



Commission Inondations

de la Commission Locale de l'Eau du SAGE du Loir

Restitution de la phase 3 de l'étude sur les Zones d'Expansion des Crues (ZEC) et leur déclinaison opérationnelle sur le bassin du Loir (présentation par le bureau d'études BRLi)

Fin de l'étude



Exploitation des potentialités en termes d'expansion de crues



Déclinaison opérationnelle sur le territoire du SAGE Loir

Réunion de phase 3 – 18 octobre 2021

- **Etude inscrite dans le SAGE Loir**

(disposition IN.8 : « Mieux connaître et préserver les zones d'expansion des crues »)

- Etude **mutualisée** avec le SAGE Yèvre-Auron et le Contrat territorial Val d'Allier, portés par l'Etablissement public Loire

- **Financements**

- Agence de l'eau Loire-Bretagne : 60%
- POI FEDER Loire : 40%

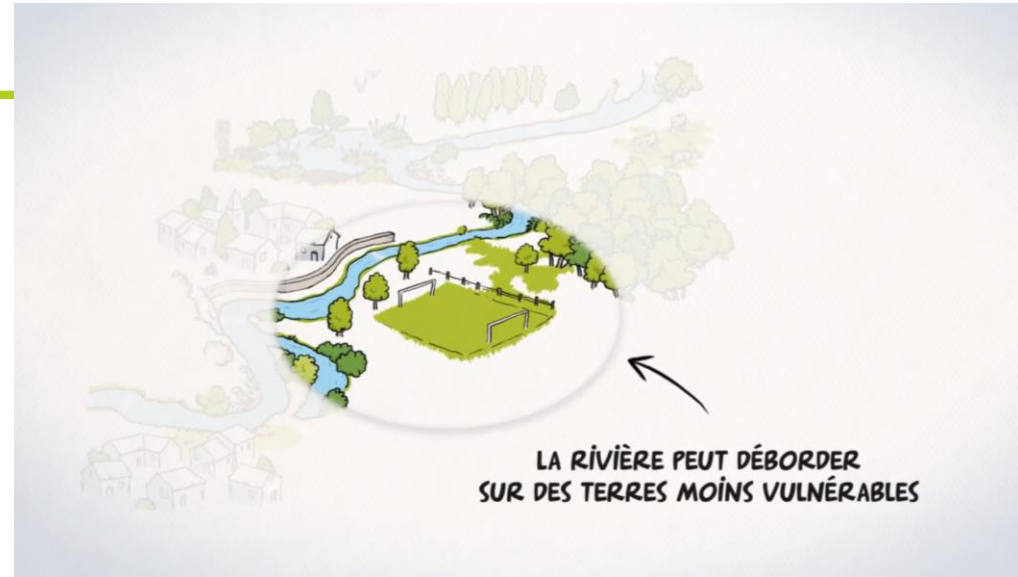
Pas de participation demandée aux collectivités.



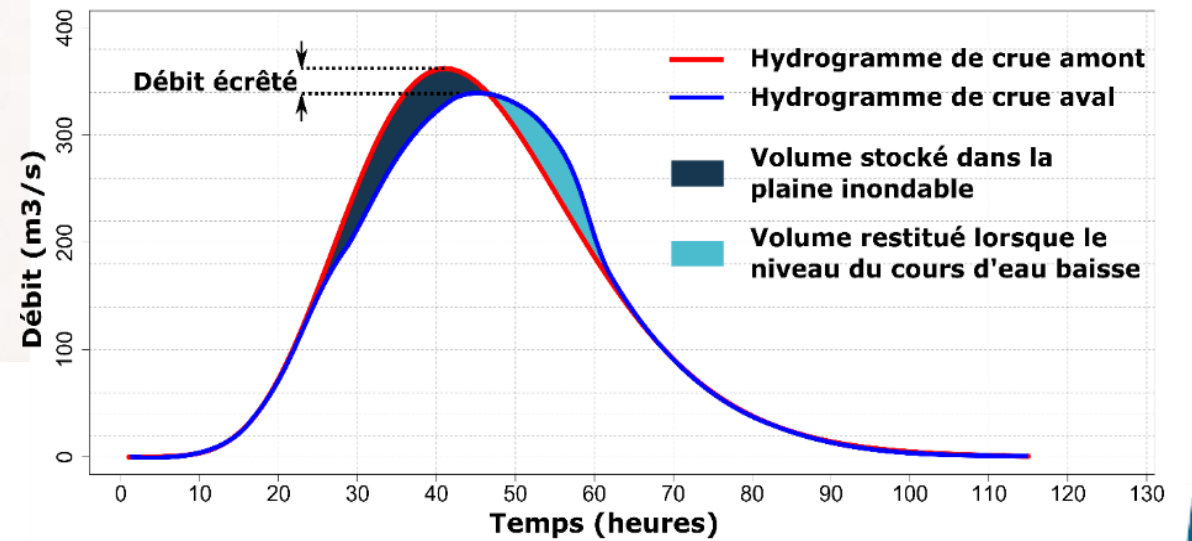
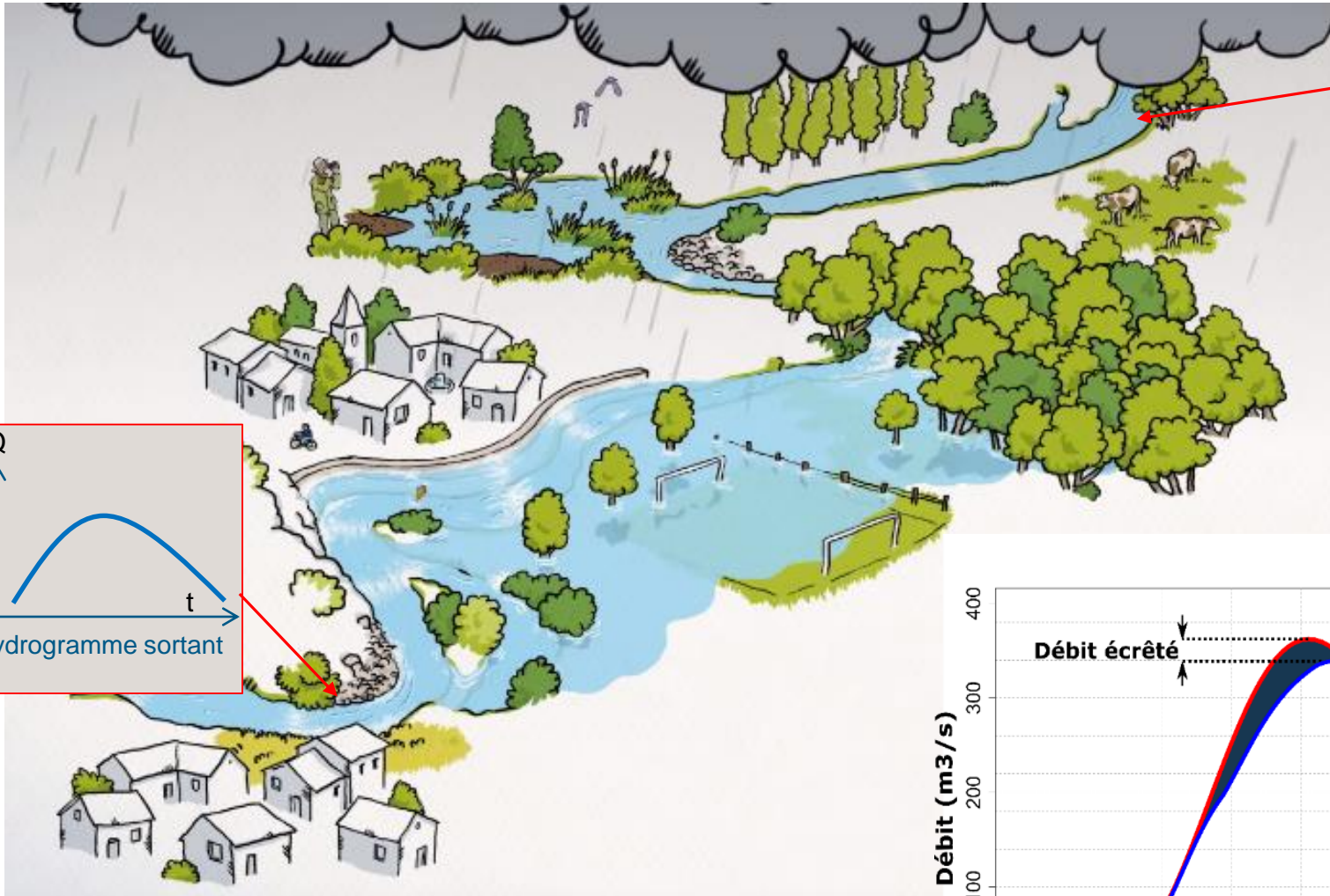
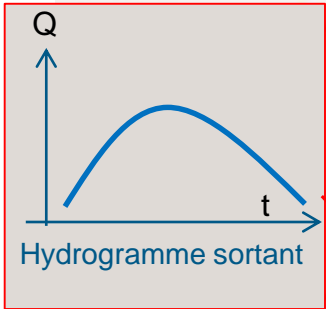
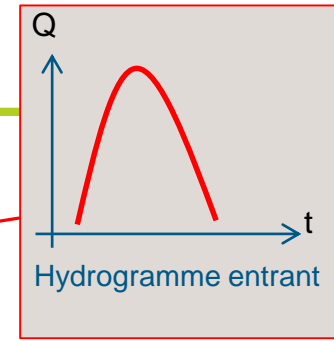
Crédit photo©BRLI

Principe, objectifs et zone d'étude

Principe



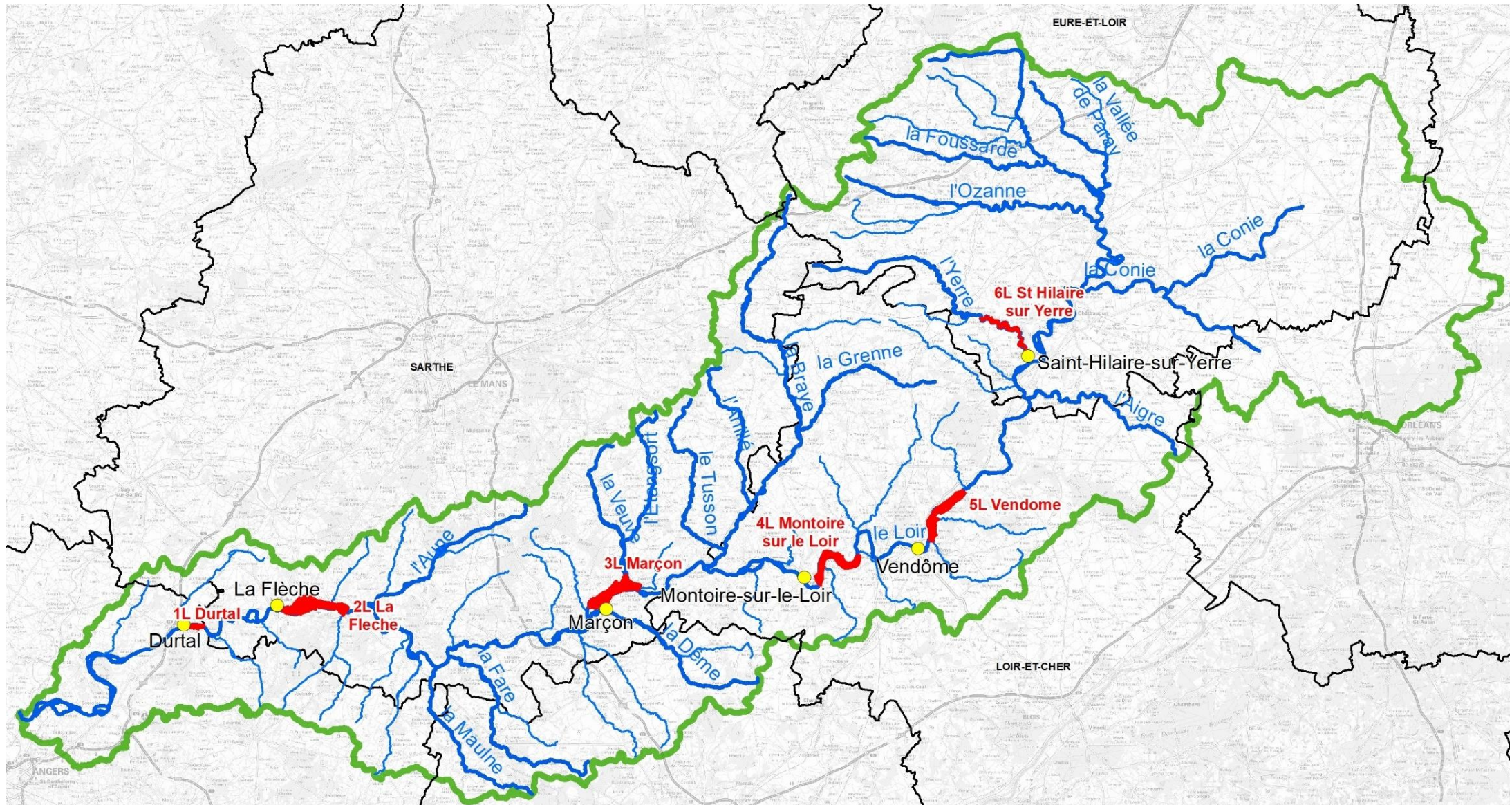
Principe



Objectifs de l'étude

- **Approfondir la connaissance des ZEC**
- **Evaluer leur rôle et leur fonctionnement en état actuel**
- **Définir, pour certaines d'entre elles, des scénarios d'aménagement visant à**
 - **préserver** leur efficacité actuelle,
 - **optimiser** leur efficacité
 - **réactiver** leur potentiel
- **Evaluer les couts et les bénéfices attendus**

Zone d'étude : 6 ZEC en 1^{ère} phase, 3 ZEC en 2^{ème} phase, 2 ZEC en 3^{ème} phase



- ❑ **Phase 1 : Description des zones d'expansion (6 ZEC)**

13 nov. 2019 => Sélection de 3 ZEC pour la phase 2

- ❑ **Phase 2 : Analyse de la fonctionnalité des ZEC (3 ZEC)**

Modélisations hydrauliques

1^{er} avril 2021 => Sélection de 2 ZEC pour la phase 3

- ❑ **Phase 3 : Analyse approfondie des différents scénarios d'aménagement (2 ZEC)**

