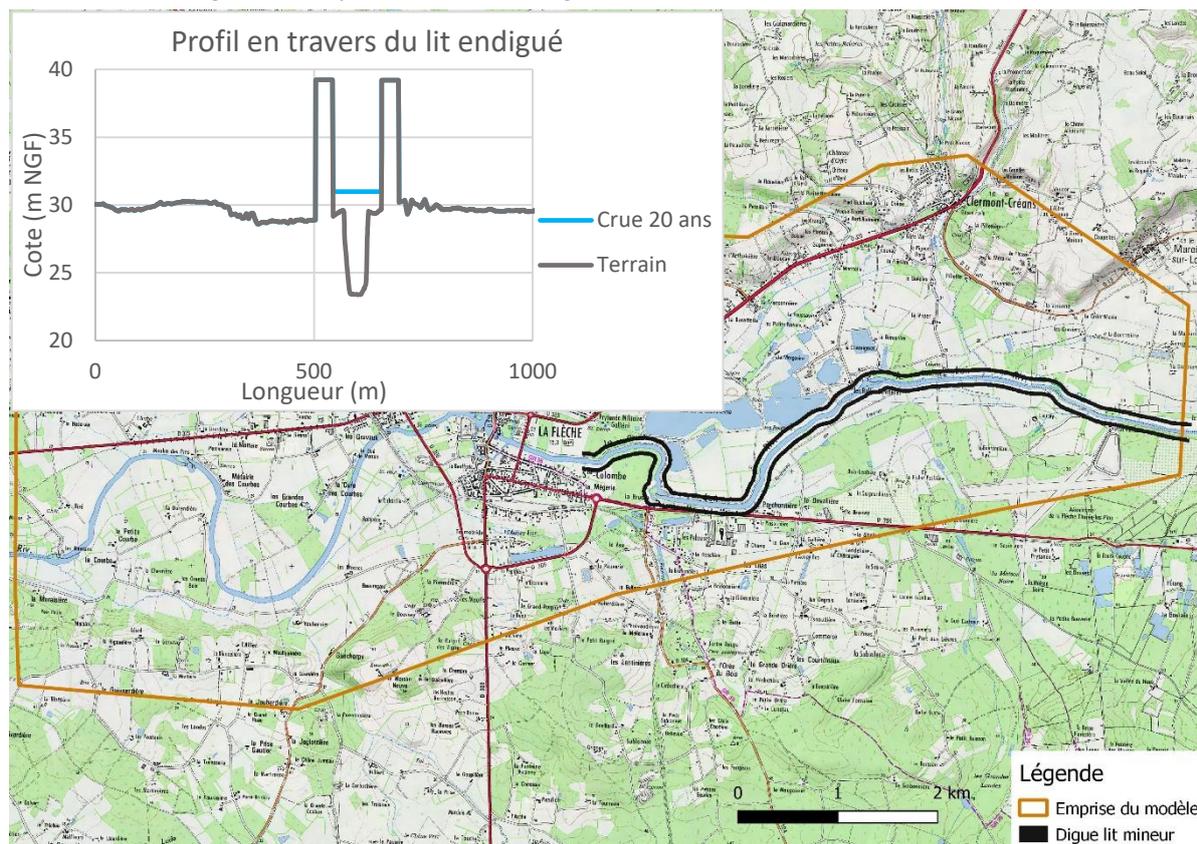




Figure 16 : Représentation de l'endiguement du lit mineur sur la ZEC de la Flèche



