



PRÉFET DE L'ALLIER

# Définition et cartographie de l'aléa inondation de la rivière Cher et de son affluent l'Aumance sur le territoire du Val-de-Cher (03)

## Phase 2 : Etude hydraulique



Rapport n°121959/vB – Mars 2023

Projet suivi par Romain DE BORTOLI – 06.22.56.17.08 – romain.debortoli@anteagroup.fr

## Fiche signalétique

Définition et cartographie de l'aléa inondation de la rivière Cher et de son affluent l'Aumance sur le territoire du Val-de-Cher (03)

Phase 2 : Etude hydraulique

### CLIENT

Direction Départementale des Territoires de l'Allier (DDT 03)

SAUDT / Bureau Prévention des Risques

51 boulevard Saint-Exupéry - CS30110

03 403 Yzeure Cedex

Philippe CHARILLAT

Tél : 04 70 48 77 81

### RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet Romain DE BORTOLI

Interlocuteur commercial Romain DE BORTOLI

Implantation chargée du suivi du projet Implantation de Grenoble

Rapport n° 121959

Version n° B

Projet n° AUV210140

	Nom	Fonction	Date
Rédaction	Pauline MAISONNEUVE	Ingénieur d'études	Mars 2023
Vérification	Romain DE BORTOLI	Ingénieur de projet	Mars 2023

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte de l'étude .....	5
1.2	Périmètre de l'étude .....	5
<b>2</b>	<b>Modèle hydraulique .....</b>	<b>7</b>
2.1	Construction du modèle hydraulique .....	7
2.1.1	Typologie et architecture du modèle.....	7
2.1.2	Données topographiques utilisées.....	7
2.1.3	Description du modèle.....	7
2.1.4	Rugosité.....	9
2.1.5	Conditions aux limites.....	9
2.2	Limites de la modélisation .....	9
<b>3</b>	<b>Calage du modèle hydraulique .....</b>	<b>10</b>
3.1	Principe du calage .....	10
3.2	Crue de calage utilisée .....	10
3.3	Hydrogrammes de crue .....	12
3.4	Résultats du calage .....	12
3.5	Analyse de sensibilité.....	14

# Table des illustrations

## FIGURES

Figure 1 : Secteur d'étude .....	6
Figure 2 : Extraits du maillage du modèle hydraulique (pont autoroutier de l'A71 à gauche– Urçay à droite).....	8
Figure 3 : Ouvrage hydraulique de type pont (Pont de Urçay) .....	8
Figure 4 : Ouvrage hydraulique de type seuil (Déversoir du canal de Berry).....	9
Figure 5 : Localisation des laisses de crue (mai 2001 et janvier 1982) le long du linéaire d'étude .....	11
Figure 6 : Hydrogrammes de la crue de mai 2001 aux stations de Montluçon et de Hérisson .....	12
Figure 7 : Ligne d'eau modélisée pour la crue de calage (mai 2001) et laisses de crues (mai 2001 et janvier 1982).....	13

## TABLEAUX

Tableau 1 : Coefficients de rugosité du modèle hydraulique .....	12
Tableau 2 : Analyse des écarts entre les niveaux relevés et les niveaux modélisés .....	14

## ANNEXES

Annexe 1: Cartographie des ouvrages intégrés au modèle .....	16
Annexe 2 : Calage du modèle hydraulique.....	17

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte de l'étude

Dans le but de réaliser une cartographie de l'aléa du Cher et de son affluent l'Aumance en vue de la révision du Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI) Val-de-Cher, la Direction Départementale des Territoires de l'Allier (DDT 03) a lancé la présente étude portant sur la réalisation des études hydrologiques et hydrauliques nécessaires à l'élaboration des documents constitutifs du PPRI.

Les objectifs de cette étude sont de définir les limites de zones inondables, les cartographier et aboutir à une caractérisation de l'aléa de référence, selon une méthode homogène sur tout le territoire et élaborée en concertation et en accord avec l'ensemble des acteurs locaux.

La cartographie de l'aléa de référence sera traduite en un Plan de Prévention du Risque Inondation sur les 9 communes étudiées sur 65 km de cours d'eau/canal répartis sur le bassin versant grâce à une étude hydrologique et une modélisation hydraulique. Actuellement, il existe deux PPRI du Cher approuvés en 2000 (Val-de-Cher) et 2021 (agglomération de Montluçon – amont du secteur d'étude).

Les différentes études réalisées à ce jour seront analysées de manière critique tant sur les données utilisées, les méthodes employées que sur les résultats obtenus (écart entre les estimations de quantiles de crue, niveaux d'eau calculés par rapport aux laisses de crue disponibles, etc.).

La révision de ces PPRI est nécessaire afin de mettre à jour les données hydrologiques et de prendre en compte une topographie actualisée dans la délimitation des hauteurs de submersion et des enveloppes de zones inondables.

L'étude s'articule en 4 phases :

- **Phase 1** : appropriation des données existantes et réalisation des compléments nécessaires,
- **Phase 2** : étude hydraulique,
- **Phase 3** : exploitation du modèle hydraulique pour la cartographie de l'aléa,
- **Phase 4** : collecte des données historiques et saisie dans la BDHI.

**Le présent document constitue le rapport de la phase 2.**

## 1.2 Périmètre de l'étude

La présente étude porte sur le territoire de 9 communes depuis l'aval de Montluçon en amont jusqu'à la limite du département de l'Allier :

- Estivareilles,
- Vaux,
- Audes,
- Reugny,
- Nassigny,
- Vallon-en-Sully,
- Meaulne-Vitray,
- Urçay,
- Lételon.



Figure 1 : Secteur d'étude

## 2 Modèle hydraulique

### 2.1 Construction du modèle hydraulique

#### 2.1.1 Typologie et architecture du modèle

Le secteur d'étude a été modélisé à l'aide du logiciel HEC-RAS 6.3 développé par le Corps des ingénieurs de l'armée des Etats-Unis (USACE).