Analyses cout/bénéfice et analyses multicritères



Crédit: photo@BRLI

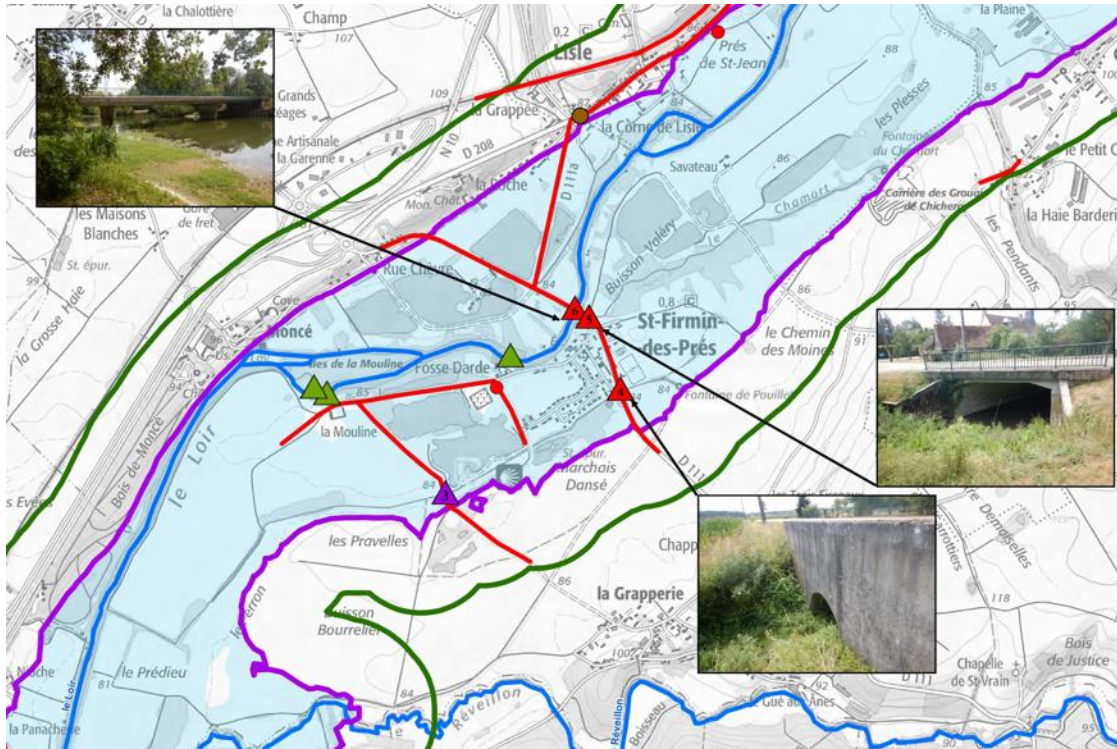
Rappel de la phase 1 de description des ZEC

Phase 1 : description des zones d'expansion de crue

- **Objectif : décrire chaque ZEC en s'appuyant sur la collecte et l'analyse des données**

- Collecte des données
- Visites de terrain, réalisées en juillet 2019

=> Atlas cartographique des éléments structurants vis-à-vis des écoulements



4L Montoire-sur-le-Loir	5	Pont	Principal	Lpiles=1.2m, H=0.6m, Largeur d'environ 52m (orthophoto)	Ouvertures rectangulaires, 2 piles
4L Montoire-sur-le-Loir	6	Pont	Principal	Lpile = 1.5m, H=1.1m (cote route - cote sous poutre), Largeur d'environ 7m (orthophoto)	2 arches, 1 pile
4L Montoire-sur-le-Loir	7	Seuil	Secondaire	Largeur d'environ 90m (orthophoto)	
4L Montoire-sur-le-Loir	8	Pont	Secondaire	Lpiles = 40cm, L=1.7m, H=0.8m	3 petites arches, 2 piles
5L Vendôme	1	Pont	Principal	Lpile=2.5m, Louverture=4m	Pont sous voie ferrée, 3 arches, 2 piles
5L Vendôme	2	Pont	Principal	H=1m, Largeur 28m (MNT)	Ouverture rectangulaire, pas de piles
5L Vendôme	3	Pont	Secondaire	Largeur 5m (orthophoto)	
5L Vendôme	4	Pont	Principal	L=1.5m, Hauteur ouverture=1.3m	Ouverture au niveau d'un remblai routier
5L Vendôme	5	Pont	Principal	L=7m, H=80cm	
5L Vendôme	6	Pont	Principal	Lpile=40cm, H=1.2m, Largeur 44m (MNT)	

Phase 1 : description des zones d'expansion de crue

- Analyse des enjeux exposés à l'aléa dans les ZEC et en aval à la traversée des zones urbanisées
- Atlas cartographique des enjeux



ADMINISTRATIF

COURS D'EAU	CODE ZEC BRLI	REGION	DEPARTEMENT	COMMUNES	EPCI
Loir	2L La Flèche	Pays de la Loire	SARTHE (72)	La Flèche, Clermont-Créans, Mareil-sur-Loir, Thorée-les-Pins, Luché-Pringé	CC du Pays Fléchois et CC Sud Sarthe

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

- Surface : 1035,5 ha
- Volume potentiel de stockage : 17,3 million m³
- Soit 9% du volume de la crue de Janvier 2004

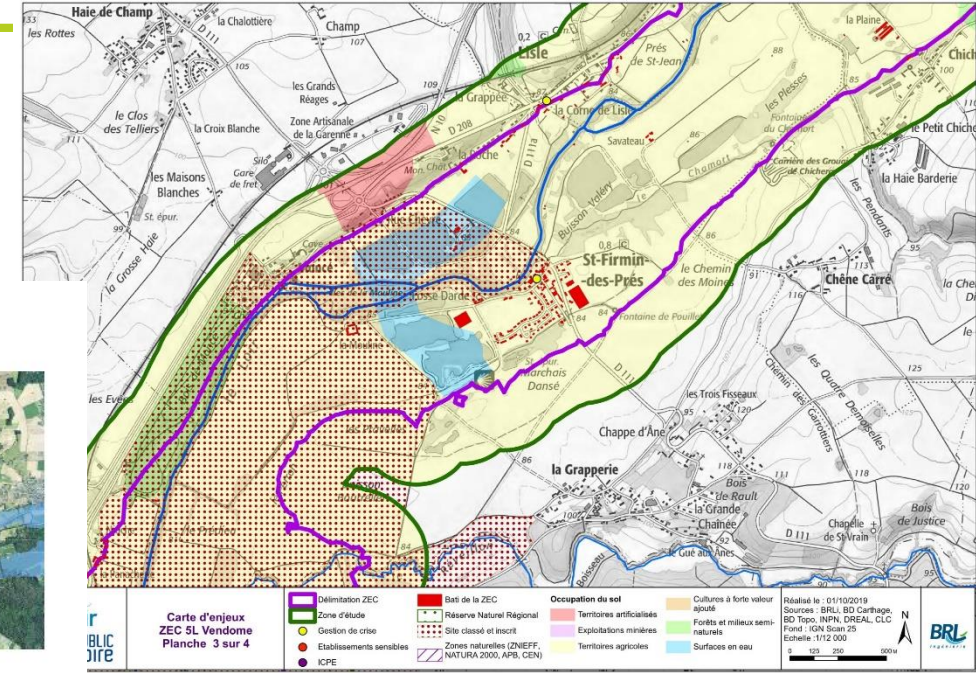
ENJEUX

Enjeux dans la ZEC :

- 673 habitants
- 1 espace public, 1 musée et 1 office de tourisme

Enjeux à l'aval :

- commune de la Flèche : 1670 habitants, gendarmerie, mairie, 1 camping, 5 écoles, 2 ICPE.

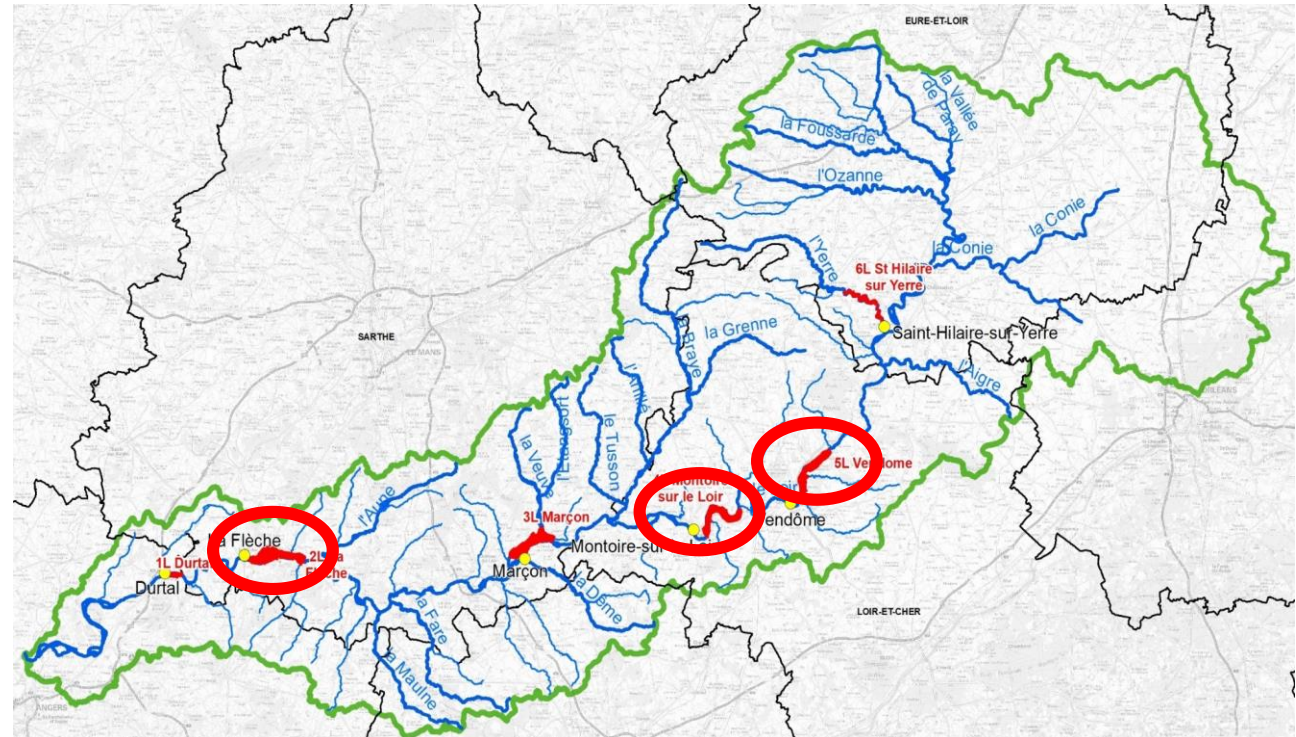


Phase 1 : description des zones d'expansion de crue

- Synthèse de la phase 1 :
 - **Enjeux habités au sein des ZEC** : contrainte importante vis-à-vis de l'optimisation des ZEC par surstockage (délocalisation ? protection rapprochée ?)
 - Crues observées : exemple de la crue de Janvier 2004 : **faible volume dans la ZEC par rapport au volume de la crue**
 - **Pas d'opportunité de réactivation de casiers hydrauliques déconnectés**

Sites retenus pour la phase 2

- ZEC amont Vendôme
- ZEC amont Montoire-sur-le-Loir
- ZEC amont de La Flèche





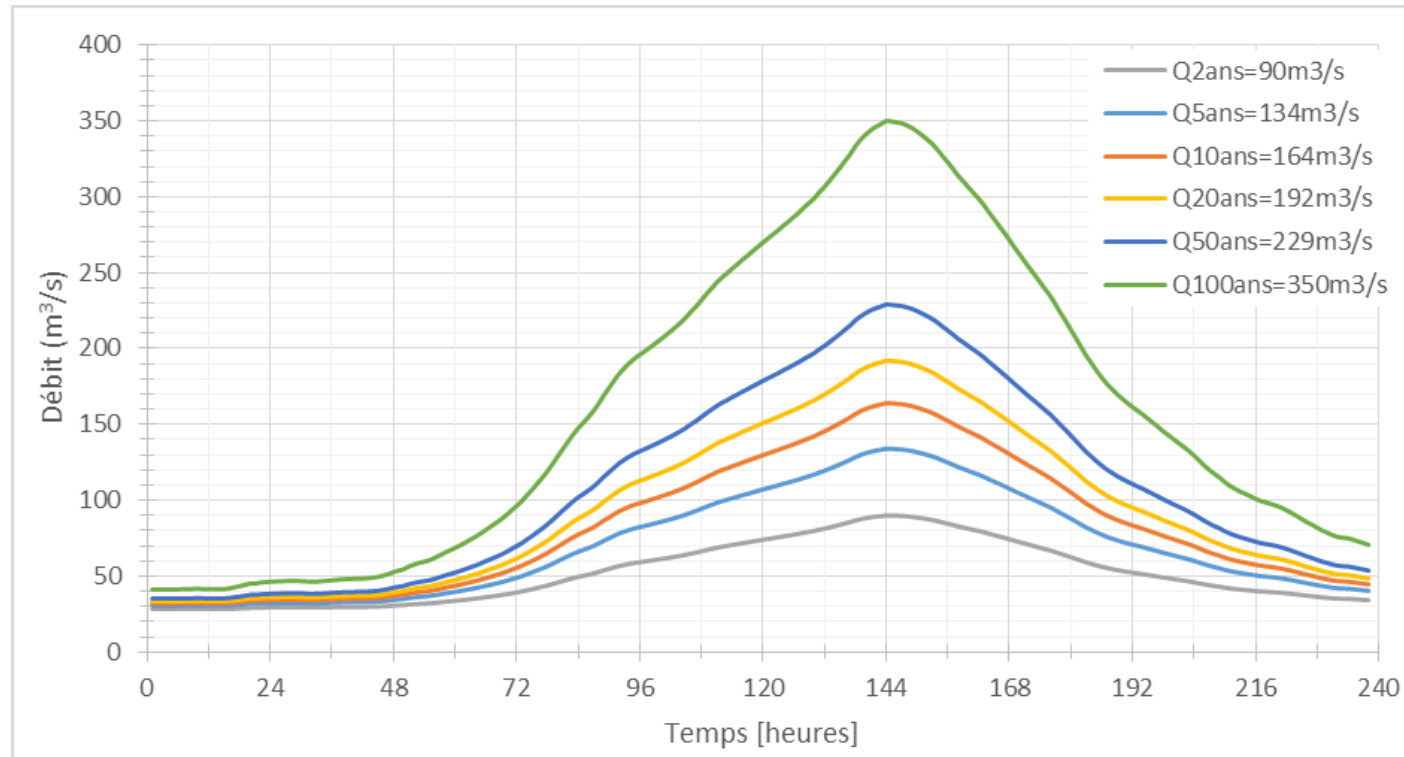
Rappels sur le fonctionnement des ZEC (phase 2)

Phase 2 : Analyse de la fonctionnalité des ZEC

- **Objectif : caractériser les ZEC en termes d'efficacité dans l'écrêtement des crues, à l'aide notamment de modélisations hydrauliques**
 - Quel écrêtement de crue les ZEC apportent-elles actuellement ?
 - Quelle solution envisager pour les optimiser et quel bénéfice estimé si les ZECs étaient optimisées (par végétalisation ou par surstockage) ?