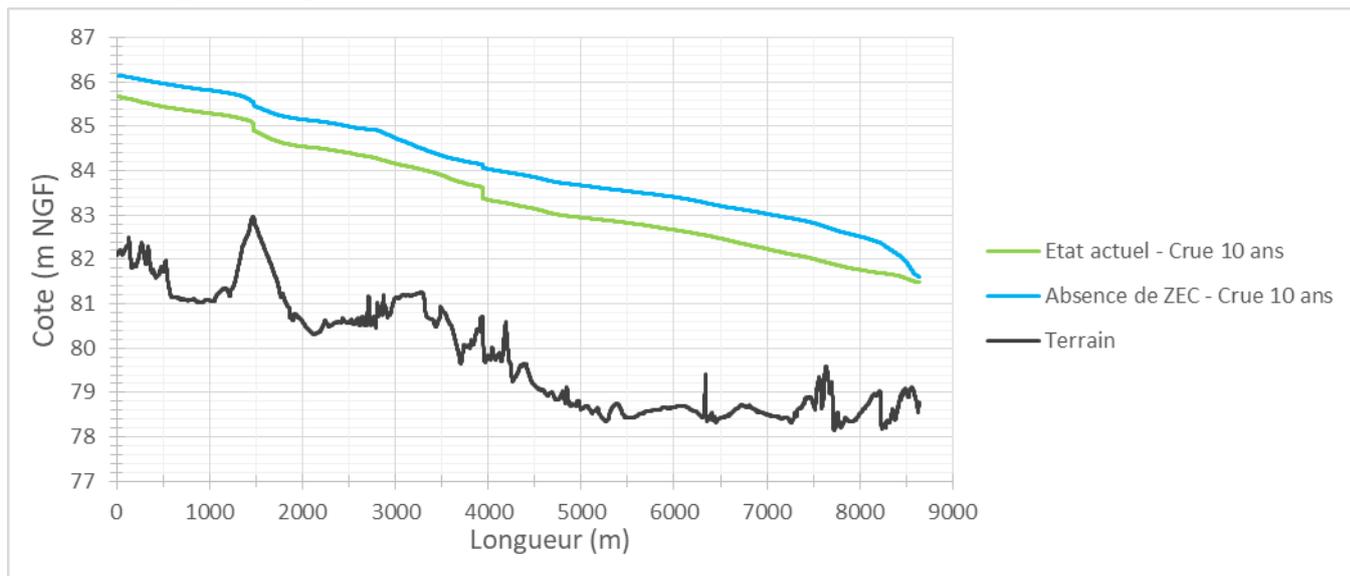
2.3.2 Résultats de la suppression de la ZEC de Vendôme

L'endiguement du lit mineur empêchant tout débordement dans la ZEC entraîne des modifications sur les vitesses d'écoulement, les hauteurs d'eau en lit mineur, sur le débit en sortie de ZEC et sur le temps de propagation de l'onde de crue.

La comparaison des lignes d'eau dans le lit mineur entre l'état actuel et l'état aménagé met en évidence une augmentation du niveau d'eau dans le lit mineur endigué de 0.5 à 1 m ainsi qu'une hausse de la vitesse d'écoulement d'environ 0.5 m/s (vitesse de 1.5 m/s en moyenne dans le lit endigué).