L'ensemble du domaine étudié est représenté par un maillage de type polygonal. Chaque maille possède ainsi entre 4 et 8 faces et tient compte de l'ensemble de la donnée topographique qu'elle recouvre. Ces données topographiques sont directement issues du modèle numérique de terrain constitué dans le logiciel pouvant combiner plusieurs sources telles que des dalles du RGE Alti (IGN®) ou un MNT généré par le logiciel (lit mineur). Les transferts entre mailles se font aux frontières de celles-ci. Il est ainsi possible de représenter les écoulements de façon plus complexe et de connaître notamment leur direction et leur vitesse en tout point, y compris dans le lit mineur, là où un modèle 1D se limite à une hauteur d'eau et une vitesse moyenne sur la section.

Le modèle hydraulique fonctionne en régime transitoire afin de décrire le laminage induit par le lit majeur par effet de rugosité, obstacle (remblais d'infrastructure, etc.) et de bien traduire la propagation des ondes de crue d'amont en aval (permettant de décrire la cinétique des crues).

#### 2.1.2 Données topographiques utilisées

Les données bathymétriques et topographiques utilisées sont les suivantes :

- 92 profils en travers du lit mineur du Cher et 6 profils en travers du lit mineur de l'Aumance réalisés pour les besoins de l'étude,
- 84 élévations d'ouvrages hydrauliques dont 17 en lit mineur réalisées pour les besoins de l'étude,
- MNT sur le secteur d'étude au pas de 1m créé à partir du RGE Alti® de l'IGN au pas de 1 m, couvrant le Cher sur le secteur d'étude et l'Aumance au niveau de la confluence avec le Cher et d'un semi de points brut couvrant l'Aumance sur le secteur de Meaulne-Vitray.

#### 2.1.3 Description du modèle

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) des lits mineurs du Cher et de l'Aumance a été construit à partir des profils en travers relevés par le géomètre pour les besoins de l'étude puis a été fusionné avec le MNT du lit majeur du secteur d'étude issu globalement du RGE Alti® de l'IGN.

Un maillage polygonal a été réalisé qui couvre l'intégralité du linéaire du réseau hydrographique étudié, ainsi que la totalité de la plaine inondable contenue dans l'emprise modélisée.

Le nombre et la taille ont été adaptés localement aux objectifs du modèle et de l'étude.

La recherche du maximum de précision au droit des zones à enjeux a abouti à un maillage hétérogène (cf. Figure 2). Il couvre une surface globale d'environ 41,3 km<sup>2</sup>. Il est constitué d'environ 123 600 mailles. Les mailles font en moyenne 20x20 m dans le lit majeur et 10x10 m dans le lit mineur et les zones à enjeux.

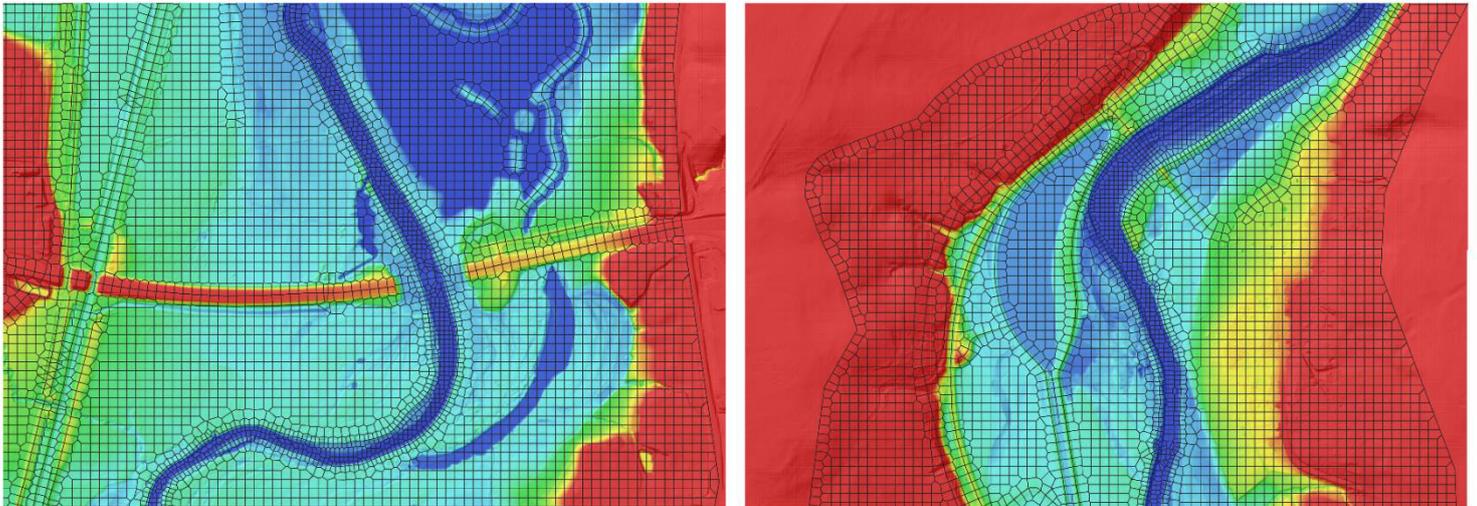


Figure 2 : Extraits du maillage du modèle hydraulique (pont autoroutier de l'A71 à gauche– Urçay à droite)

Les ouvrages en lit mineur du Cher et de l'Aumance, sur le canal de Berry et en lit majeur sont modélisés sous HEC-RAS de deux manières :

- Ouvrage de type pont : le tablier, ainsi que les piles de pont sont présentés. La perte de charge dure à l'ouvrage est calculée en fonction de sa géométrie (cf. Figure 3),
- Ouvrage de type seuil avec ou sans conduites (cf. Figure 4).