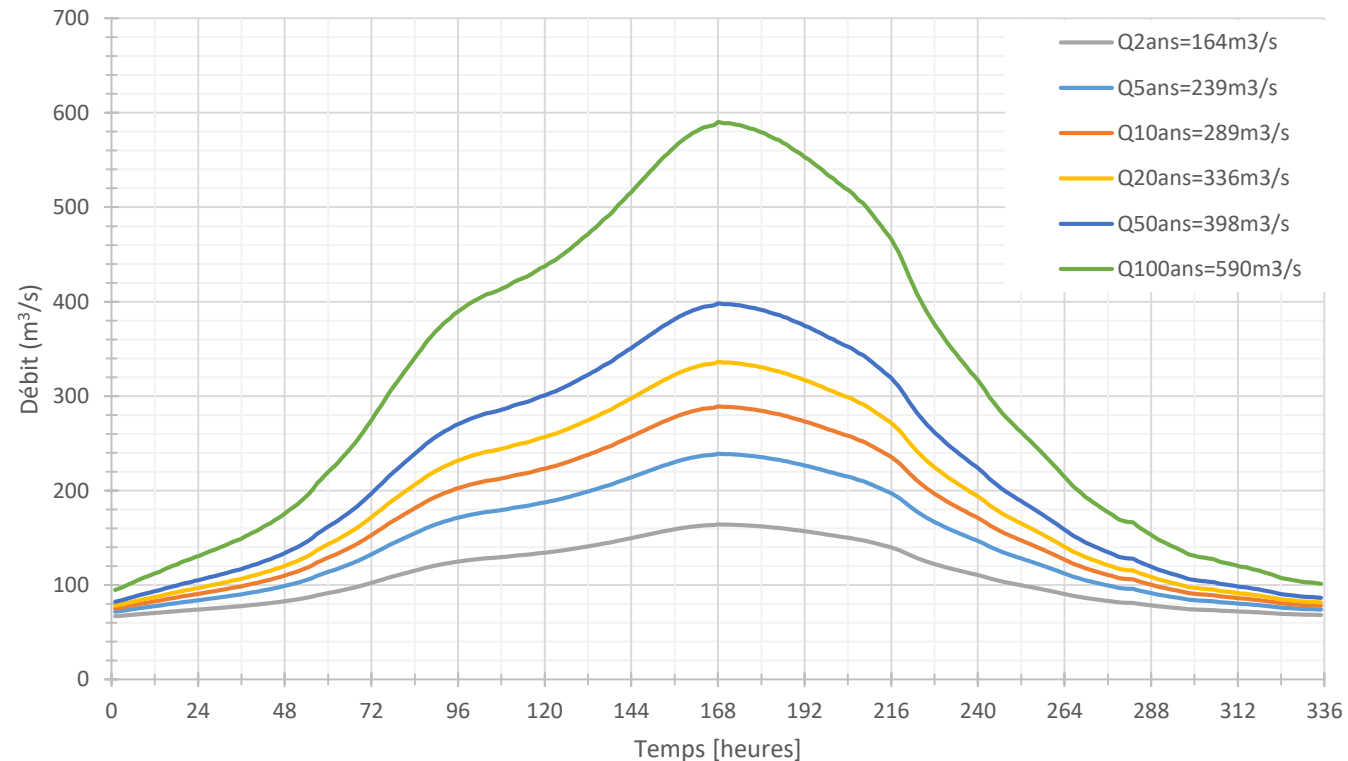
Hydrogrammes de crue

- **Analyse des hydrogrammes de crue mesurés**
 - à Villavard (pour les ZEC de Vendôme) : moyennisation de 19 crues entre 1967 et 2020

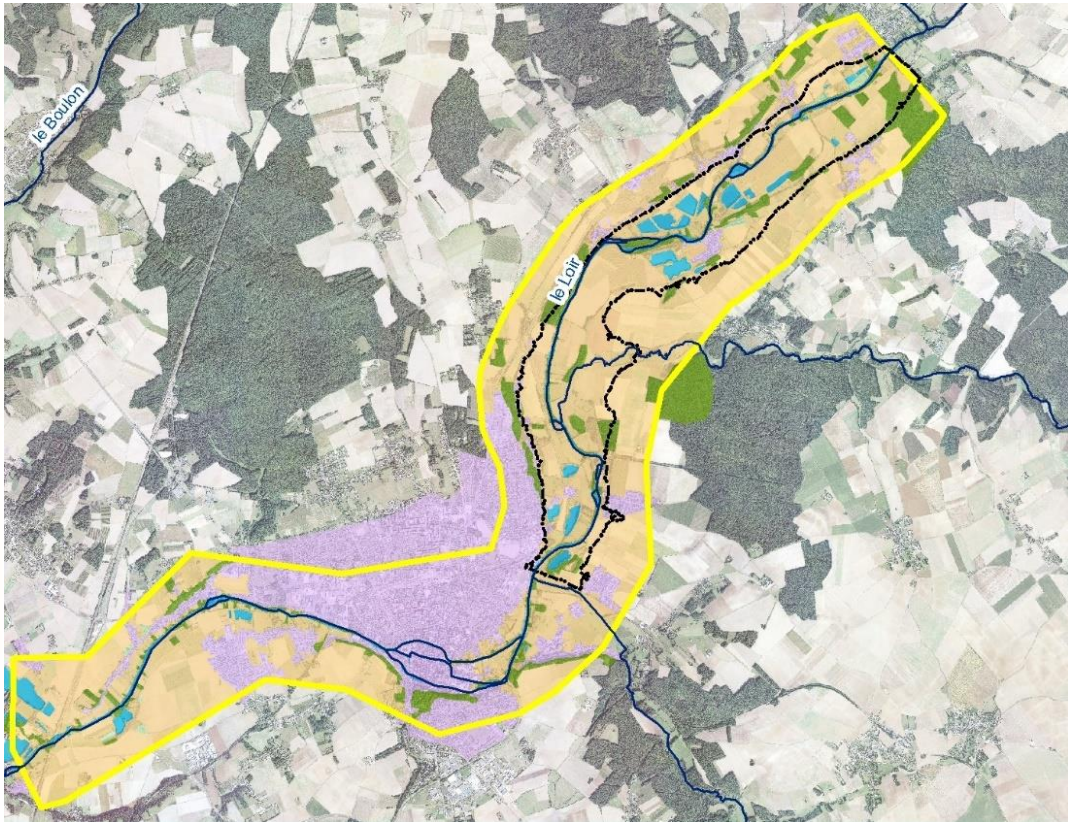
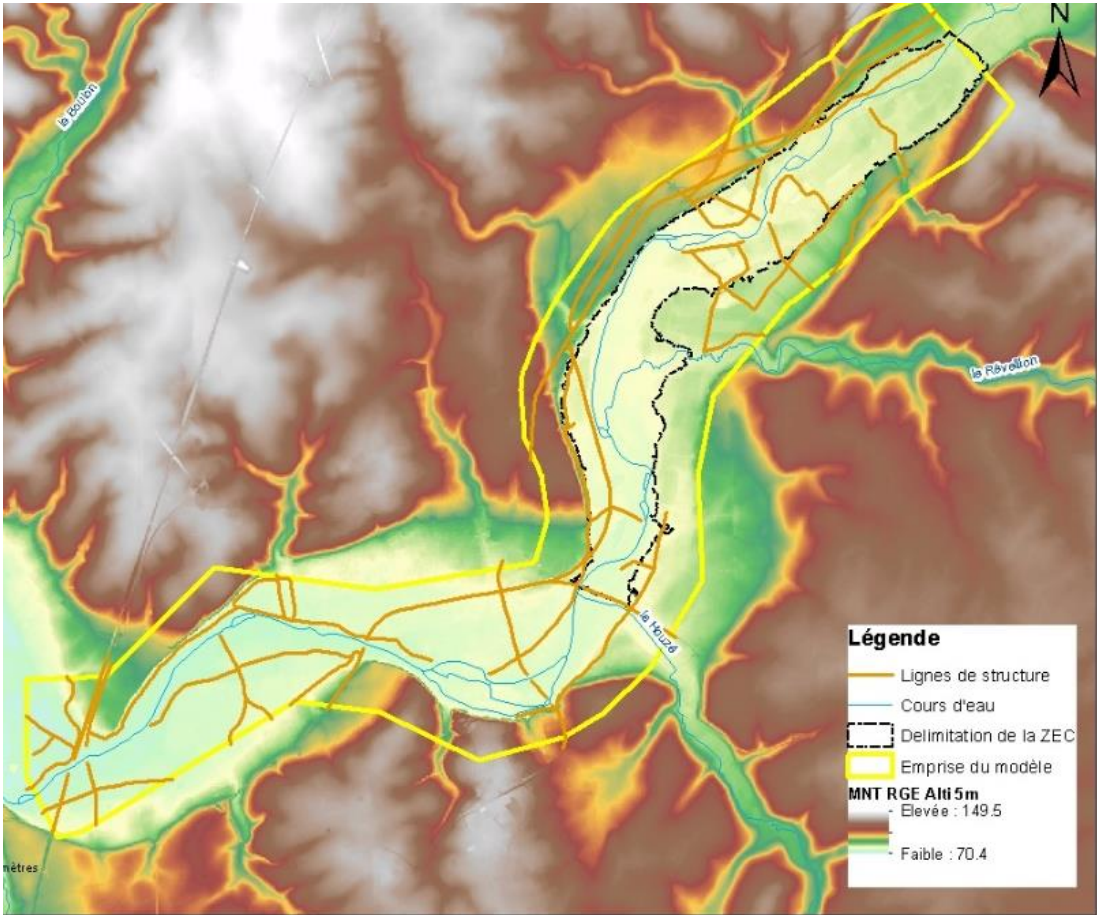


Hydrogrammes de crue

- **Analyse des hydrogrammes de crue mesurés**
 - à Durtal (pour la ZEC de La Flèche) : moyennisation de 13 crues entre 1993 et 2020



Modèles hydrauliques : Vendôme

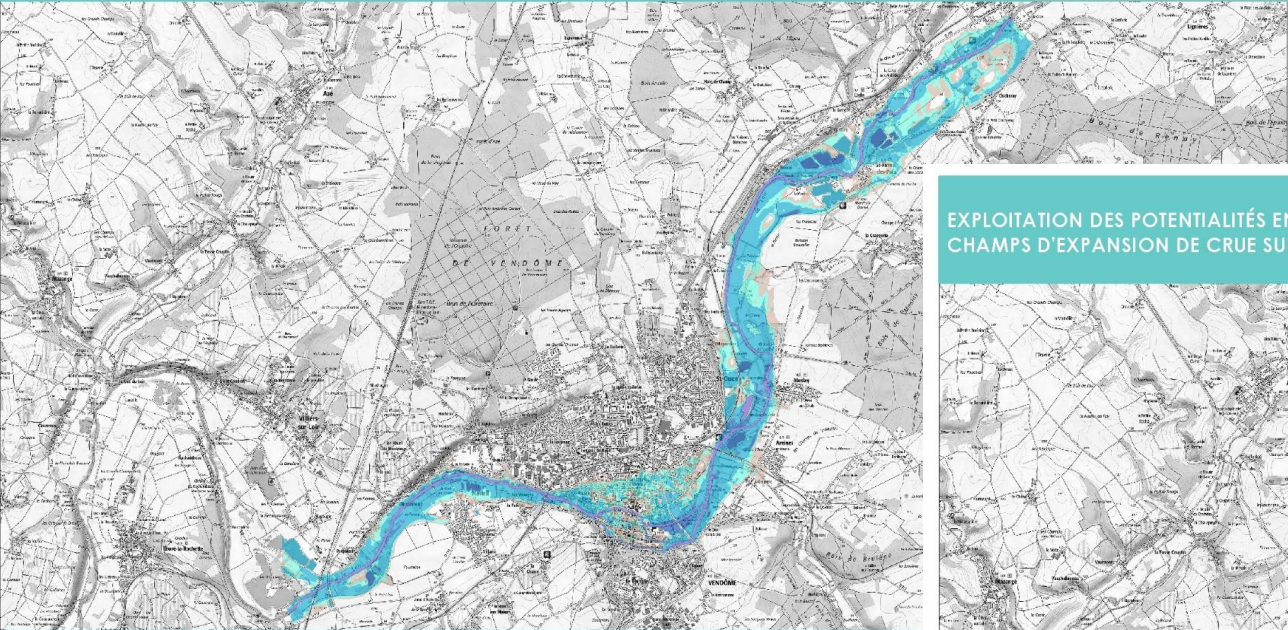


- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| Cours d'eau | Zonage Strickler |
| Delimitation de la ZEC | Lit mineur ou plan d'eau |
| Emprise du modèle | Zone de végétation dense |
| | Zone agricole |
| | Zone de végétation moins dense |
| | Zone urbaine |

Modèles hydrauliques : Vendôme

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

Hauteurs d'eau
Débit du Loir de 350 m³/s
ZEC 5L Vendôme


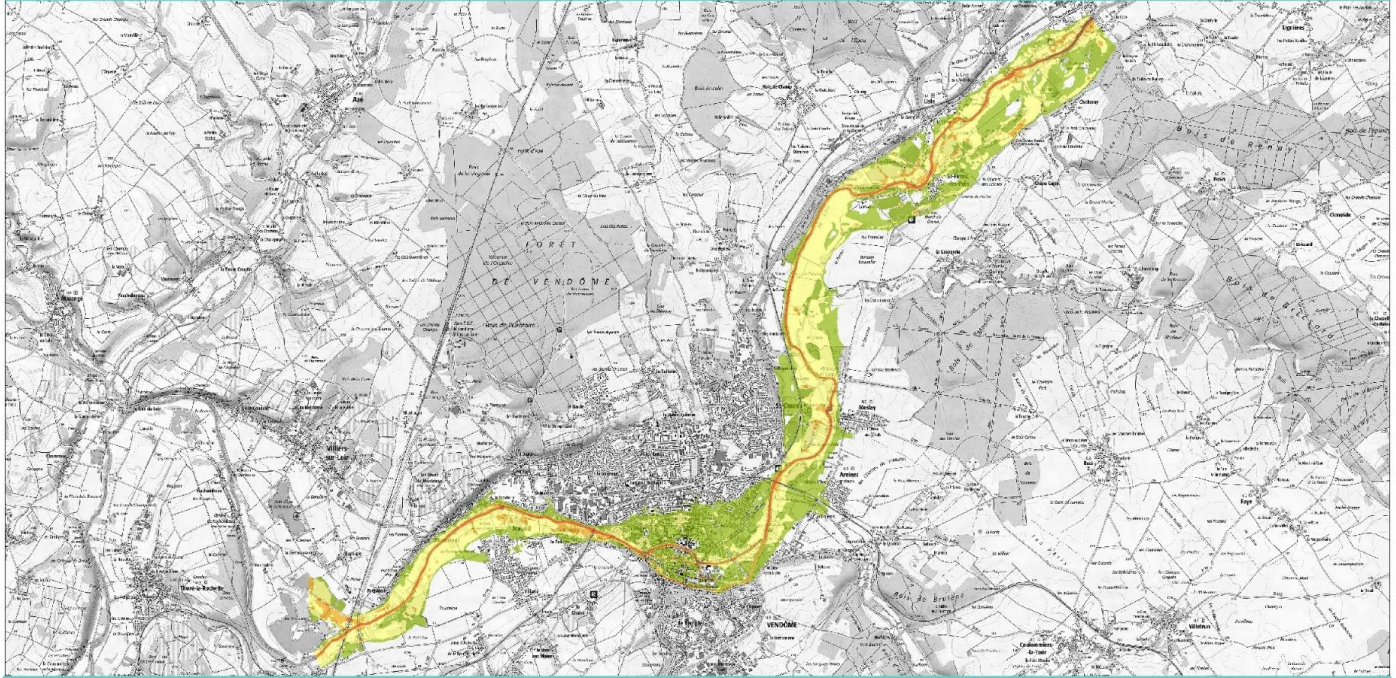



Hauteurs d'eau (m)