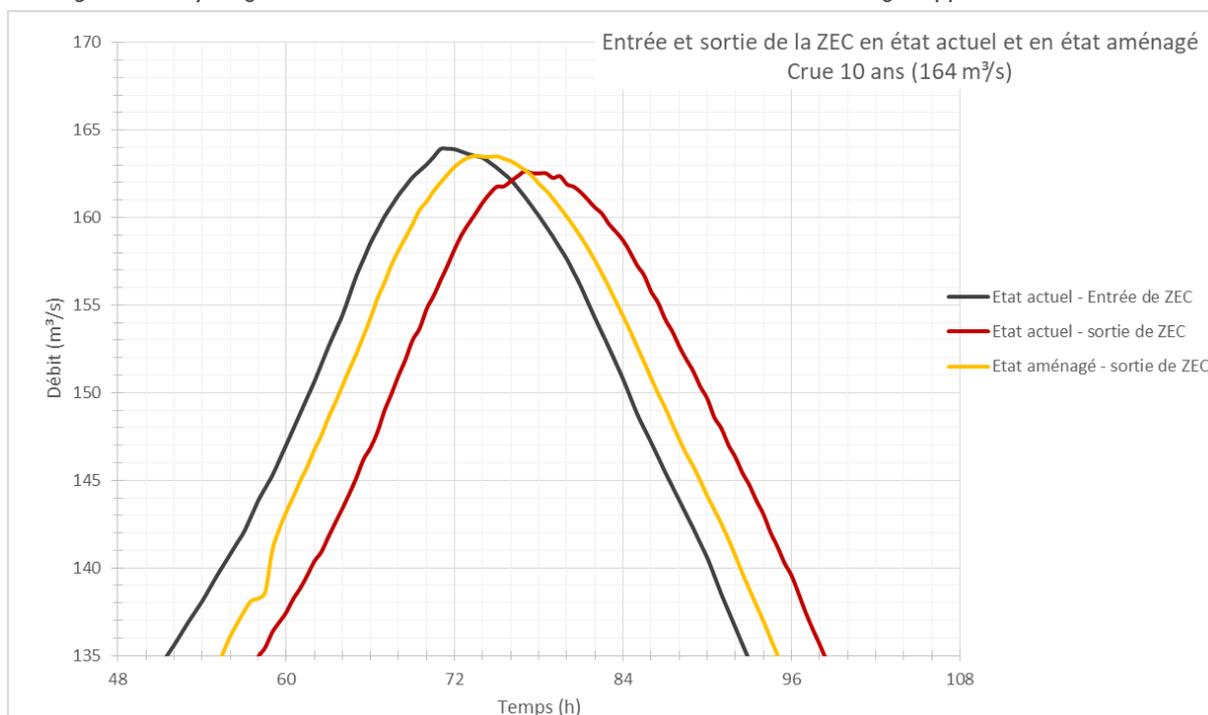


Figure 17 : Lignes d'eau de la crue 10 ans avec ZEC et sans ZEC en amont de Vendôme



A l'aval de la ZEC, à la traversée de la zone urbanisée, l'absence de la ZEC entraîne une augmentation du débit de pointe d'environ $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (cette augmentation n'a toutefois pas d'impact significatif sur les hauteurs d'eau comme l'illustre la carte page suivante) et une diminution du temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC à 2h contre 6h en état actuel, soit une accélération de l'onde de crue.

Figure 18 : Hydrogrammes de la crue 10 ans en en état actuel et en état aménagé suppression de de la ZEC



La suppression de la zone d'expansion de crue a un effet très net sur l'accélération de l'onde, qui se propage plus vite en son absence.

EXPLOITATION DES POTENTIALITÉS EN TERMES DE CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE SUR LE BASSIN VERSANT DU LOIR

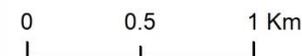
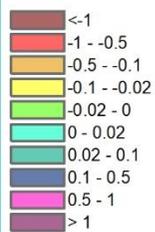
Impact de la suppression de la ZEC sur le niveau d'eau
Débit du Loir de 164 m³/s (10ans)
ZEC 5L Vendôme



Impact de la suppression de la ZEC sur le niveau d'eau

■ Digue lit mineur

Ecart en mètres



Sources : IGN Scan 25
Réalisé le 13/10/2021
Nom du document :
Carte_impact_suppr_ZEC_Vendome