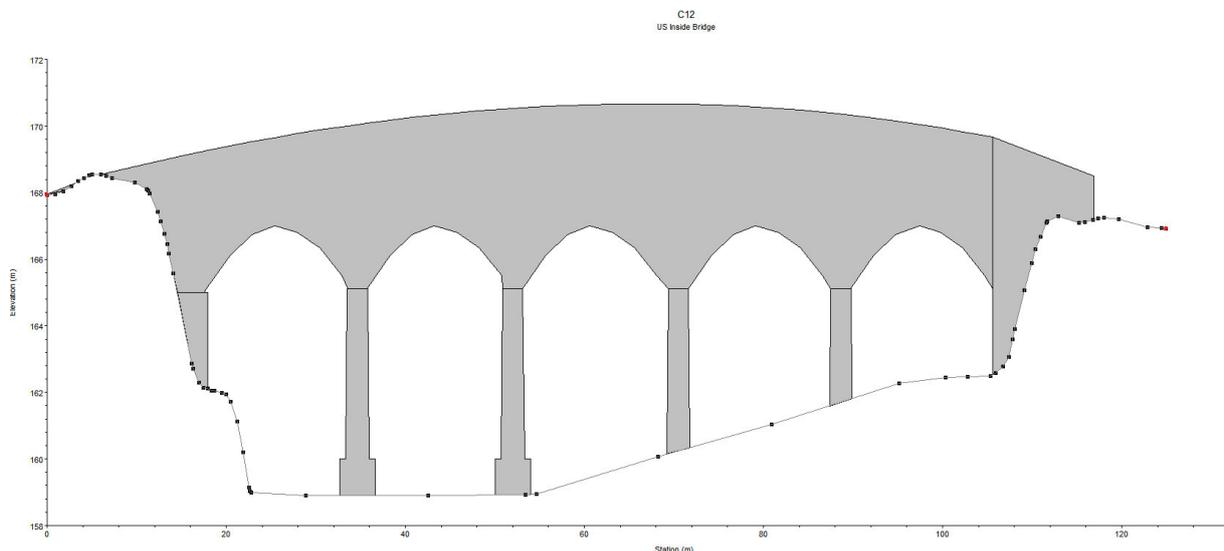
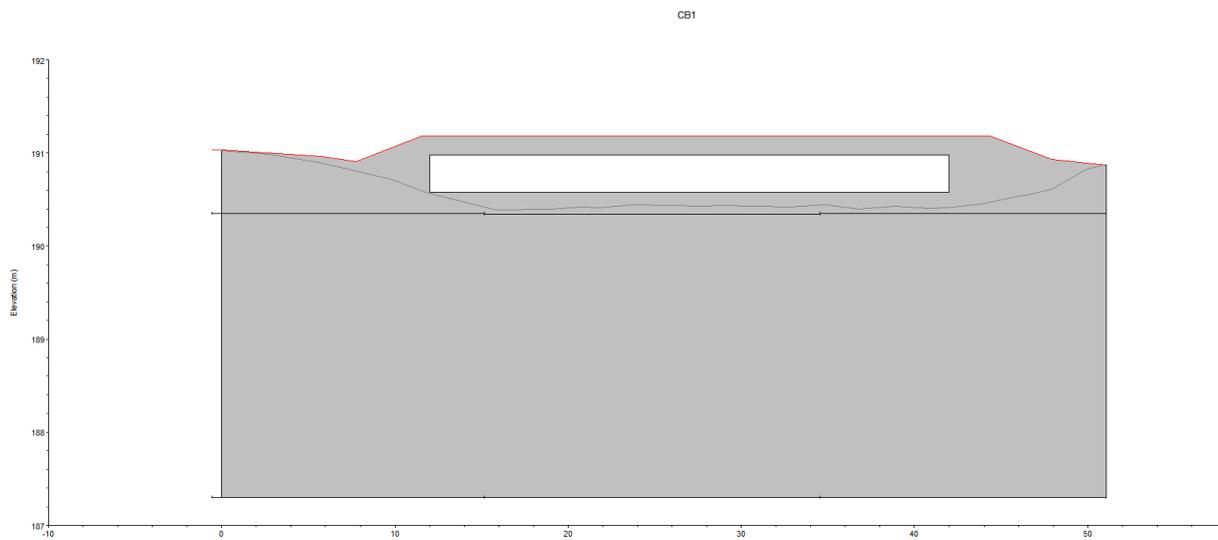


Figure 3 : Ouvrage hydraulique de type pont (Pont de Urçay)



**Figure 4 : Ouvrage hydraulique de type seuil (Déversoir du canal de Berry)**

La cartographie des ouvrages intégrés au modèle est présentée en Annexe 1.

### 2.1.4 Rugosité

La rugosité des lits mineurs et majeurs est définie par le biais d'un coefficient de Strickler variable sur l'emprise du modèle.

La rugosité retenue est initialement définie sur la base de la bibliographie et des reconnaissances de terrain, puis adapté dans le cadre de l'étape de calage du modèle hydraulique (cf. §3).

### 2.1.5 Conditions aux limites

Les conditions aux limites introduites dans le modèle sont les suivantes :

- A l'amont : les hydrogrammes de crue du Cher et de l'Aumance issus de l'analyse hydrologique réalisé en phase 1,
- A l'aval : une loi « hauteur normale » est imposée. Celle-ci traduit un écoulement permanent uniforme. Pour un tel écoulement, la pente de la ligne d'énergie est approximativement égale à la pente du cours d'eau. Les valeurs de pente  $p = 0,002$  m/m en lit mineur et  $p=0.001$  m/m en rive droite et rive gauche ont donc été retenues.

## 2.2 Limites de la modélisation

Pour rappel, le modèle hydraulique réalisé ne prend pas en compte les phénomènes suivants :

- Ruissellements urbains,
- Remontées et débordements de réseaux d'assainissement,
- Embâcles,
- Remontées de nappe.

## 3 Calage du modèle hydraulique

### 3.1 Principe du calage

Le calage vise à adapter les paramètres hydrauliques théoriques du modèle pour reproduire le plus fidèlement possible les conditions d'écoulements réelles connues pour des crues historiques. Concrètement, il s'agit d'ajuster le modèle pour que la hauteur d'eau calculée en un point pour une crue donnée soit la plus proche possible de celle effectivement relevée pendant la crue.