0 < H < 0.5
0.5 < H < 1
1 < H < 2
2 < H < 3
H > 3

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

Vitesses
Débit du Loir de 350 m³/s
ZEC 5L Vendôme

Vitesses (m/s)

0 < V < 0.25
0.25 < V < 0.5
0.5 < V < 1
1 < V < 2
V > 2

0 1.5 3 Km

N

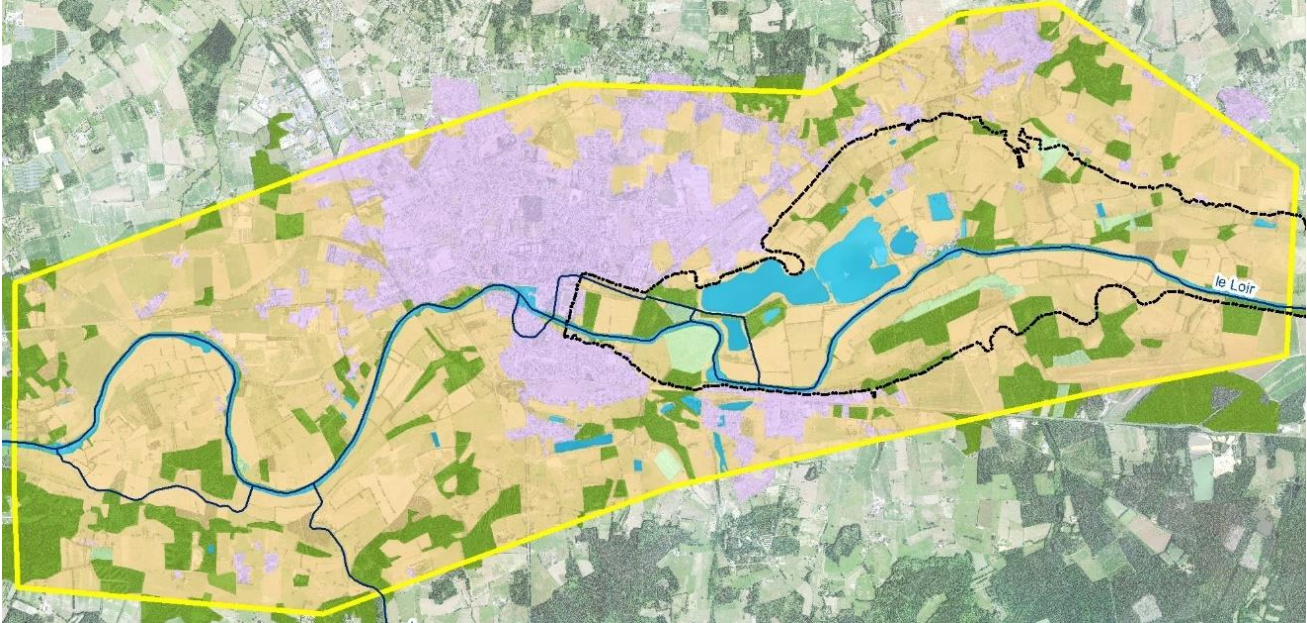


BRL
Ingénierie

Sources : IGN Scan 25
Réalisé le 03/02/2021
Nom du document :
Cartes_H_V_ZEC_Vendome_Loir



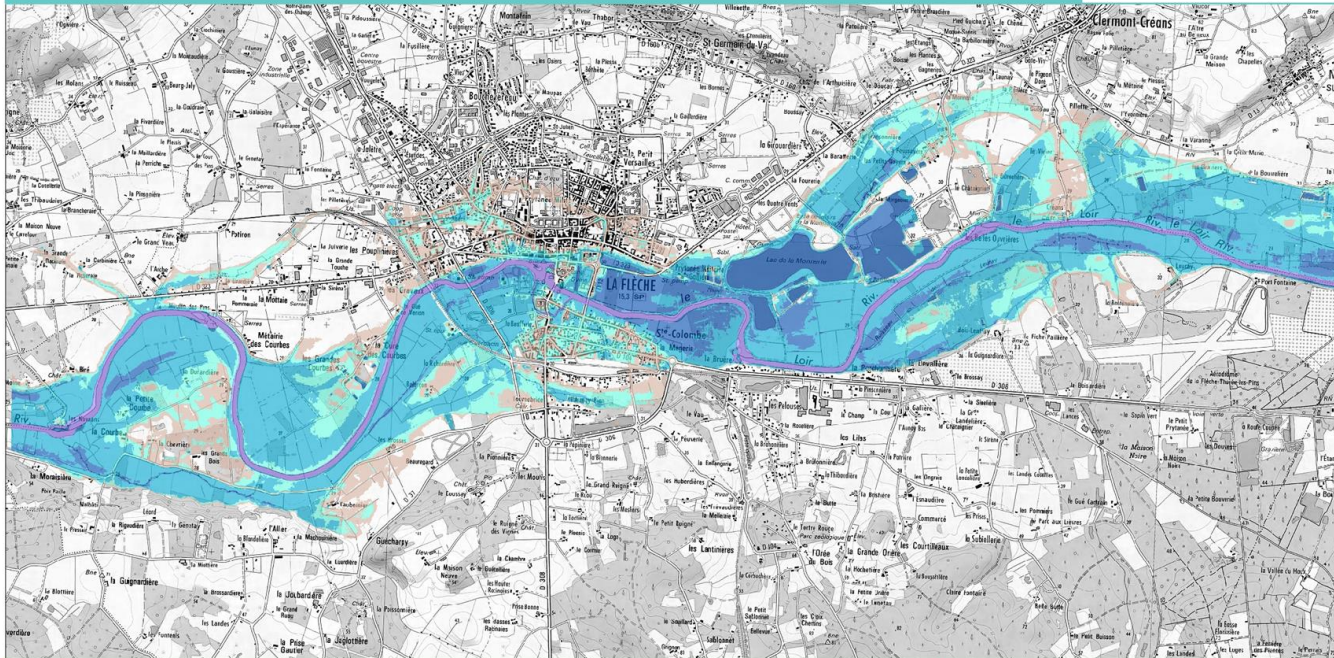
Modèles hydrauliques : La Flèche



Modèles hydrauliques : La Flèche

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

Hauteurs d'eau
Débit du Loir de 590 m³/s
ZEC 2L La Flèche



Hauteurs d'eau (m)

- 0 < H < 0.5
- 0.5 < H < 1
- 1 < H < 2
- 2 < H < 3
- H > 3

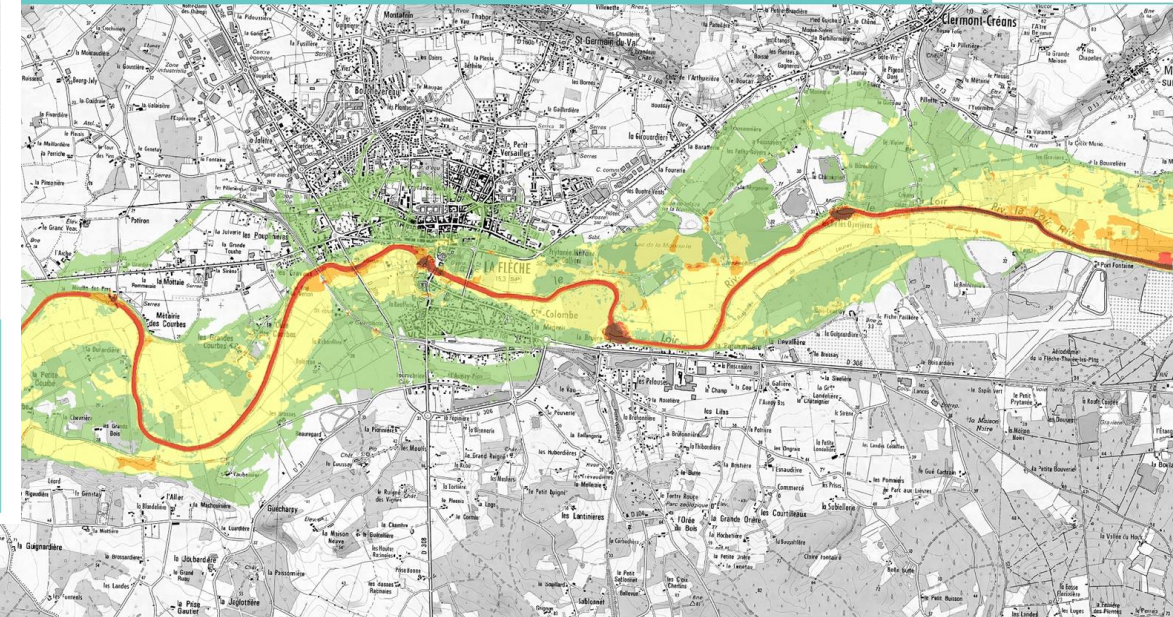
0 1 2 Km



Sources : IGN Scan 25
Réalisé le 15/02/2021
Nom du document :
Cartes_H_V_ZEC_LaFlèche_Loir

ON DES POTENTIALITÉS EN TERMES DE EXPANSION DE CRUE SUR LE BASSIN VERSANT DU LOIR

Vitesses
Débit du Loir de 590 m³/s
ZEC 2L La Flèche



Vitesses (m/s)

- 0 < V < 0.25
- 0.25 < V < 0.5
- 0.5 < V < 1
- 1 < V < 2
- V > 2

0 1 2 Km



Sources : IGN Scan 25
Réalisé le 15/02/2021
Nom du document :
Cartes_H_V_ZEC_LaFlèche_Loir

Synthèse de la phase 2

- **Fonctionnement actuel** : écrêtement du débit de pointe entre la sortie et l'entrée des ZEC : quelques m^3/s (1 à 3% selon les crues et les sites)

Synthèse de la phase 2

- **Premières estimations concernant l'optimisation des ZEC**
 - **Par végétalisation** : ralentissement accentué par la présence de la végétation qui freine les écoulements
 - Scénario théorique test : modélisation d'un couvert végétal dense sur toute ZEC
=> l'écrêtement est légèrement amélioré
 - ⇒ **Les temps de propagation amont-aval sont augmentés** d'environ 2 heures (sur une dizaine d'heures en état actuel) = **gain de temps pour la gestion de crise**

Synthèse de la phase 2

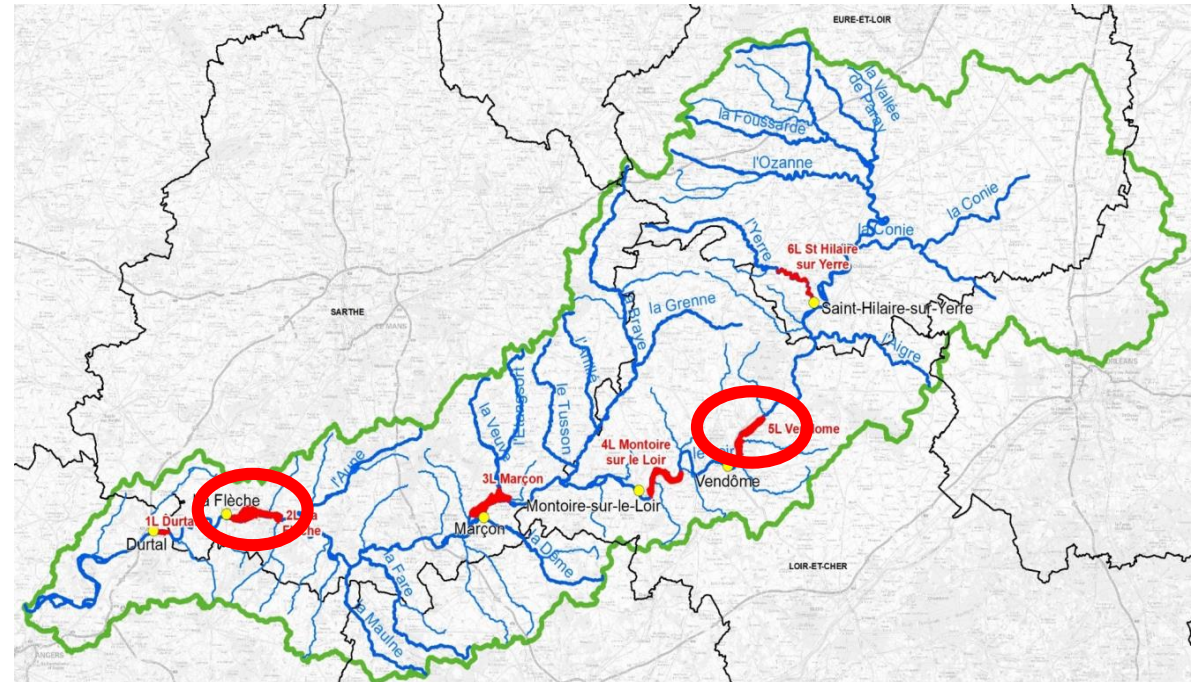
- Premières estimations concernant l'optimisation des ZEC

- **Par surstockage** : volumes très importants à stocker.
 - l'étude préalable Antéa avait montré que le surélévement de 50 cm de la ZEC permettait d'éviter des dizaines de millions d'€ de dommages sur La Flèche par exemple
 - c'était une première approche qui ne prenait pas en compte la dynamique de la crue
- => phase 3 doit confirmer ou non l'analyse cout-bénéfice

Sites retenus par la commission pour la phase 3

ZEC amont Vendôme

ZEC amont de La Flèche



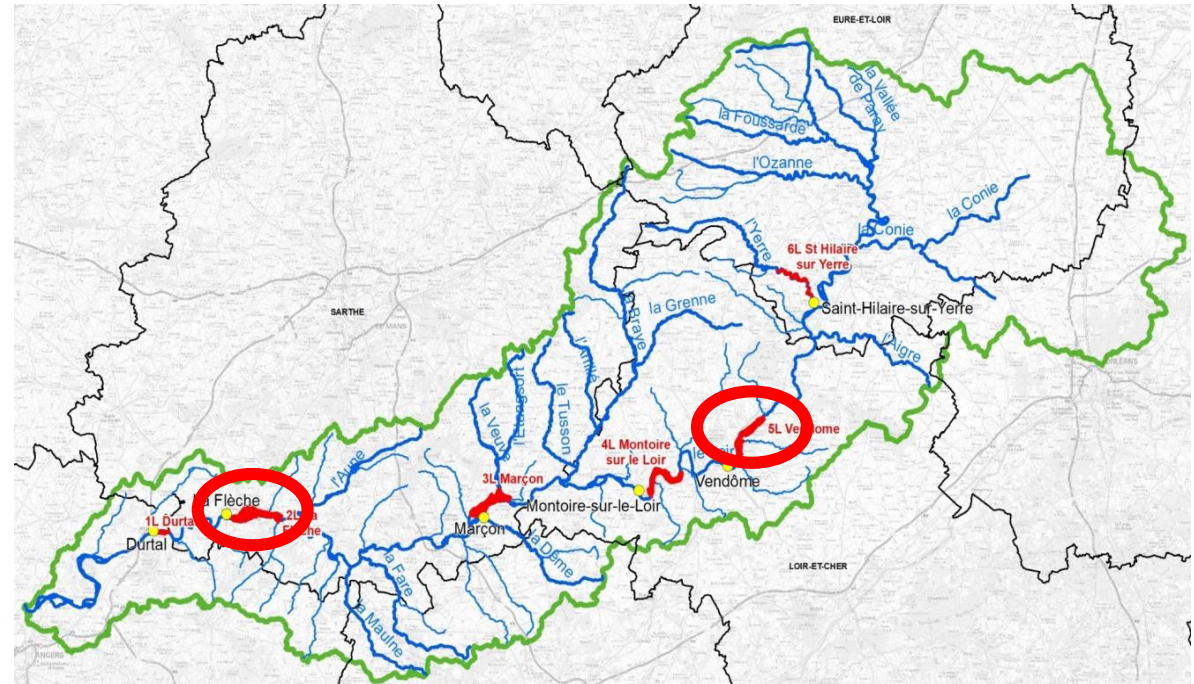
Synthèse de la phase 2

=> La phase 3 (analyse approfondie) doit confirmer ou non l'analyse cout-bénéfice

Sites retenus par la commission pour la phase 3

ZEC amont Vendôme

ZEC amont de La Flèche





Phase 3 : Etude de scénarios d'aménagement

Phase 3 : Analyse approfondie des scénarios d'aménagement

- **Objectif : étudier dans le détail des scénarios d'aménagement pour les ZEC choisies**
 - Ces aménagements auraient-ils un effet ?
 - Quel serait cet effet, sur le ralentissement de la crue, l'écrêtement des débits, les enjeux impactés,... ?
 - Ces aménagements seraient-ils intéressants, ou non, en mettant en regard leur coût et le bénéfice apporté ?