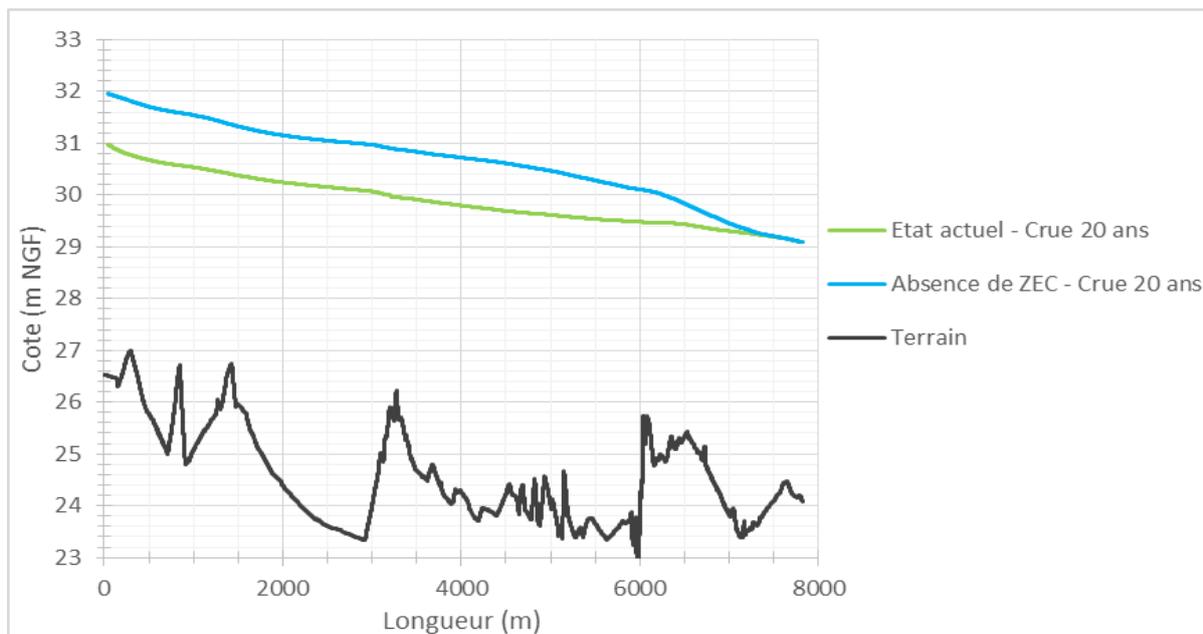


2.3.3 Résultats de la suppression de la ZEC de la Flèche

L'endiguement du lit mineur empêchant tout débordement dans la ZEC entraîne des modifications sur les vitesses d'écoulement, les hauteurs d'eau, le débit en sortie de ZEC et sur le temps de propagation de l'onde de crue.

La comparaison des lignes d'eau dans le lit mineur entre l'état actuel et l'état aménagé met en évidence une augmentation du niveau d'eau dans le lit mineur endigué de 0.5 à 1 m ainsi qu'une hausse des vitesses de l'ordre de 0.3 m/s (vitesse de 2 m/s en moyenne dans le lit endigué).

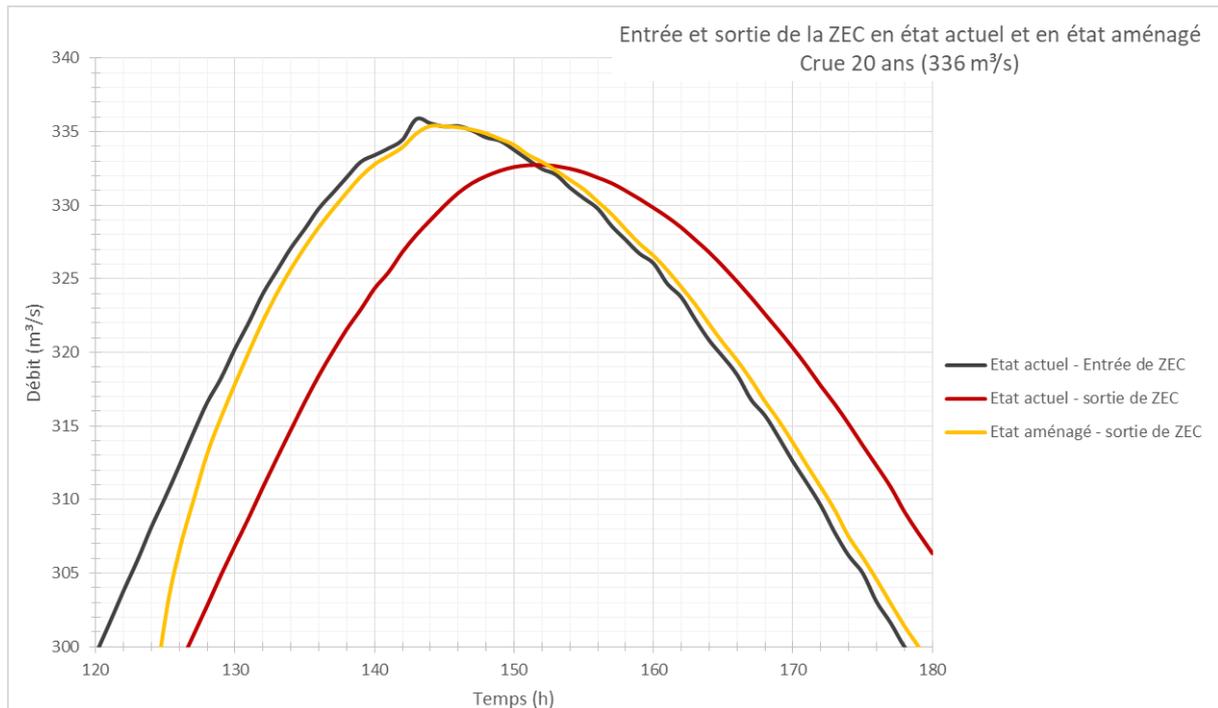
Figure 20 : Lignes d'eau de la crue 20 ans avec ZEC et sans ZEC en amont de la Flèche



A l'aval de la ZEC, à la traversée de la zone urbanisée, l'absence de la ZEC entraîne une augmentation du débit de pointe d'environ $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (cette augmentation n'a toutefois pas d'impact significatif sur les hauteurs d'eau comme l'illustre la carte page suivante) et une diminution du temps de propagation entre l'amont et l'aval de la ZEC à 1h contre 8h en état actuel, soit une accélération de l'onde de crue.