Les principaux paramètres qui peuvent être modifiés pour aboutir au calage du modèle sont :

- Les coefficients de rugosité (Strickler) des lits mineurs et majeurs,
- Les coefficients de perte de charge au droit des ouvrages hydrauliques.

### 3.2 Crue de calage utilisée

La ou les crues de calage sont choisies selon la quantité et la qualité des laisses de crue disponibles pour cet évènement.

Dans le cas présent, l'épisode de crue retenu est la crue de mai 2001, avec 20 laisses de crue recensées sur l'ensemble du linéaire d'étude (cf. Figure 5).

A noter que parmi les 20 laisses de crue recensées, 16 ont été utilisées pour le calage du modèle hydraulique. Les 4 laisses restantes ont été écartées, soit car elles semblaient incohérentes par rapport aux laisses de crues voisines, soit car elles témoignaient de phénomènes non pris en compte dans le modèle (ruissellement par exemple).

A titre indicatif, les résultats du calage sont aussi comparés à la crue de janvier 1982, dont le débit de pointe est proche de celui de la crue de mai 2001 et qui présente des laisses de crues dans le secteur autour du pont autoroutier, là où la crue de mai 2001 est peu référencée.

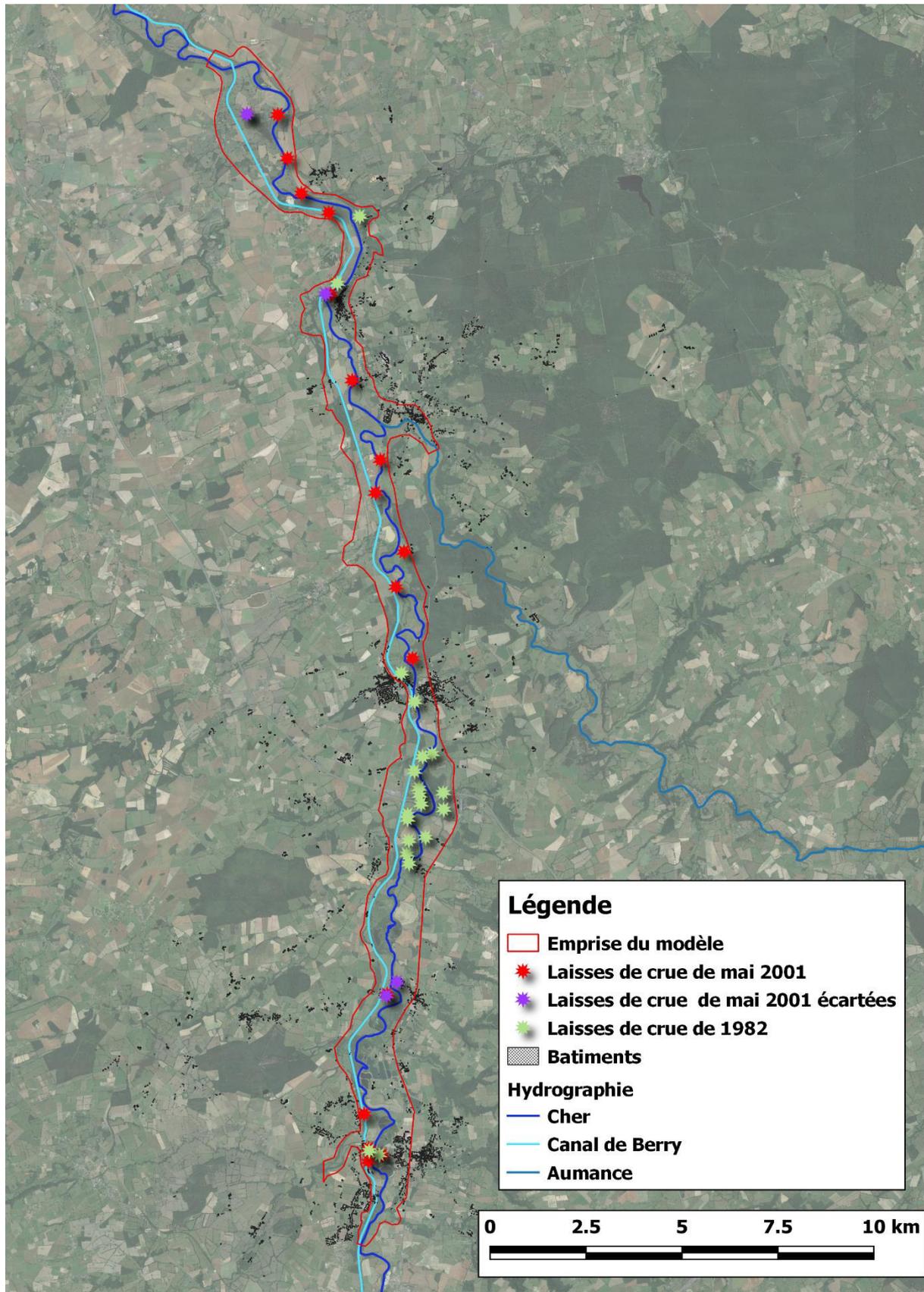


Figure 5 : Localisation des laisses de crue (mai 2001 et janvier 1982) le long du linéaire d'étude

### 3.3 Hydrogrammes de crue

Les hydrogrammes de crue utilisés pour le calage du modèle hydraulique sont les hydrogrammes de la crue de mai 2001 au droit des stations de Montluçon et de Hérisson fournis par la DREAL.