Etude de scénarios d'aménagement

3 scénarios étudiés

- **Surstockage**
- Augmentation de la **végétation** par implantation de haies sur les parcelles agricoles
- Scénario **théorique de suppression** de la ZEC : démontrer l'intérêt de leur préservation



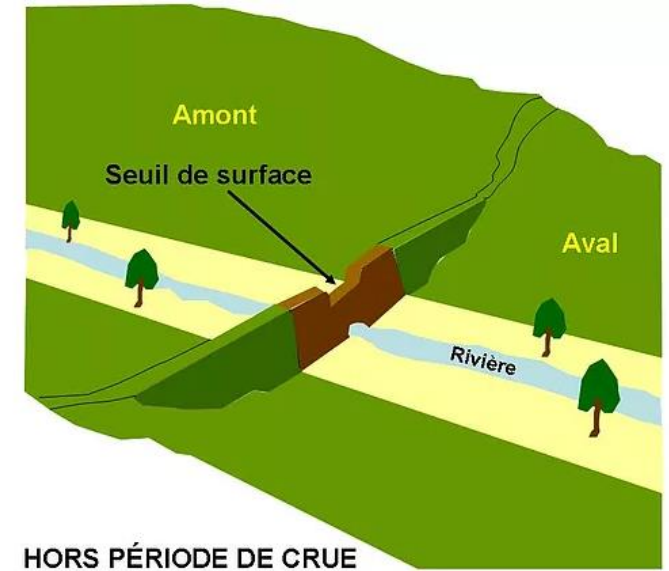
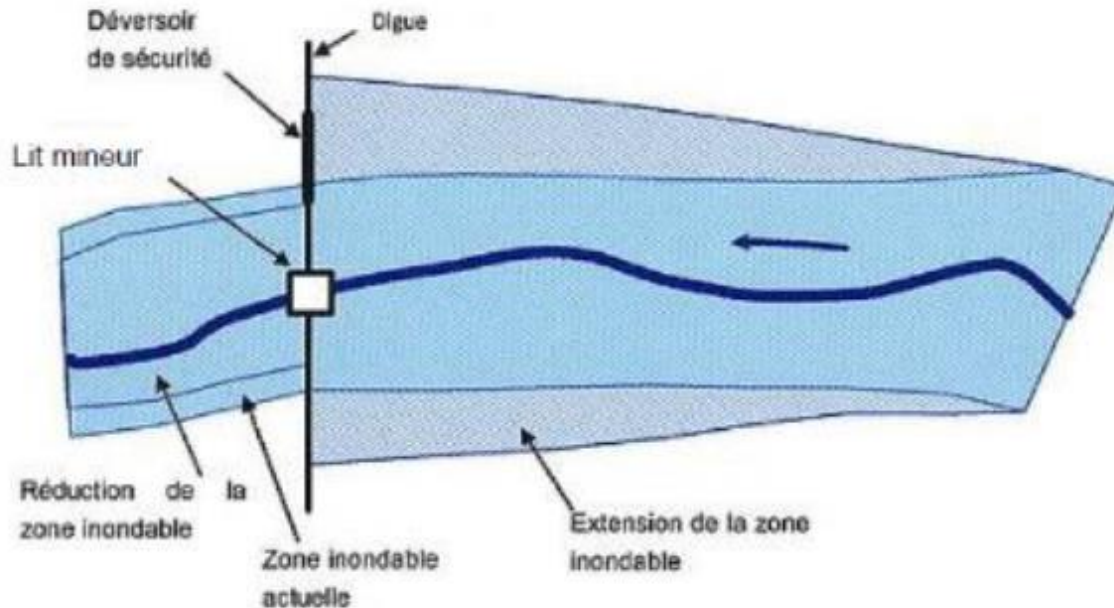
Crédit: photo@BRLI

Scénario de surstockage

Etude de scénarios d'aménagement

Aménagements de surstockage

Principe : merlons ou digues en champ majeur, l'idéal étant de s'appuyer sur des infrastructures existantes pour augmenter les potentialités actuelles

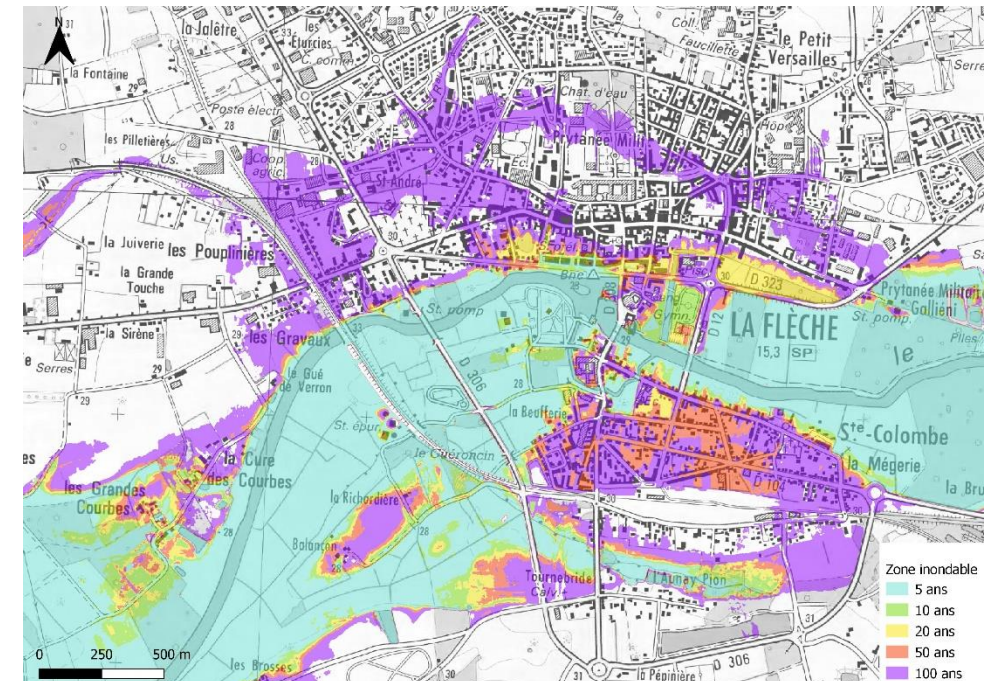
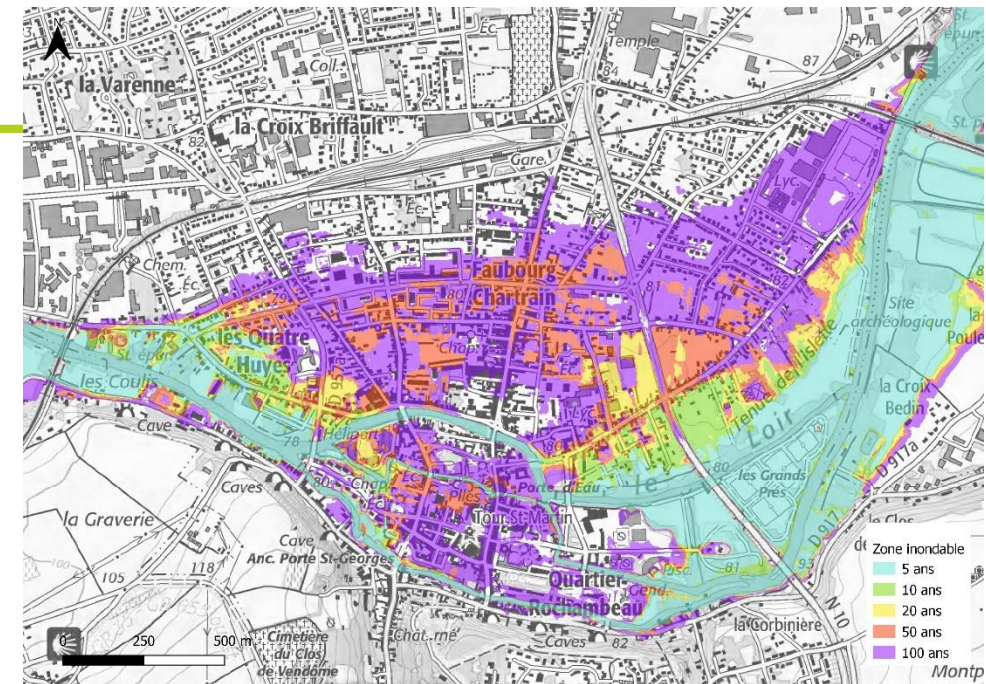


Etude de scénarios d'aménagement

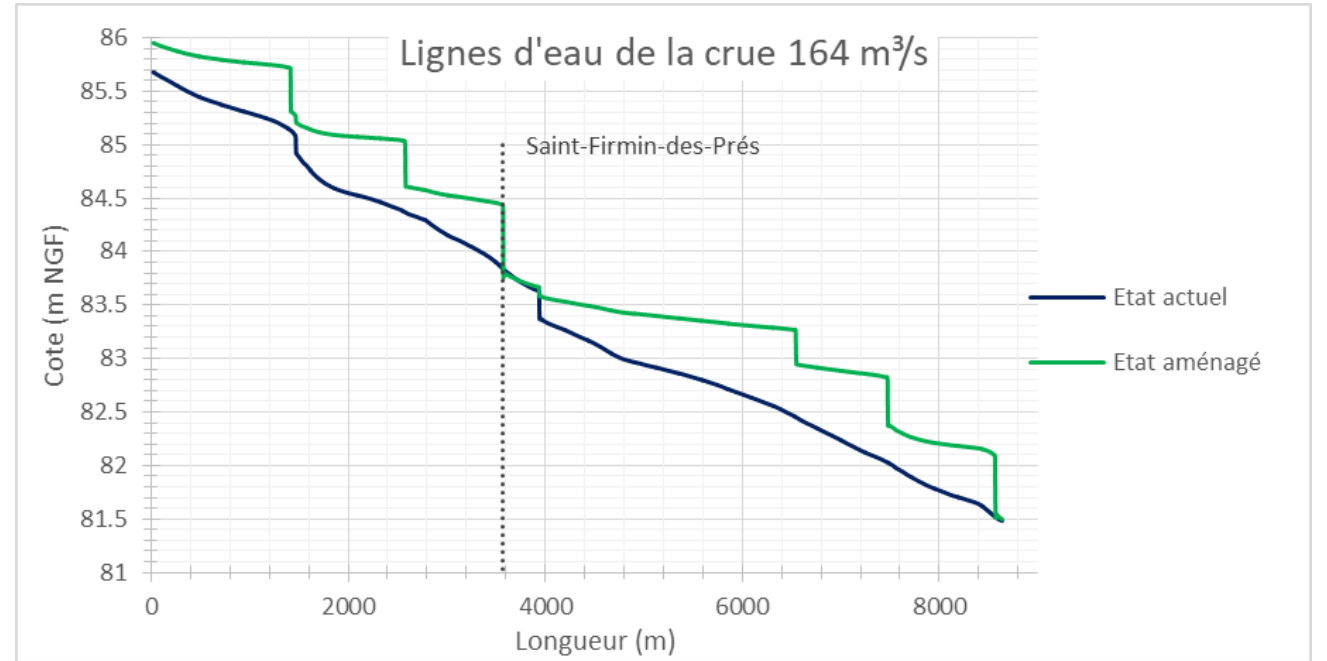
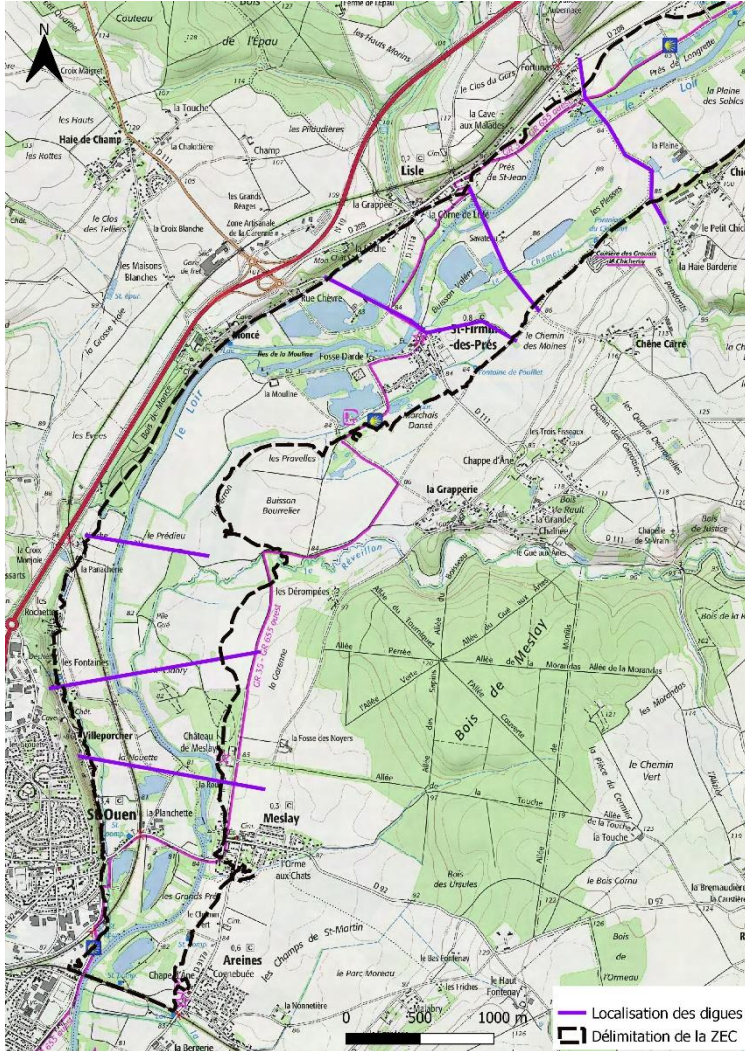
Aménagements de surstockage

Critères de dimensionnement :

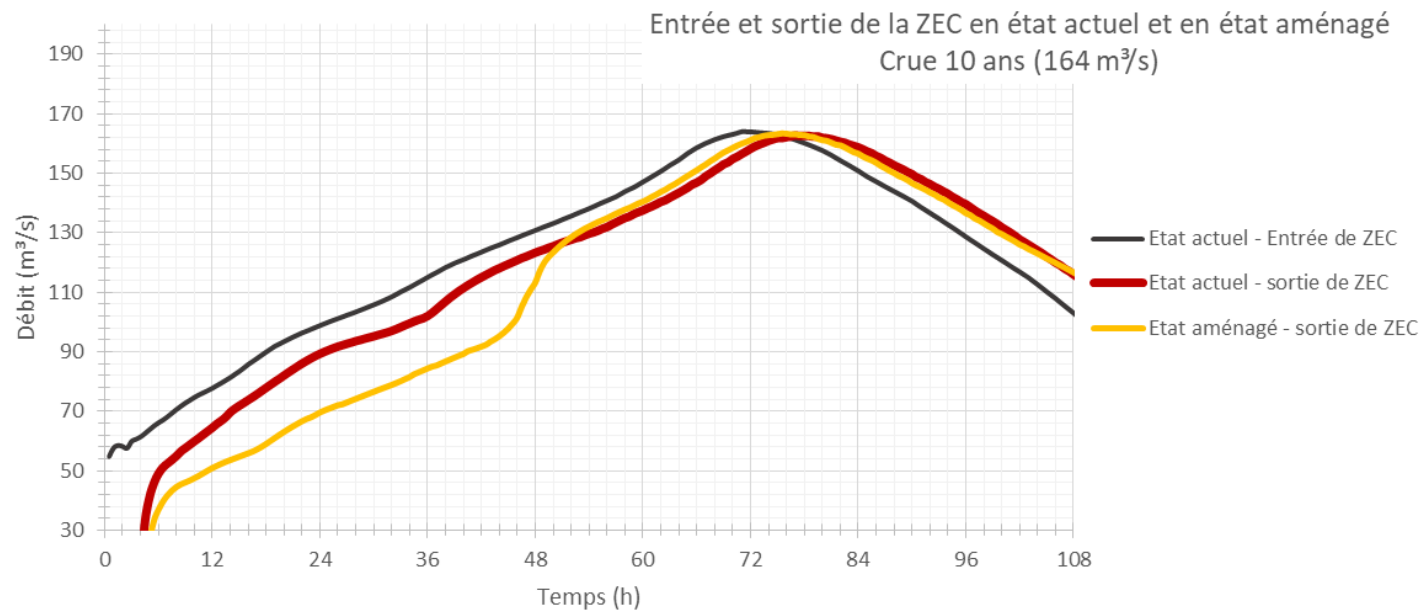
- Crue de projet qui impacte significativement les enjeux en aval :
 - 164 m³/s (10 ans) pour Vendôme avec une centaine de bâtiments, camping, skatepark inondés...
 - 336 m³/s (20 ans) pour la Flèche avec une dizaine de bâtiments, camping, skatepark, stade, sous-préfecture et une école inondés...
- Hauteur de digue « raisonnable » :
 - surstockage de 50 cm au dessus des hauteurs d'eau actuelles pour la crue de projet
 - => hauteurs de digue d'1 à 1.5 m environ



Aménagements de surstockage



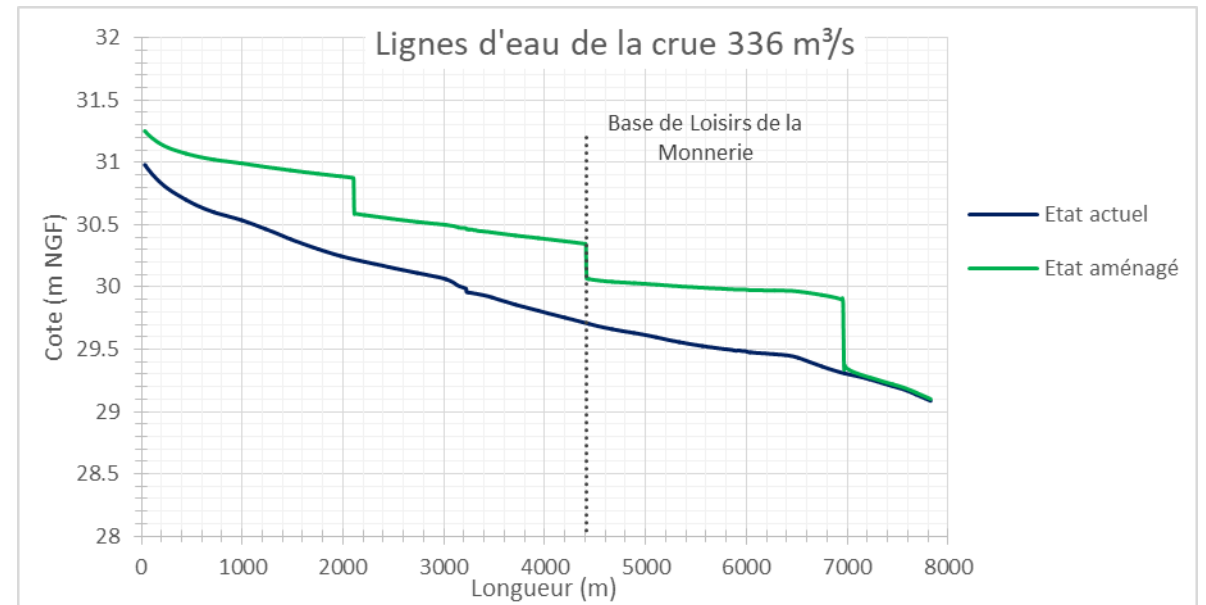
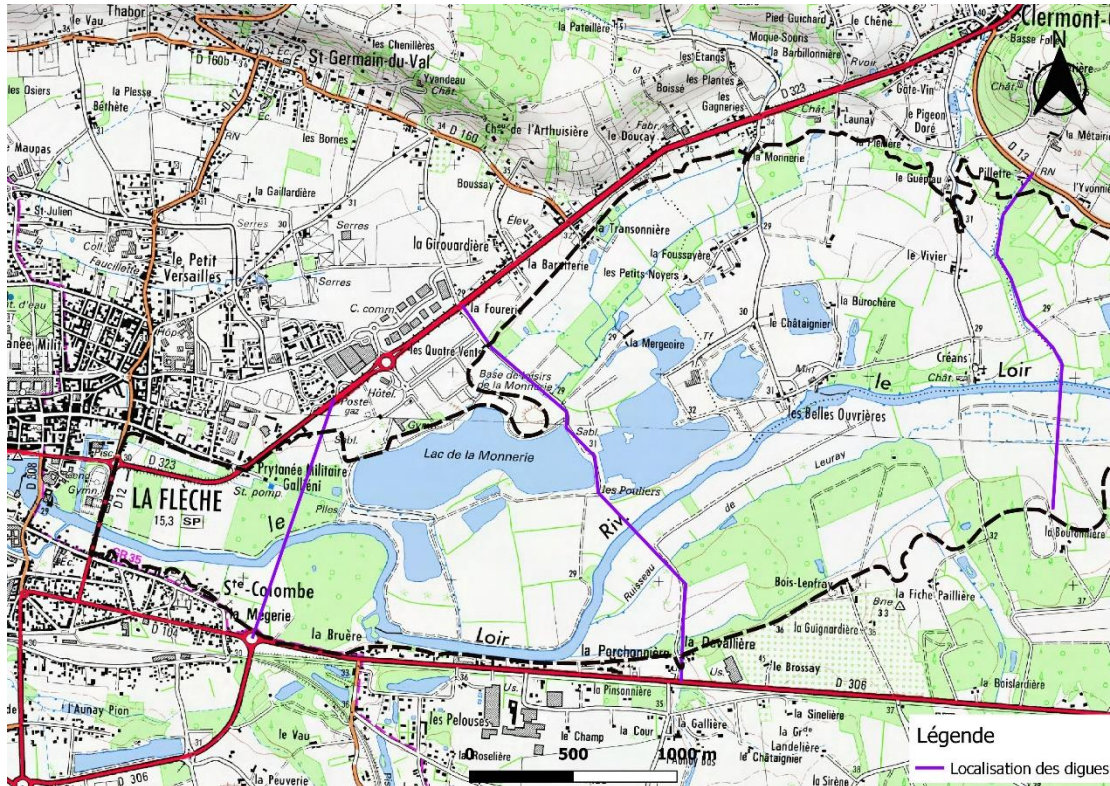
Aménagements de surstockage



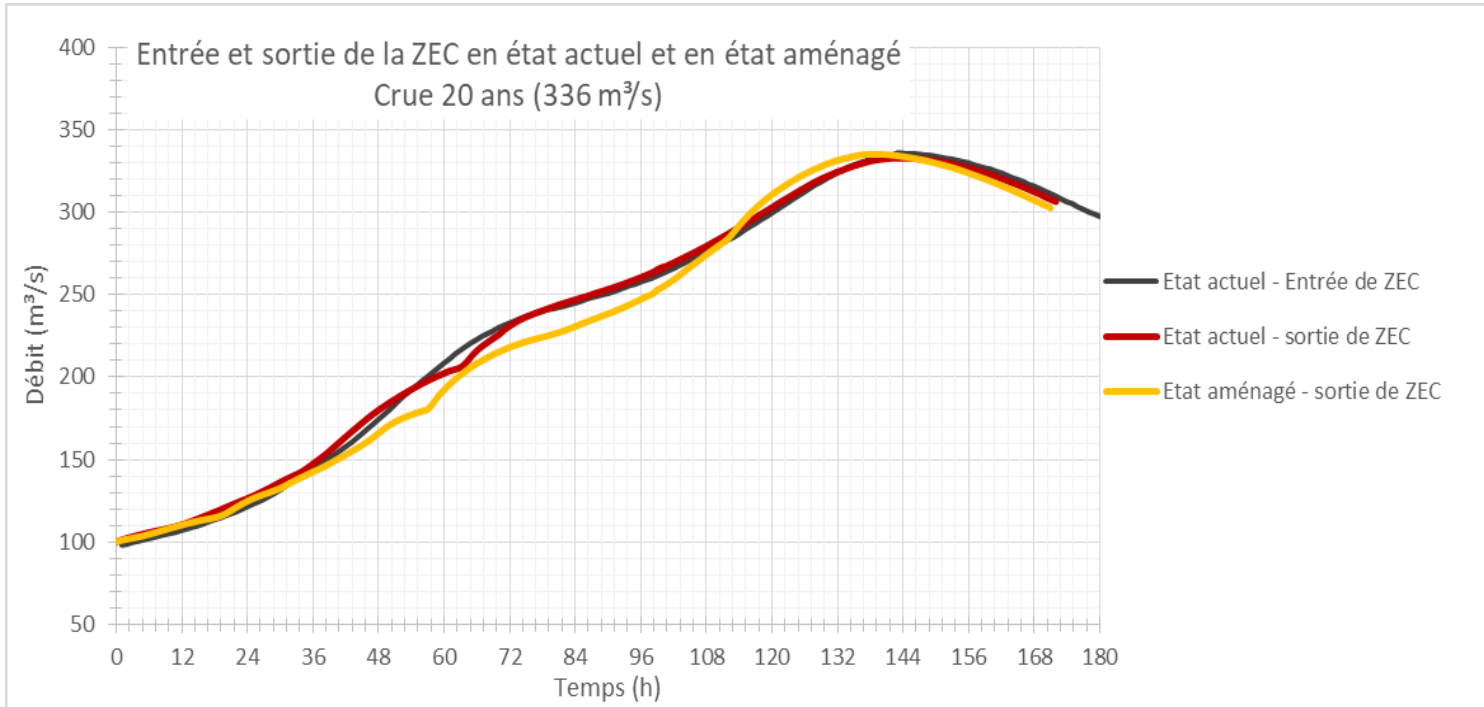
⇒ Le débit est écrêté et retardé de 16h environ en début de crue : gain d'anticipation pour la gestion de crise

⇒ Aucun écrêtement sur le débit de pointe

Aménagements de surstockage



Aménagements de surstockage



⇒ Le débit est écrêté et retardé de 14h au max : gain d'anticipation pour la gestion de crise

⇒ Aucun écrêtement sur le débit de pointe



Crédit: photo@BRLI

Scénario d'augmentation de la végétation

Etude de scénarios d'aménagement

Augmentation de la végétation par implantation de haies sur les parcelles agricoles

- Ralentissement accentué par la présence des haies qui freinent les écoulements



Etude de scénarios d'aménagement

Schéma d'implantation des haies (fictif)

Haies de 5 m de large

Schéma basé sur les limites parcellaires en évitant le morcellement des ensembles cultureux

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



La Flèche

Vendôme

Scénario d'implantation de haies (fictif)

50 km de nouvelles haies

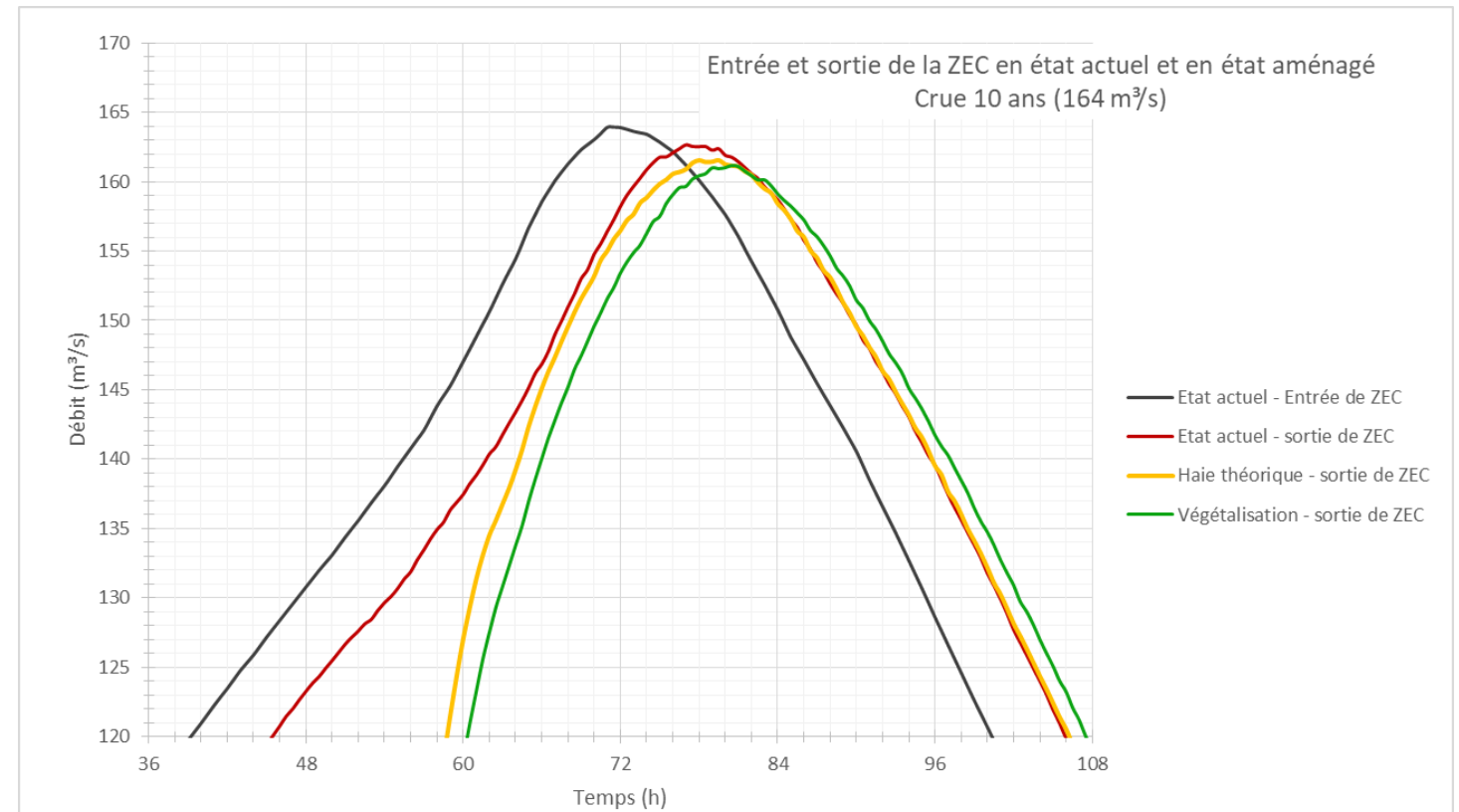
Surface de la ZEC 740 ha

- **Avec implantation des haies**

- débit aval diminué de $1 \text{ m}^3/\text{s}$
- temps de propagation amont/aval ZEC augmenté de **2h30**

- **Rappel du test de phase 2**

- Végétalisation de toutes les zones agricoles
- débit aval diminué de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- temps de propagation amont/aval ZEC passe de **3h30**.



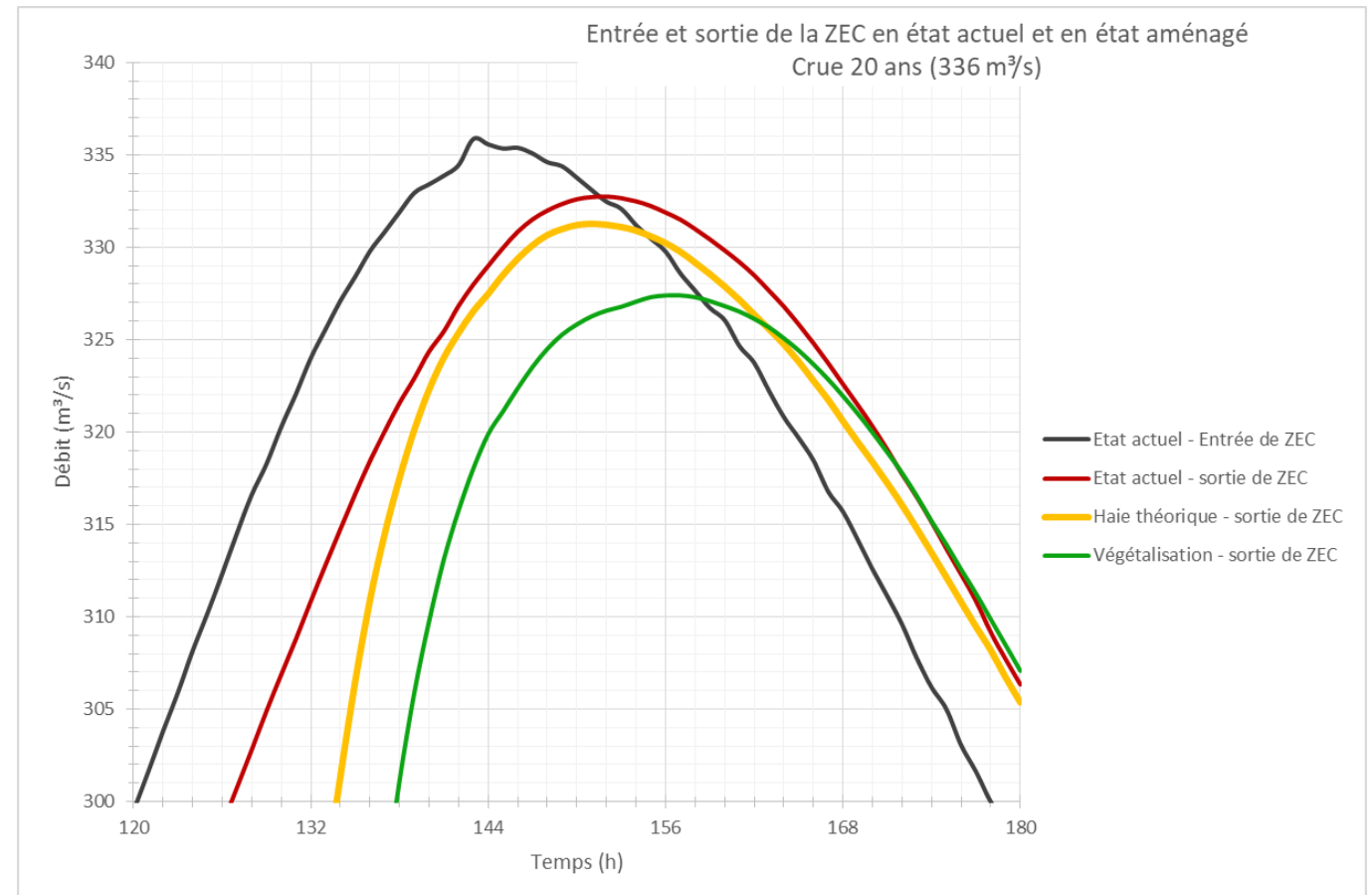
Scénario d'implantation de haies (fictif)

50 km de nouvelles haies

Surface de la ZEC 900 ha

Avec implantation des haies

- débit aval diminué de $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$
- temps de propagation amont/aval ZEC inchangé
- **Rappel du test de phase 2**
- Végétalisation de toutes les zones agricoles
- débit aval diminués de $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$
- temps de propagation amont/aval ZEC augmenté de **5h**.





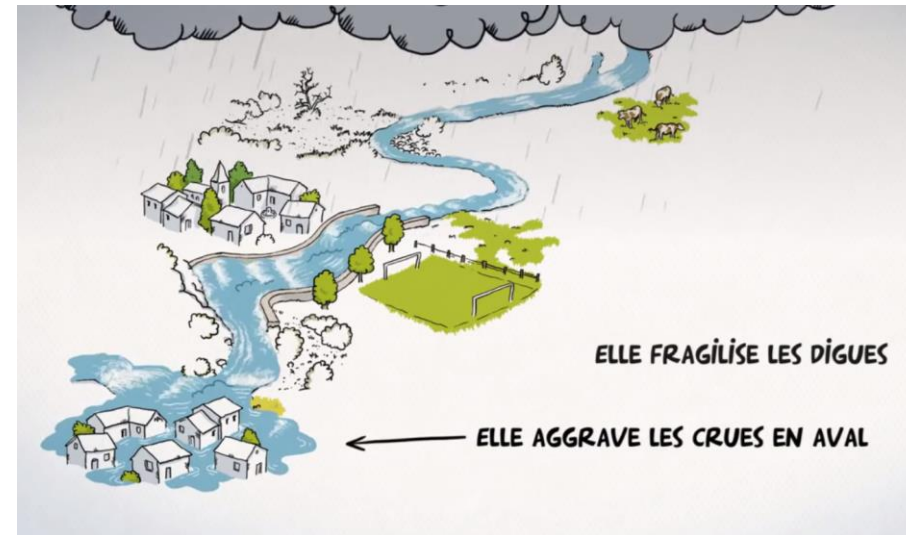
Crédit: photo@BRLI

Scénario théorique de suppression de la ZEC

Etude de scénarios d'aménagement

Scénario théorique de suppression de la ZEC

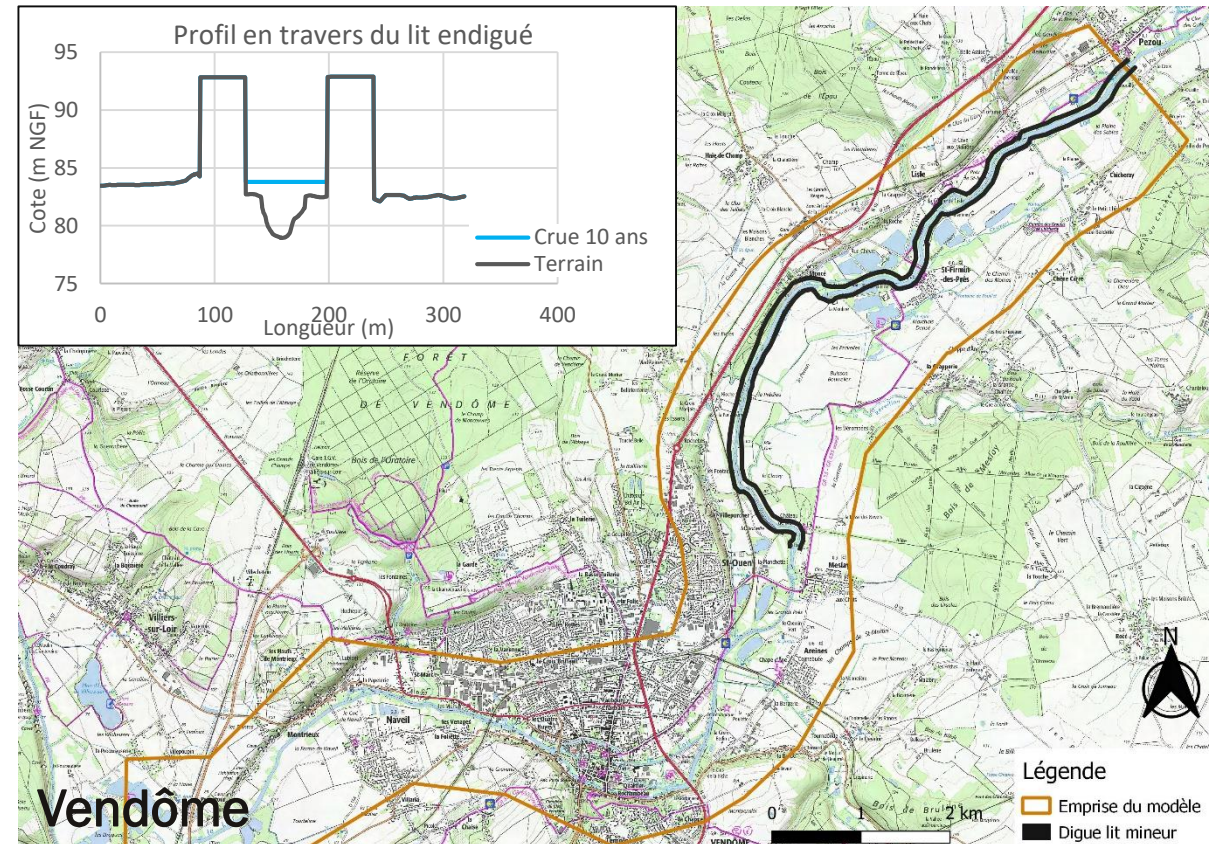
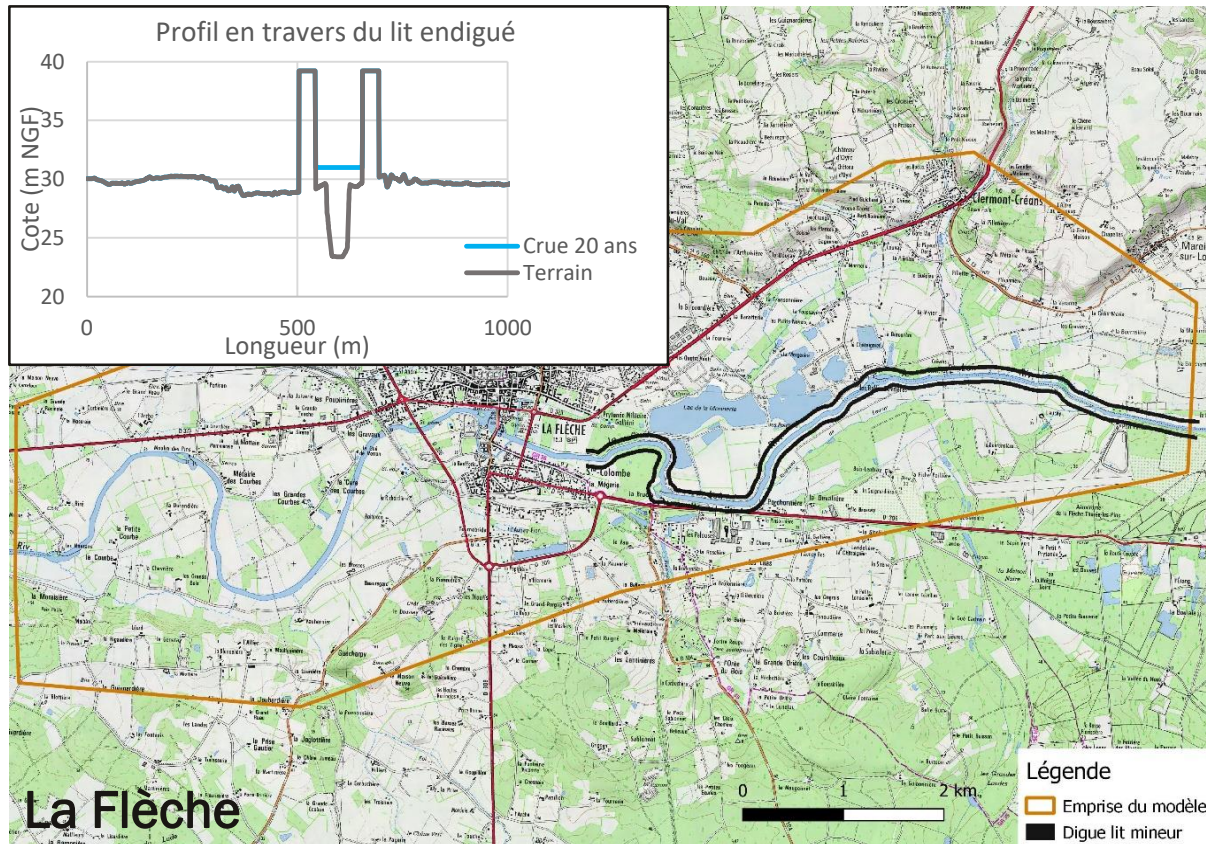
Simulation d'un endiguement du lit mineur,
empêchant tout débordement en champ majeur



Etude de scénarios d'aménagement

Scénario théorique de suppression de la ZEC

Simulation d'un endiguement du lit mineur, empêchant tout débordement en champ majeur = des digues le long du lit mineur (fictif)



Scénario théorique de suppression de la ZEC

Comparaison des simulations avec et sans la ZEC

Impact de la suppression de la ZEC

- +0.5 à +1 m d'eau dans le lit endigué
- vitesses augmentées dans le lit de l'ordre de 0.5 m/s
- débits aval augmentés de 1 m³/s
- temps de propagation amont/aval ZEC diminué de 2h.



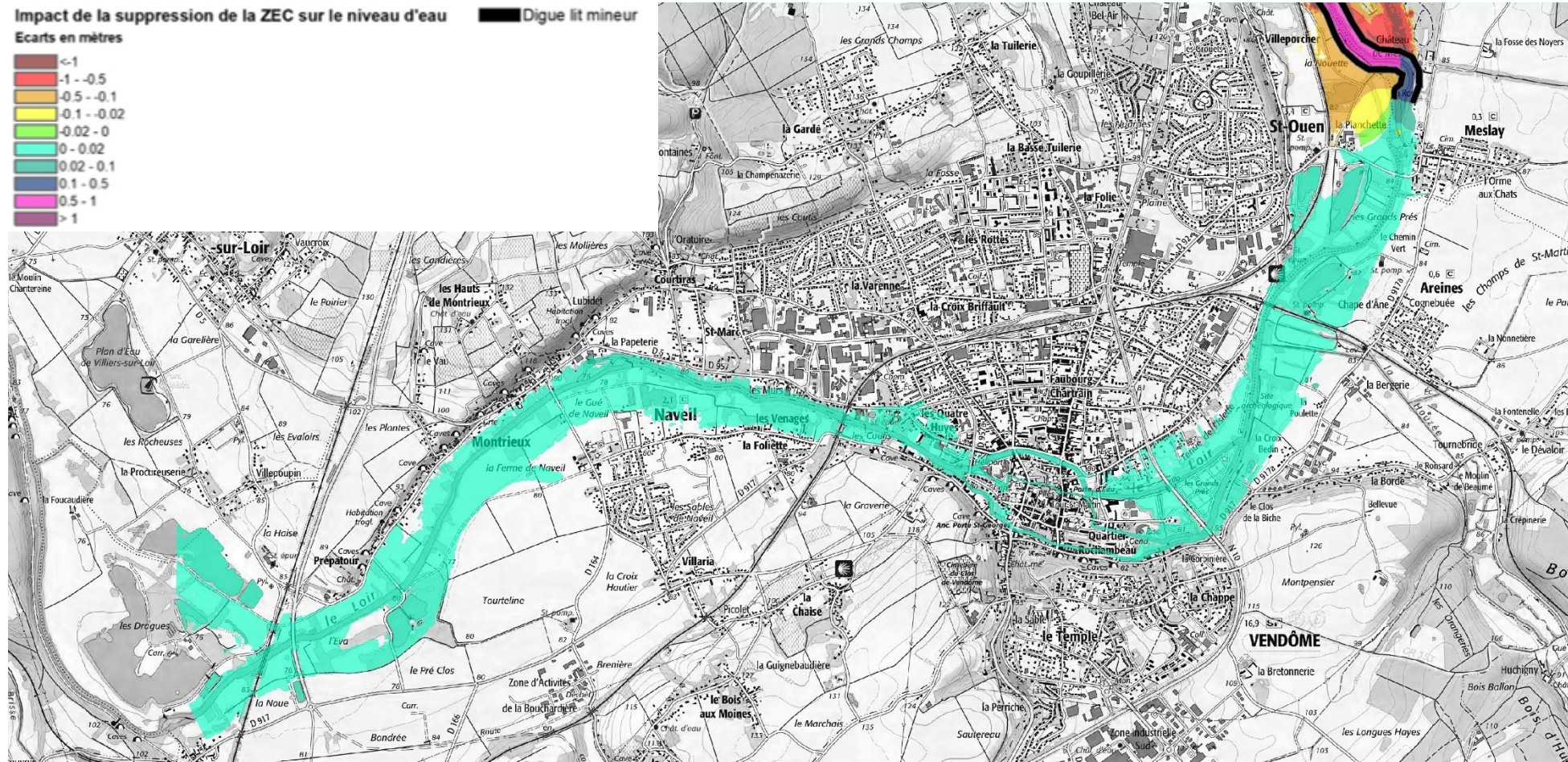
effet très net d'accélération de l'onde, qui se propage plus vite sans la zone d'expansion de crue

Etude de scénarios d'aménagement **VENDOME**

Scénario théorique de suppression de la ZEC

Comparaison des simulations avec et sans la ZEC

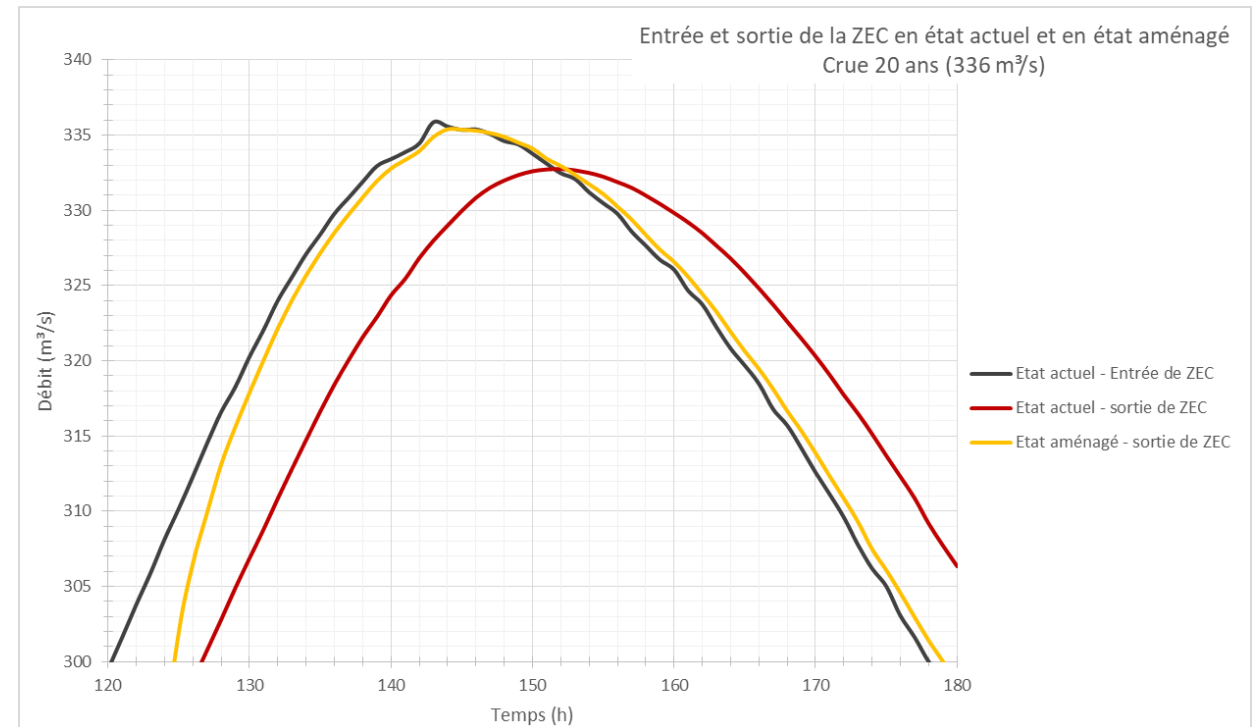
Impact de la suppression de la ZEC



Scénario théorique de suppression de la ZEC

Simulation d'un endiguement du lit mineur, empêchant tout débordement en champ majeur - impact de la suppression de la ZEC (sans/avec la ZEC) :

- +1 m d'eau dans le lit endigué
- vitesses augmentées dans le lit de l'ordre de 0.3 m/s
- débits aval augmentés de 2 m³/s
- temps de propagation amont/aval ZEC diminué 8h.

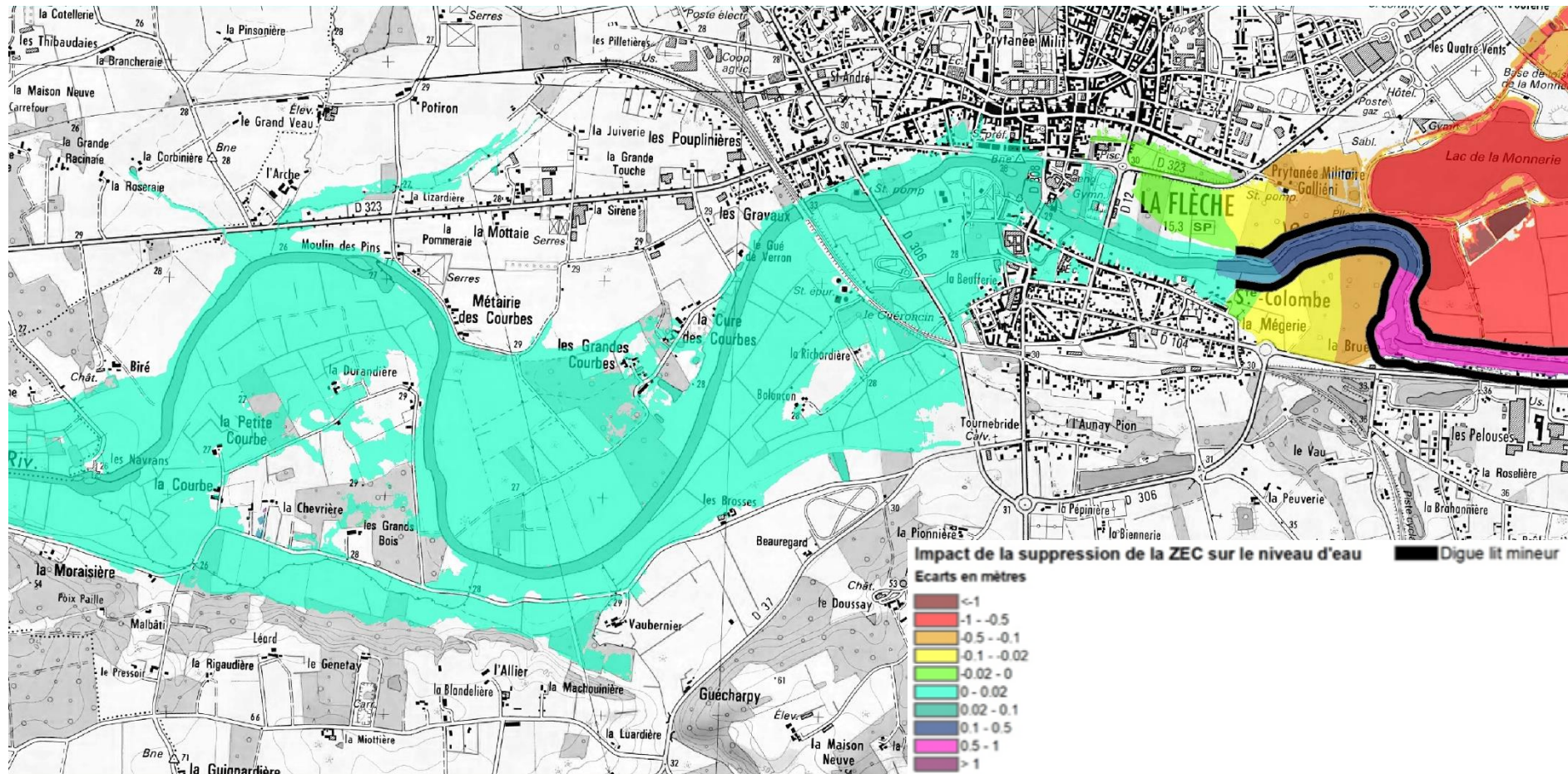


effet très net d'accélération de l'onde, qui se propage plus vite sans la zone d'expansion de crue

Scénario théorique de suppression de la ZEC

Comparaison des simulations avec et sans la ZEC

Impact de la suppression de la ZEC





Crédit: photo©BRLI

Analyses multicritères, conclusions

Analyses multicritères

Surstockage

- **Bénéfices / inondations**
 - Pas de bénéfice en termes de dommages évités
 - Ralentit la propagation jusqu'à un certain débit : gain de temps d'anticipation pour la gestion de crise
- **Coûts**
 - 500 à 1000 €HT/ml de digues en terre, et 2000€HT/ml de digue déversante
 - Vendôme : 4250 m de digue = **2.1 million d'euros minimum**
 - La Flèche : 4440 m de digue = **2.2 million d'euros minimum**
 - Entretien : 5000€HT/km/an, Gestion : 2200 €HT/km/an, VTA : 1000€HT/km/2ans
 - + Acquisitions foncières + rétablissements des servitudes
- **Contraintes**
 - protection des enjeux surinondés : délocalisation/protection rapprochée des habitations ?
dédommagements /activités agricoles ?
 - Règlementation Gémapi de gestion des ouvrages (classement digues ou ouvrage hydraulique ?)
 - Impact paysager, morcellement, ...

Analyses multicritères

Implantation de haies

- **Bénéfices / inondations**
 - Pas de bénéfice en termes de dommages évités
 - Pour avoir un effet sur le ralentissement de la propagation (scénario tout végétalisé) : environ 680 kml pour Vendôme (au lieu de 50 kml) et 830 kml pour la Flèche (au lieu de 50 kml)
 - Linéaire très important = échelle du bassin versant
- **Coûts**
 - Financements possibles au travers des dispositifs d'état « Plans de relance » (Chambre d'agriculture 41)
 - 15 à 20 € le ml de haies (fourniture végétale, main d'œuvre et accompagnement) + valorisation de la biomasse
 - Mission d'animation pour l'acceptabilité et l'assemblage (cohérence d'ensemble, gestion dynamique et concertée + éviter la formation des embâcles)
- **Bénéfices / environnement**
 - En interceptant les écoulements, limite le ruissellement et l'érosion des sols
 - Favorise l'infiltration dans les sols et l'absorption des eaux de ruissellement par les végétaux
 - Améliore la qualité des eaux et la biodiversité

Conclusions

Conclusions

- Des ZEC qui fonctionnent déjà bien : pas possible de les optimiser davantage => préservation des ZEC indispensable pour éviter d'aggraver les inondations en aval
- Les fonctionnalités des ZEC et l'aléa inondation se jouent à l'échelle des bassins versants
- Pas d'intérêt dans les cas étudiés à agir sur l'aléa (*gestion des écoulements et protection par construction de digues*) : en revanche possibilité d'agir sur les enjeux

Conclusions

Autres outils de prévention des inondations

- Connaissance et conscience du risque
- Alerte et gestion de crise

Agir sur les enjeux plutôt que sur l'aléa inondation :

- Réduction de la vulnérabilité : adaptation du bâti
- Prise en compte du risque dans l'urbanisation actuelle et future

Construction en cours du programme d'études préalables au **programme d'actions et de prévention des inondations du Loir**, et qui identifie des actions précises



Merci pour votre attention

Suivez-nous sur 

<https://brli.brl.fr/>

BRL Ingénierie

1105, av. Pierre Mendès France - BP 94001

30001 NÎMES Cedex 5

Tel. +33 4 66 87 50 85



Ensemble, relevons les défis
de l'Eau et de l'Environnement



Président de la CLE du SAGE : M. Alain BOURGEOIS

Vice-Président en charge de la Commission Inondations : M. Philippe CHAMBRIER

Contact cellule d'animation :

Marie JAOUEN, chargée de mission SAGE

06 85 24 41 62

Marie.JAOUEN@eptb-loire.fr

basée à Angers dans les locaux de la DDT

www.sage-loir.fr



Le SAGE Loir est porté
par l'Etablissement public Loire
www.eptb-loire.fr

Nos partenaires financiers