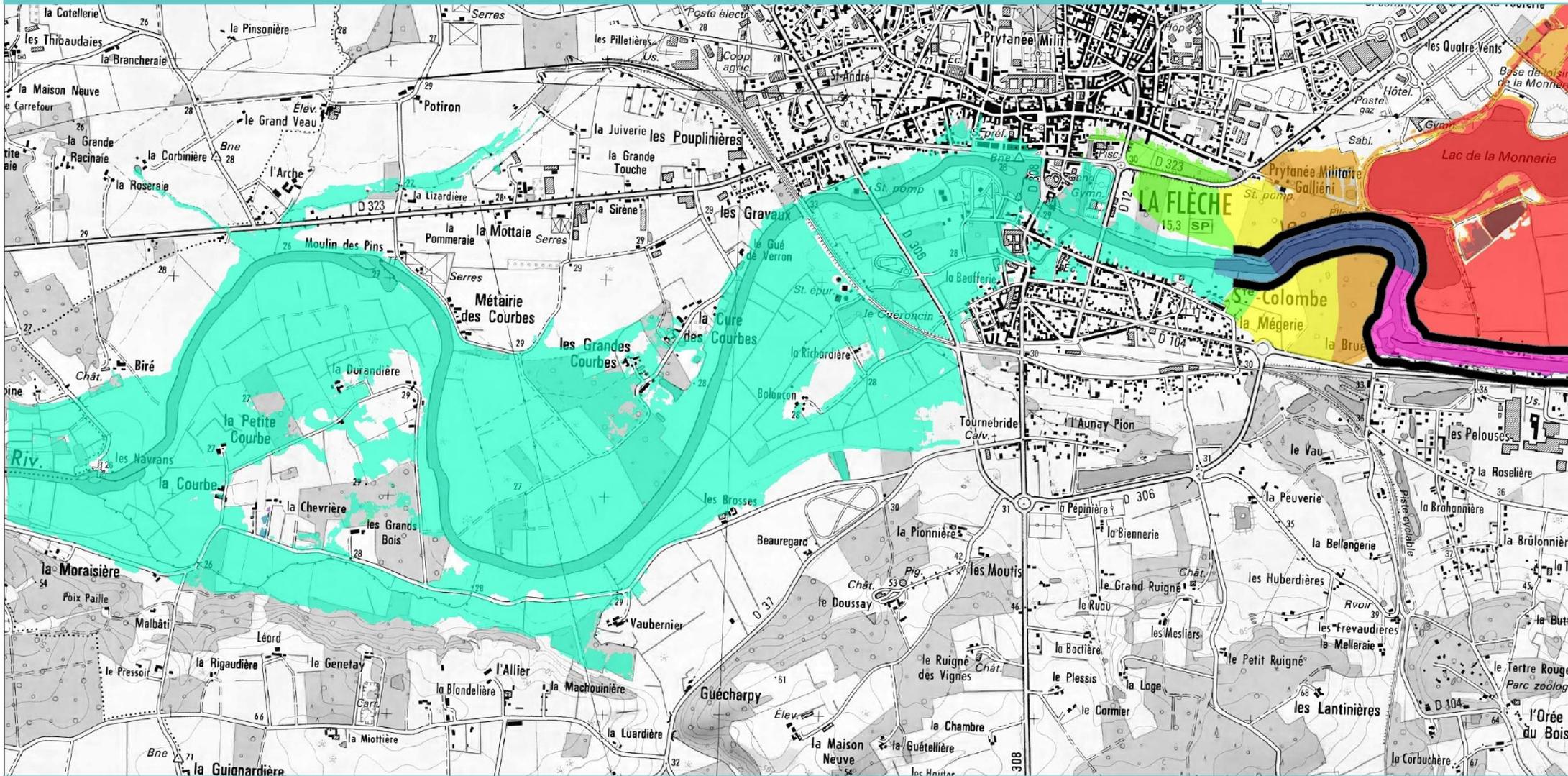
Figure 21 : Hydrogrammes de la crue 20 ans en en état actuel et en état aménagé suppression de de la ZEC



La suppression de la zone d'expansion de crue a un effet très net sur l'accélération de l'onde, qui se propage plus vite en son absence.