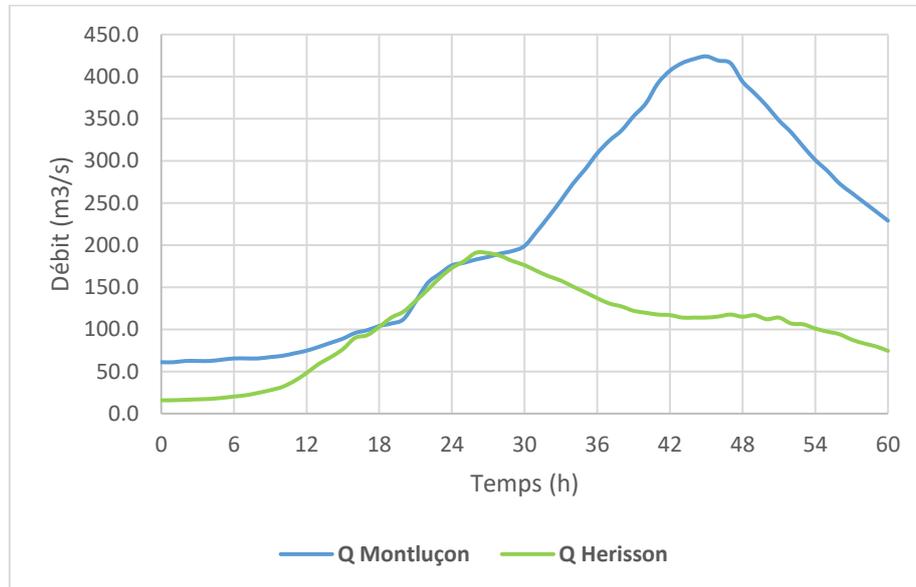


Figure 6 : Hydrogrammes de la crue de mai 2001 aux stations de Montluçon et de Hérisson

### 3.4 Résultats du calage

A l'issue du calage sur la crue de mai 2001, les coefficients de rugosité K retenus pour le modèle hydraulique sont donnés dans le tableau ci-après :

Occupation du sol		Coefficient de Strickler
Lit mineur		$16 < K < 25$
Lit majeur	Surface en eau	$K = 50$
	Surface végétalisée	$14 < K < 20$
	Surface urbanisée	10
	Forêt	5

Tableau 1 : Coefficients de rugosité du modèle hydraulique

La ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau des différentes laisses de crue sont présentés dans le graphe ci-après :

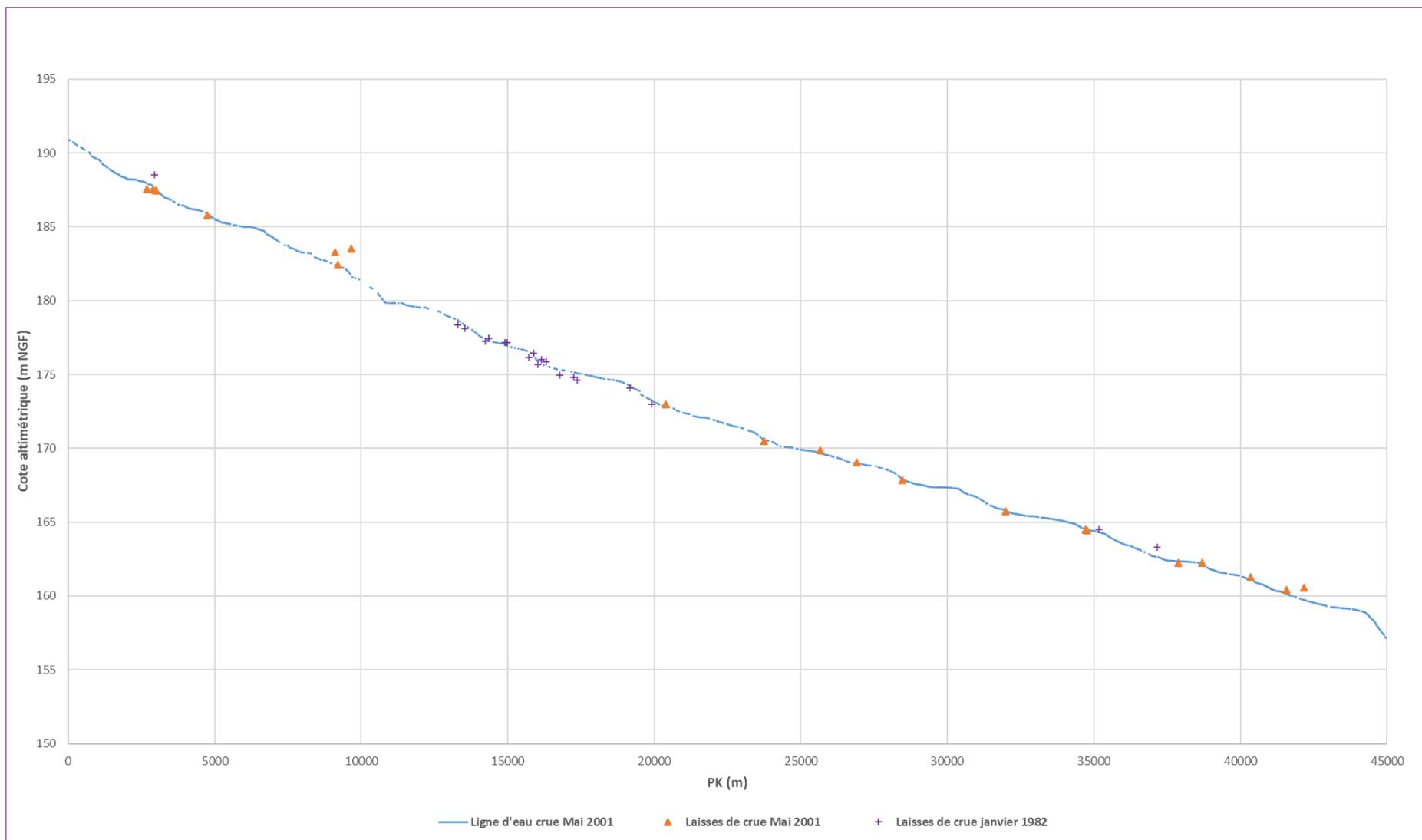


Figure 7 : Ligne d'eau modélisée pour la crue de calage (mai 2001) et laisses de crues (mai 2001 et janvier 1982)

Une analyse des écarts entre les niveaux relevés et les niveaux modélisés est représentée dans le tableau ci-après :

	Nb de laisses	Pourcentage
$\Delta z < -30 \text{ cm}$	0	0 %
$-30 \text{ cm} < \Delta z < -15 \text{ cm}$	5	31 %
$-15 \text{ cm} < \Delta z < 0 \text{ cm}$	3	19 %
$0 \text{ cm} < \Delta z < 15 \text{ cm}$	6	38 %
$15 \text{ cm} < \Delta z < 30 \text{ cm}$	1	6 %
$\Delta z > 30 \text{ cm}$	1	6 %

**Tableau 2 : Analyse des écarts entre les niveaux relevés et les niveaux modélisés**

La moyenne de la valeur absolue des écarts entre les niveaux relevés (16 laisses de crues) et les niveaux modélisés est de **14 cm**.

Le tableau complet présentant, pour chaque laisse de crue, les écarts entre le niveau relevé et le niveau modélisé est présenté en Annexe 2.

Pour la crue de janvier 1982 dans le secteur du pont autoroutier, les niveaux d'eau modélisés pour la crue de 2001 sont cohérents avec les laisses de crue. Pour rappel, cette comparaison est faite à titre indicatif, car si le débit de pointe de crue de 1982 est proche de celui de mai 2001, ni la forme de l'hydrogramme de la crue de 1982, ni la variation de la topographie entre 1982 et 2001 ne sont connues.

**En conclusion, après calage, le modèle hydraulique fournit un résultat satisfaisant pour la crue de mai 2001 : 65 % des écarts entre les niveaux relevés et les niveaux modélisés sont inférieurs à +/- 20 cm. Cette fourchette peut être assimilée à l'intervalle de confiance associé à la ligne d'eau résultant du modèle.**

### 3.5 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité est réalisée sur la crue de calage (mai 2001) sur les coefficients de rugosité (Strickler).

Afin d'étudier la sensibilité du modèle hydraulique aux coefficients de Strickler, deux autres scénarios ont été modélisés :

- augmentation des coefficients de Strickler du lit mineur et du lit majeur de 20 %,
- diminution des coefficients de Strickler du lit mineur et du lit majeur de 20 %.

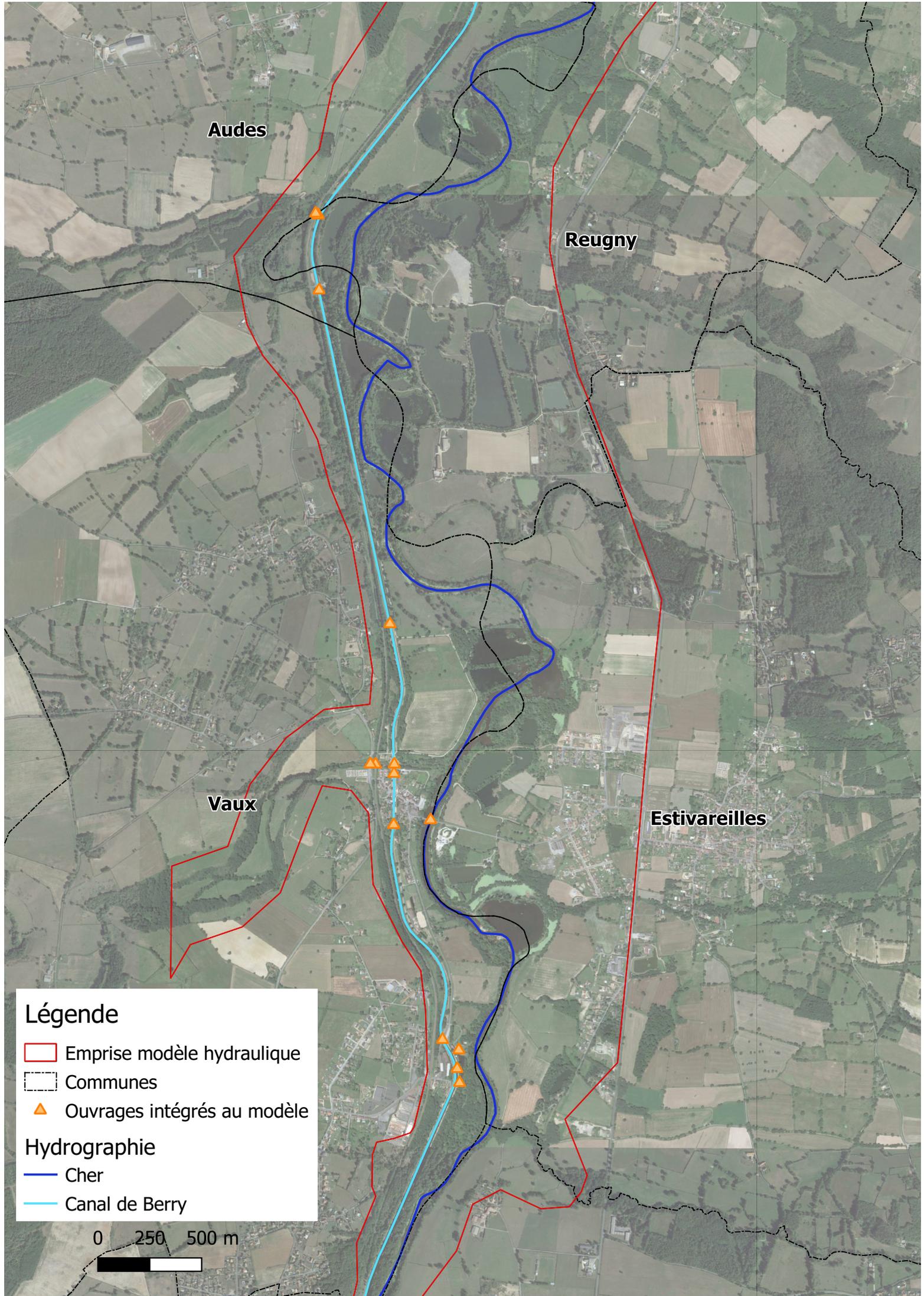
Dans le premier cas, la ligne d'eau est abaissée de 12 cm en moyenne, avec localement des hauteurs jusqu'à 24 cm plus basses que dans le cas initial.

Dans le second cas, la ligne d'eau est élevée de 18 cm en moyenne, avec localement des hauteurs jusqu'à 31 cm plus hautes que dans le cas initial.

### **Observation sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

## **Annexe 1: Cartographie des ouvrages intégrés au modèle**



**Audes**

**Reugny**

**Vaux**

**Estivareilles**

**Légende**

-  Emprise modèle hydraulique
-  Communes
-  Ouvrages intégrés au modèle

**Hydrographie**

-  Cher
-  Canal de Berry

0 250 500 m



Vallon-en-Sully

Nassigny

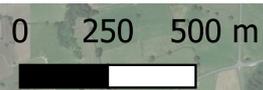
Reugny

**Légende**

-  Emprise modèle hydraulique
-  Communes
-  Ouvrages intégrés au modèle

**Hydrographie**

-  Cher
-  Canal de Berry



Meaulne-Vitray

Vallon-en-Sully

Nassigny

### Légende

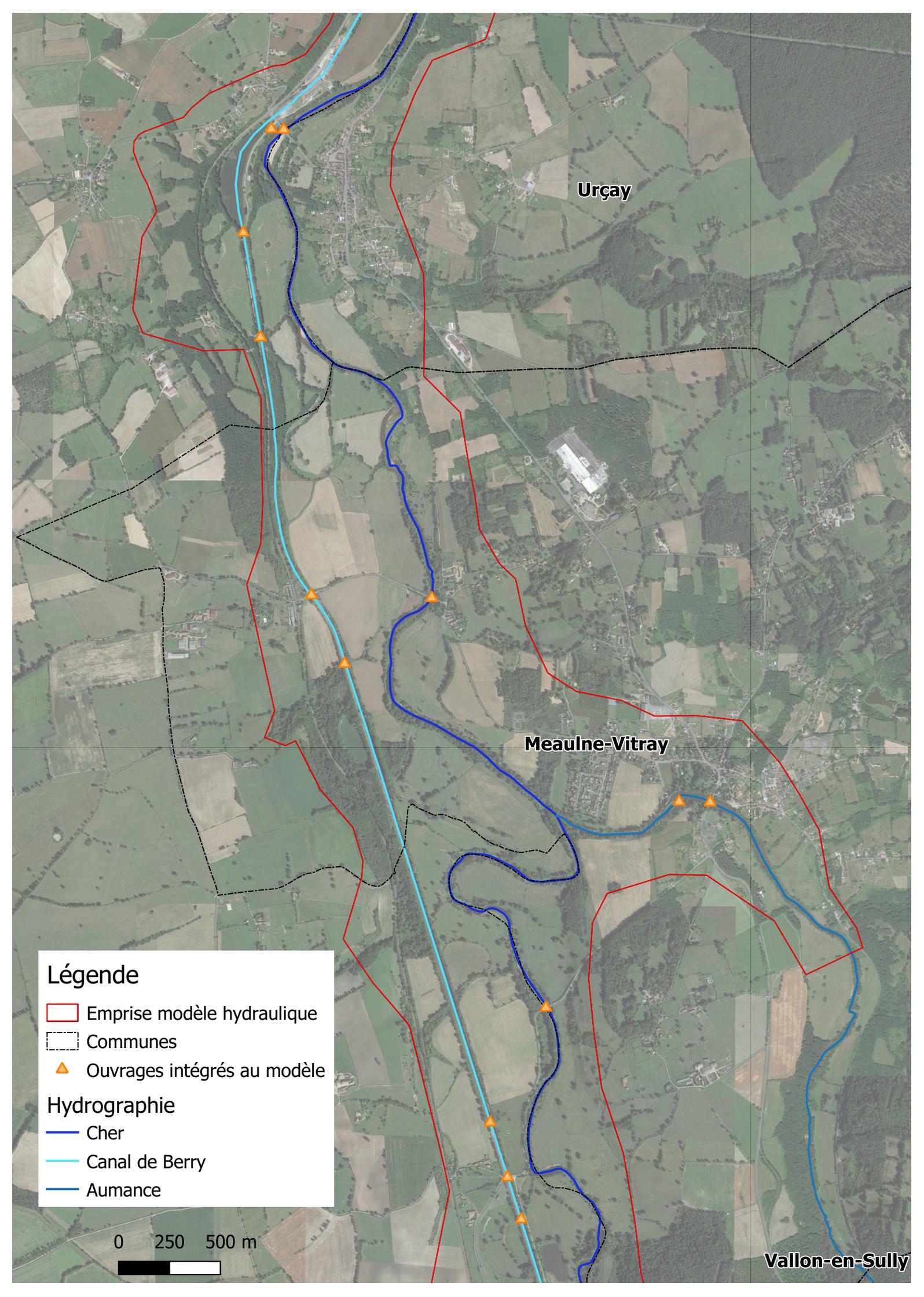
-  Emprise modèle hydraulique
-  Communes
-  Ouvrages intégrés au modèle

### Hydrographie

-  Cher
-  Canal de Berry
-  Aumance

0 250 500 m





Urçay

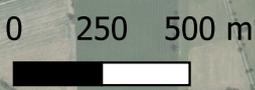
Meaulne-Vitray

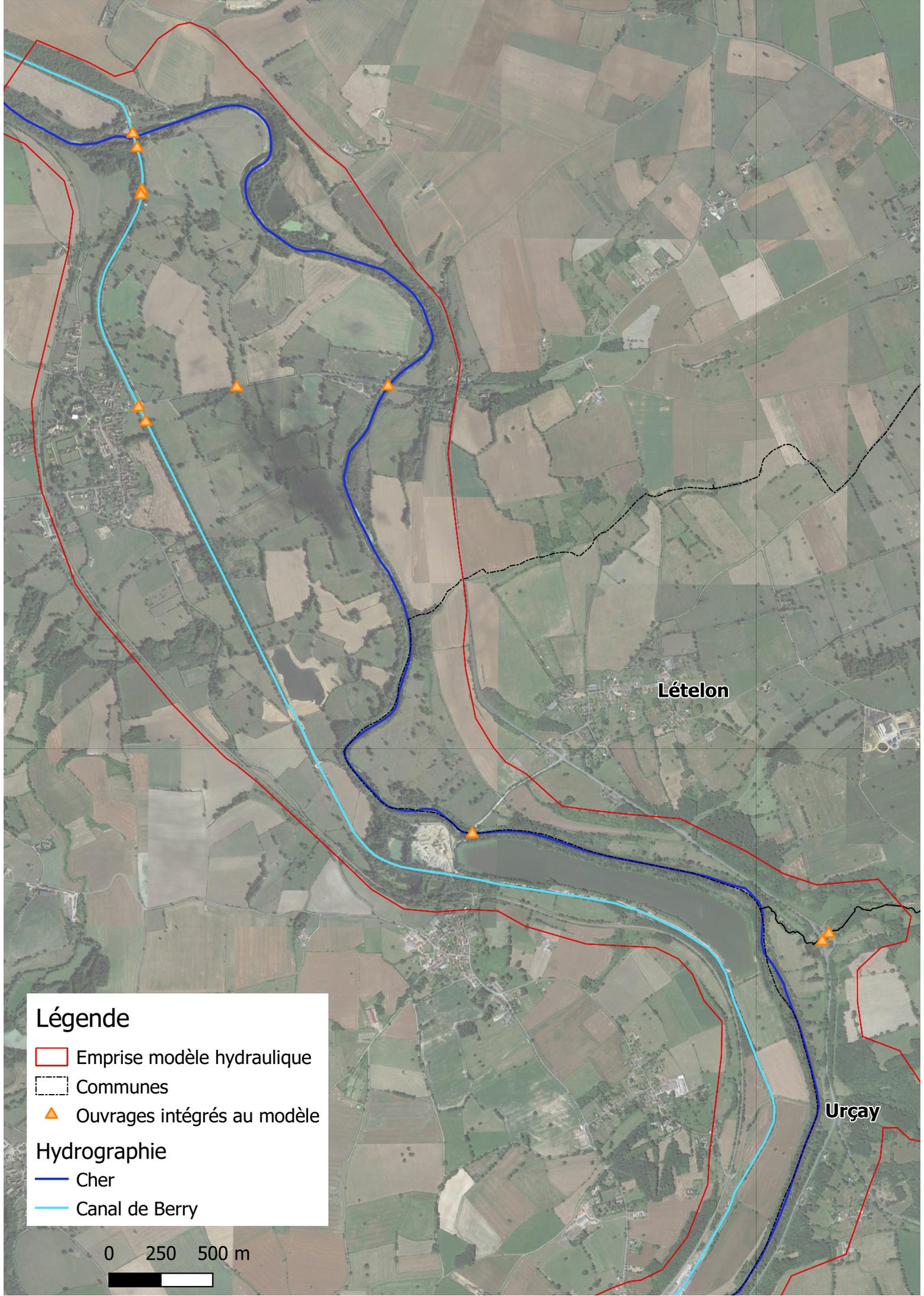
Vallon-en-Sully

### Légende

- Emprise modèle hydraulique
- Communes
- Ouvrages intégrés au modèle

- #### Hydrographie
- Cher
  - Canal de Berry
  - Aumance



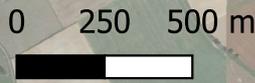


### Légende

-  Emprise modèle hydraulique
-  Communes
-  Ouvrages intégrés au modèle

### Hydrographie

-  Cher
-  Canal de Berry



Lételon

Urçay

## **Annexe 2 : Calage du modèle hydraulique**

Commune	X (long.)	Y (lat.)	Niveau relevé (m NGF)	Niveau modélisé (m NGF)	Ecart	Commentaires
Estivareilles	2.6036064	46.425024	187.56	187.8	0.24	
Vaux	2.5990501	46.426611	187.47	187.38	-0.09	
	2.5988508	46.4236121	187.55	187.96	0.41	
	2.5974798	46.4347191	185.78	185.91	0.13	
Audes	2.6052988	46.462904	182.44	182.49	0.05	
	<del>2.6050408</del>	<del>46.462543</del>	<del>183.31</del>	<del>182.60</del>	<del>-0.71</del>	Incompatible avec les voisines
Reugny	<del>2.6085753</del>	<del>46.465743</del>	<del>183.55</del>	<del>182.02</del>	<del>-1.53</del>	Incompatible avec les voisines
Vallon-en-Sully	2.6139016	46.5417507	173.01	172.83	-0.18	
	2.6110085	46.5667915	169.87	169.7	-0.17	
Meaulne-Vitray	2.5934617	46.607008	165.75	165.75	0	
	2.6030178	46.5883658	167.88	167.91	0.03	
Urçay	2.5861612	46.627223	164.46	164.45	-0.01	
Lételon	2.5762135	46.6508685	162.26	162.12	-0.14	
	2.57152	46.6590721	161.3	161.11	-0.19	
La Perche	<del>2.5844223</del>	<del>46.627298</del>	<del>164.51</del>	<del>163.75</del>	<del>-0.76</del>	Influence du ruissellement
	2.5854927	46.646346	162.26	162.31	0.05	
Epineuil-le-Fleuriel	2.6082477	46.5585609	170.51	170.63	0.12	
	2.6013373	46.5806341	169.06	168.83	-0.23	
Ainay-le-Vieil	<del>2.5577956</del>	<del>46.66942</del>	<del>160.55</del>	<del>159.56</del>	<del>-0.99</del>	Incompatible avec les voisines
	2.5682352	46.6692437	160.41	160.21	-0.2	



  
anteagroup®