EXPLOITATION DES POTENTIALITÉS EN TERMES DE
CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE SUR LE BASSIN VERSANT DU LOIR

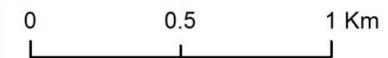
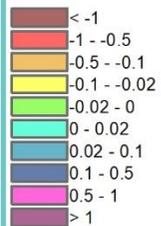
Impact de la suppression de la ZEC sur le niveau d'eau
Débit du Loir de 336 m³/s (20ans)
ZEC 2L La Flèche



Impact de la suppression de la ZEC sur le niveau d'eau

■ Digue lit mineur

Ecarts en mètres





Un premier diagnostic a été établi, duquel il est ressorti :

- La présence d'enjeux habités au sein ou en bordure des ZEC, qui représente une contrainte importante vis-à-vis de l'optimisation des ZEC
- Les volumes disponibles dans la ZEC sont proportionnellement faibles par rapport au volume des crues observées,
- Il n'y a pas d'opportunité de réactivation de casiers hydrauliques déconnectés.

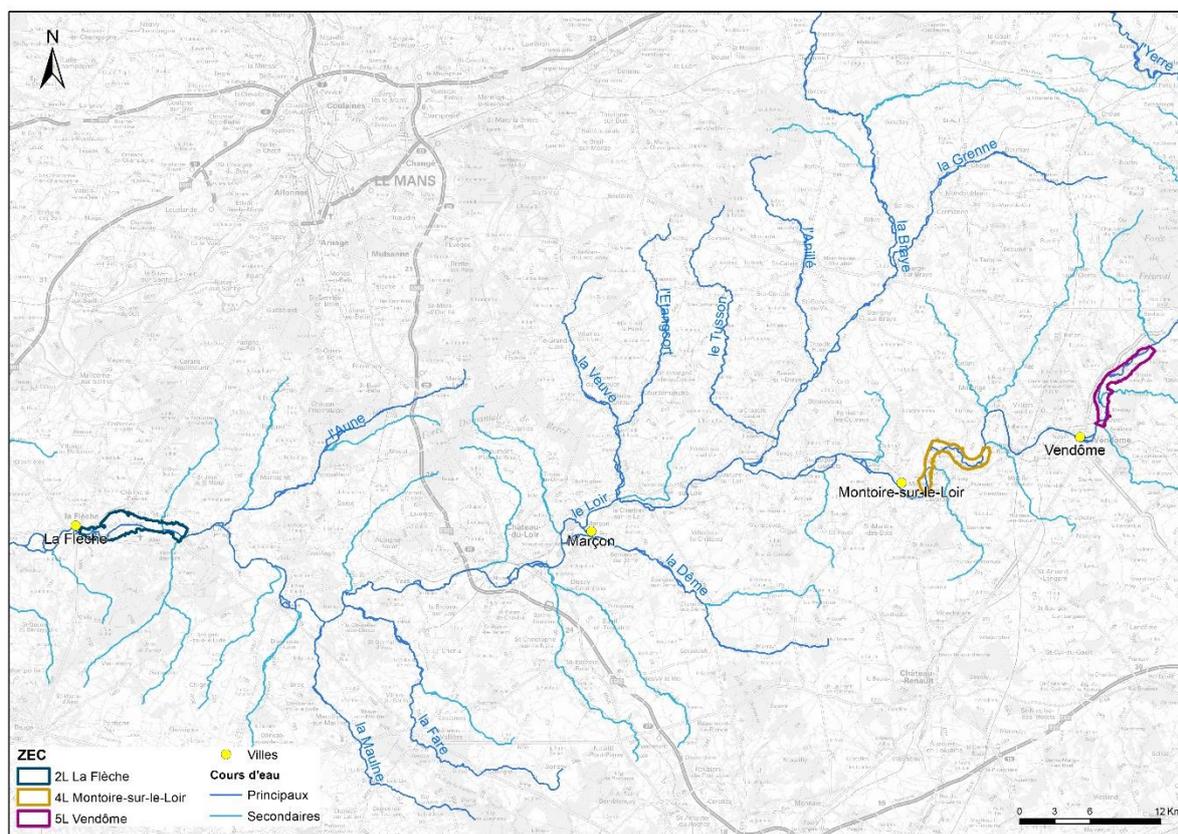
Trois sites potentiellement plus intéressants ont été sélectionnés pour être étudiés en phase 2.

PHASE 2 : ANALYSE DE LA FONCTIONNALITE DES ZEC

Une modélisation hydraulique des écoulements de crue a été mise en œuvre sur les 3 ZEC étudiées :

- ZEC 2L : La Flèche
- ZEC 4L : Montoire-sur-le-Loir
- ZEC 5L : Vendôme.

Figure 24 : Localisation des ZEC retenues en phase 2



Les modélisations des hydrogrammes de crue de différentes occurrences ont abouti à la connaissance détaillée des hauteurs d'eau, des vitesses d'écoulement, et de la dynamique des crues : temps de propagation et amortissement de l'onde de crue entre l'entrée et la sortie de la ZEC.

Sur les 3 sites, l'écrêtement du débit de pointe des hydrogrammes de crues est compris entre 1 et 3 % en fonction des crues et des sites.

Les sites de la Flèche et Vendôme ont été retenus pour l'étude de leur optimisation en phase 3.



PHASE 3 : ÉTUDE APPROFONDIE DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT ET CONCLUSION

Les sites de Vendôme et de la Flèche sont des ZEC actuellement fonctionnelles qui jouent pleinement leur rôle de ralentissement dynamique en amortissant l'onde de crue avant son arrivée sur les zones urbanisées situées en aval.

A travers le scénario théorique de suppression de la ZEC, il a pu être mis en évidence que **la préservation des ZEC est indispensable afin d'éviter d'aggraver les inondations en aval.**

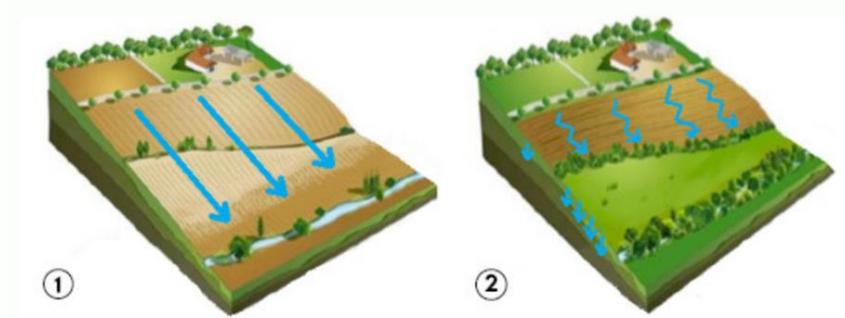
L'étude de différents scénarios d'aménagement (surstockage et implantation de haies) a montré que l'optimisation des deux ZEC n'était pas envisageable, compte tenu des trop faibles bénéfices obtenus au regard des coûts et des contraintes engendrés.

Le rôle des ZEC s'inscrit dans un **fonctionnement global du bassin versant en crue**, où l'**effet d'amortissement cumulé** des ZEC est certainement encore plus important.

Toutes les solutions permettant de ralentir les écoulements à la source vont contribuer à atténuer les crues :

- Pratiques culturales limitant le ruissellement,
- Préservation des zones humides,
- Gestion intégrée des eaux pluviales,
- ...

Pratiques culturales et occupation des sols favorisant le ruissellement (1) et limitant le ruissellement (2)



Par ailleurs, la prévention des inondations passe par d'autres axes qui permettent d'agir sur la vulnérabilité des personnes et des biens exposés aux crues :

- La connaissance et conscience du risque,
- L'alerte et la gestion de crise
- La réduction de la vulnérabilité du bâti : adaptations du bâti existant permettant de limiter les entrées d'eau et la sensibilité des équipements à l'inondation,
- Prise en compte du risque dans l'urbanisation actuelle et future : en dehors des zones d'expansion de crue à préserver, les opérations de renouvellement urbain et les nouveaux aménagements autorisés doivent prévoir des formes urbaines résilientes.



BRL
Ingénierie



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr