

# Communauté de Communes des Combes

## PLAN LOCAL D'URBANISME

### 1. RAPPORT DE PRESENTATION

#### ANNEXES

Etude hydraulique du site de  
l'ancienne scierie et de l'ancienne  
forge à Scey-sur-Saône et Saint-  
Albin

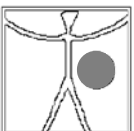
Pièce n° 1.

REVISIONS - MODIFICATIONS - MISES A JOUR

Arrêté par délibération du Conseil Communautaire  
le : 06.07.2017

Approuvé par délibération du Conseil  
Communautaire le : 20.06.2018

INITIATIVE, Aménagement et Développement



4 passage Jules Didier - 70 000 VESOUL  
Tél. : 03.84.75.46.47 - Fax : 03.84.75.31.69  
e.mail : initiativead@orange.fr



## COMMUNAUTE DE COMMUNES DES COMBES

Etude hydraulique du site de l'ancienne scierie et de  
l'ancienne forge à Scey-sur-Saône et Saint-Albin.



Historique des révisions				
VERSION	DATE	COMMENTAIRES	RÉDIGÉ PAR :	VÉRIFIÉ PAR :
2	05/2017	Résultats maille 5m. Projet retenu.	StB	GMG
1	03/2017	Calage, simulations états initial et futur	StB	GMG
0	01/2017	Création de document	StB	GMG

**Maître d'ouvrage :** Communauté de Communes des Combes  
**Mission :** Etude hydraulique du site de l'ancienne scierie et de l'ancienne forge à Scey-sur-Saône et Saint-Albin.

**Rapport n :** [Objet ]  
**En date du :** 02/05/2017

**Contact :** Stéphanie Bruniger, chargée d'affaires  
**Adresse :** Naldeo, Agence de Besançon,  
Le Pulsar, 4 chemin de l'Hermitage,  
25 000 Besançon  
Tél. : 03 81 52 38 38  
Fax : 03 81 41 09 96

#### Clause de confidentialité

Les informations contenues dans la présente offre commerciale sont strictement confidentielles et sont réservées à l'usage exclusif de la personne destinataire. Celle-ci s'engage à ne pas les divulguer ou à ne pas les communiquer à des tiers, par quelque moyen que ce soit.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ETUDE HYDROLOGIQUE</b>	<b>7</b>
2.1	Objet de l'étude .....	7
2.2	Stations hydrométriques.....	7
2.3	Typologie des crues de la Saône.....	8
2.4	Corrélation entre les débits enregistrés aux stations de Cendrecourt et Ray-sur-Saône .....	10
2.5	Analyse statistiques des débits de crue enregistrés aux stations de Cendrecourt et Ray-sur-Saône .....	10
2.5.1	Méthodologie .....	10
2.5.2	Analyse des résultats, comparaison avec l'étude de 2003.....	10
2.5.3	Débits caractéristiques retenus à Cendrecourt et Ray-sur-Saône .....	12
2.6	Débits caractéristiques retenus à Scey-sur-Saône.....	14
2.7	Construction des hydrogrammes de crue .....	15
2.7.1	Méthodologie .....	15
2.7.2	Application à Ray-sur-Saône.....	16
2.7.3	Définition des hydrogrammes à Scey-sur-Saône .....	16
2.7.4	Hydrogrammes des crues de calage .....	17
<b>3</b>	<b>REPERES DE CRUE</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>LEVES TOPOGRAPHIQUES</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>MODELE HYDRAULIQUE</b>	<b>24</b>
5.1	Type de modélisation et logiciel utilisé .....	24
5.2	Paramètres de calculs.....	25
5.2.1	Rugosité et calage .....	25
5.2.2	Limite amont .....	26
5.2.3	Condition aval .....	26
5.3	Calage .....	27
5.3.1	Méthodologie .....	27
5.3.2	Qualité du calage .....	27
5.4	Simulations historiques des crues de périodes de retour 5, 10, 20, 50 et 100 ans .....	31
5.5	Hypothèses retenues pour arrêter les aléas d'inondation du PPRI .....	34
5.5.1	Crue de référence retenue .....	34
5.5.2	Détermination de la zone inondable.....	34
5.5.3	Détermination de l'aléa inondation pris en compte pour l'établissement du futur PPRI. ....	34

<b>6</b>	<b>ZONAGE REGLEMENTAIRE</b>	<b>37</b>
6.1	Méthodologie .....	37
6.2	Cartographie des enjeux .....	37
6.3	Cartographie du zonage règlementaire.....	37
<b>7</b>	<b>ETUDE HYDRAULIQUE DE LA SITUATION FUTURE</b>	<b>39</b>
7.1	Le projet.....	39
7.2	Incidences du projet sur la ligne d'eau .....	39

## **Annexe**

Analyse statistique des débits de crue enregistrés aux différentes stations hydrométriques

## **Figures**

Carte de localisation des repères de crue et des profils en travers du lit mineur

Carte de la zone inondable de la crue de décembre 2001.

Cartes des zones inondables de référence : 5, 10, 20, 50 et 100 ans.

Carte de la zone inondable de crue centennale.

Carte des aléas.

Carte des enjeux (proposition).

Carte du zonage règlementaire (proposition).

## 1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

Le projet de réaménagement du Centre Bourg de Scey et des sites de l'ancienne scierie et de l'ancienne forge, a été conçu dès le départ pour intégrer la présence des deux cours d'eau (Saône et ruisseau de la Baume) de manière positive, en tirant parti leur attrait écologique, touristique et de loisir, tout en réservant un espace important à la restauration de la morphologie des berges (pentes douces) et du champ d'expansion des crues, dans la partie la plus proche du cours d'eau.

Par ailleurs, une autre partie du site (plus proche du centre-ville) pourrait accueillir des constructions à usage mixte ou d'habitation (cf scénario de programmation). Les propositions du programme concernant l'inondabilité conjuguent donc :

- Restauration de la qualité écologique du site (déblaiement des berges = 20 000 m<sup>3</sup>)
- Décaissement d'un « bras » complémentaire à la Saône (restitution d'espace et gain hydraulique 18 000 m<sup>3</sup>)
- Confortement des parties émergées (déblai-remblai) afin de réduire le risque d'inondation



Scénario de programmation actuel

Les principaux objectifs de l'étude hydraulique sont donc :

- de mettre à jour et de préciser le risque d'inondation sur l'emprise du projet, afin qu'il soit intégré dans la programmation et le zonage d'urbanisme
- de proposer, le cas échéant, les aménagements nécessaires en termes de zones de compensation

Pour cela, il est nécessaire de :

- actualiser l'aléa inondation sur le site pour tenir compte d'éventuelles modifications depuis 2003 (ouvrages, topographie) et d'une connaissance affinée de la topographie depuis 2001

- projeter le risque inondation (croisement hauteurs / vitesses) permettant d'anticiper le zonage PPRi, sur le site projet, avant et après aménagement
- modéliser des crues inférieures, pour connaître l'impact hydraulique du projet sur différentes gammes de crues
- trouver et dimensionner les mouvements de terrain nécessaires pour une éventuelle compensation hydraulique en volume « cote pour cote »



## 2 ETUDE HYDROLOGIQUE

### 2.1 Objet de l'étude

L'objectif de cette partie est de :

- mettre à jour les données aux stations hydrométriques : prise en compte des données supplémentaires entre 2003 (étude d'aléa pour le PPRI) et 2016 :
  - calculs des débits de référence par différents ajustements statistiques au droit des stations
  - estimer les débits de référence au droit du projet en tenant de la propagation des crues entre les stations.
- définition des hydrogrammes de crues de période de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans.

### 2.2 Stations hydrométriques

Le projet se situe entre les stations hydrométriques de Cendrecourt et Ray-sur-Saône dont les principales caractéristiques sont données dans le tableau suivant.

Station	N° dans la Banque Hydro	PK	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Données disponibles
CENDRECOURT	U0230010	392	1 130	1964 - 2017
RAY-sur-SAÔNE	U0610010	325	3 740	1964 - 2017

*Stations hydrométriques*

Entre ces stations, la Saône reçoit les affluents suivants :

- en rive droite :
  - la Mance (448 km<sup>2</sup>),
  - l'Ougeotte (148 km<sup>2</sup>),
  - le Ravin (41 km<sup>2</sup>) : il s'agit du seul affluent, rive droite et rive gauche confondues, situé entre Scey-sur-Saône et la station de Ray-sur-Saône
- en rive gauche :
  - le Révillon (19 km<sup>2</sup>),
  - la Superbe (90 km<sup>2</sup>),
  - la Lanterne (1 039 km<sup>2</sup>),
  - la Scyotte (33 km<sup>2</sup>),
  - le Durgeon (398 km<sup>2</sup>).

Le bassin versant de la Saône à Ray-sur-Saône est plus de 3 fois supérieur à celui contrôlé à la station de Cendrecourt.

La surface du bassin versant de la Saône en aval de la confluence avec le Durgeon, le dernier affluent reçu avant Scey-sur-Saône, est de 3 485 km<sup>2</sup>, soit 93% du bassin versant de la Saône contrôlé à la station de Ray-sur-Saône.

Compte-tenu de cette caractéristique, la construction des hydrogrammes de crues à Scey-sur-Saône se fera principalement depuis ceux mesurés ou calculés à Ray-sur-Saône.

### Station de Saint-Albin

La hauteur d'eau la plus élevée mesurée à la station de Scey-sur-Saône Saint Albin depuis 1850 est celle du 31/12/2001 (405 cm) (Cf. Banque Hydro).

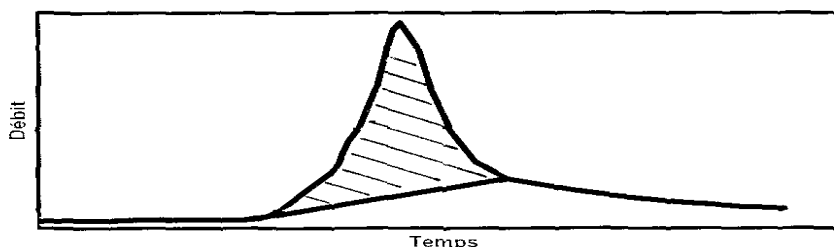
## 2.3 Typologie des crues de la Saône

La typologie des crues de la Saône est étudiée à partir des plus fortes crues mesurées à Ray-sur-Saône :

- la crue de décembre 1982, qui est la plus forte crue enregistrée à la station de Ray-sur-Saône,
- la crue de décembre 2001, qui est la plus forte crue enregistrée aux stations de Cendrecourt, Scey-sur-Saône et Saint-Albin, et Gray, et la deuxième plus forte crue mesurée à Ray-sur-Saône,
- la crue de mai 1983,
- les crues de 12/01, 12/81, 02/70, 02/80, 11/96, 11/00.

Pour chacune des crues considérées, différents paramètres hydrologiques caractéristiques sont définis :

- le débit de base (en m<sup>3</sup>/s), qui correspond au débit transité avant le déclenchement de la crue ;
- le débit maximum enregistré (en m<sup>3</sup>/s), qui permet de caractériser l'importance de la crue en terme de période de retour ;
- le temps de montée (en heures), qui correspond à la durée comprise entre le début du déclenchement de la crue et l'obtention du maximum ;
- la largeur à mi-hauteur du pic (en heures) : elle se rapporte à la durée de la crue pour le débit correspondant à la moitié du débit maximum ;
- le volume supérieur au débit de base (en millions de m<sup>3</sup>) : il permet d'évaluer le volume ruisselé de la crue, qui est représenté sur le schéma suivant par l'aire hachurée ;



- la période de retour (en années), qui fait référence à l'ajustement statistique de la série chronologique des débits maximums de chaque station et permet de caractériser en fréquence l'importance de la crue.

Le tableau qui suit présente les différentes données.

		déc-82	mai-83	févr-90	nov-96	nov-00	déc-01
débit de base	m <sup>3</sup> /s	181	142	66.3	34.2	65.6	23.2
débit de pointe	m <sup>3</sup> /s	930	850	595	629	615	923
temps de montée	h	73.2	100.6	79	73	60	74.8
volume supérieur au pic	Mm <sup>3</sup>	183.1	185.5	148.5	138.8	131.1	135.5
largeur à mi-hauteur du pic	h	110.6	112.9	74	62	78	36.1
période de retour	an	29	21	5	7	6	28
durée de la crue	j	10.46	9.13	10.42	6	6.5	7.3

*Caractéristiques des crues à Ray-sur-Saône.*

## 2.4 Corrélation entre les débits enregistrés aux stations de Cendrecourt et Ray-sur-Saône

Il n'existe pas de corrélation statistique significative entre les crues enregistrées à Cendrecourt et celles mesurées à Ray-sur-Saône.

## 2.5 Analyse statistiques des débits de crue enregistrés aux stations de Cendrecourt et Ray-sur-Saône

### 2.5.1 Méthodologie

Afin d'obtenir une estimation des débits de crue de période de retour donnée : 5 ans, 10 ans, 100 ans,...il a été procédé à un ajustement statistique des séries chronologiques des débits instantanés maximums annuels enregistrés aux stations de Cendrecourt et Ray-sur-Saône.

Deux lois de probabilité usuelles ont été testées : loi de Gumbel et loi de Frechet. Toutes deux sont des lois dites doublement exponentielles (ou lois des valeurs extrêmes) ; la différence est que l'ajustement est, dans le cas de la loi de Gumbel, réalisé directement sur la série classée des valeurs des débits maximaux instantanés annuels ; dans le cas de la loi de Frechet, l'ajustement s'effectue sur la série des logarithmes de ces valeurs.

### 2.5.2 Analyse des résultats, comparaison avec l'étude de 2003

Les figures données en annexe 1 permettent d'apprécier graphiquement les résultats des différents ajustements et de comparer les fréquences expérimentales des crues observées aux fréquences théoriques estimées par les deux approches. Afin de tenir compte de l'incertitude d'échantillonnage, l'intervalle de confiance à 95 % a été indiqué pour la méthode de Gumbel.

#### 2.5.2.1 La Saône à Cendrecourt

La série est constituée de 51 valeurs. On rappelle que la plus forte crue mesurée est celle du 30 décembre 2001.

Le débit maximum de cette crue est, pour cette station, éloigné de la droite moyenne d'ajustement de Gumbel, mais il recoupe en revanche la droite de la borne supérieure à 95%. Les autres points ont un comportement assez régulier avec une tendance à l'oscillation.

On présente dans le tableau ci-après les résultats de l'ajustement actuel et ceux pour celui réalisé sur la série de 1965 à 2001 (étude de 2003).

On peut observer que les résultats sont très peu différents. On notera qu'il ne s'est pas produit de crues majeures depuis 2001. La crue de décembre 2011 ( $368 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et d'octobre 2006 ( $342 \text{ m}^3/\text{s}$ ), les plus fortes crues, se classent respectivement 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> en importance de leur débit de pointe.

Période de retour (an)	Etude hydraulique de 2003 (1965/2001)		Etude hydraulique actuelle (1965/2016)	
	Q Gumbel(T) (moyenne)	Q Gumbel(T) (borne supérieure par la méthode des moments)	Q Gumbel(T) (moyenne)	Q Gumbel(T) (borne supérieure par la méthode des moments)
2	178	204	180	202
5	258	303	259	297
10	311	371	311	362
20	362	438	362	426
50	428	525	427	509
100	478	591	475	571

*Résultats des ajustements statistiques à Cendrecourt*

### 2.5.2.2 La Saône à Ray-sur-Saône

La série est constituée de 51 valeurs. On rappelle que la plus forte crue mesurée est celle de décembre 1982.

Les maxima des débits s'alignent correctement autour de la droite moyenne de Gumbel, à l'exception des crues de décembre 1981 et 2001, plus proches de la droite de la borne supérieure à 95%.

On présente dans le tableau ci-après les résultats de l'ajustement actuel et ceux pour celui réalisé sur la série de 1965 à 2001 (étude de 2003).

On peut observer que les valeurs moyennes actuelles de Gumbel sont légèrement inférieures à celles établies en 2003 (-6% pour le Q100, -8.5% pour Q100 IC95%).

On notera qu'il ne s'est pas produit de forte crue depuis 2001. Les plus fortes crues sont celles d'avril 2016 (556 m<sup>3</sup>/s) et mars 2006 (541 m<sup>3</sup>/s) qui se classent respectivement 12<sup>è</sup> et 13<sup>è</sup> en importance de leur débit de pointe.

Période de retour (an)	Etude hydraulique de 2003 (1965/2001)		Etude hydraulique actuelle (1965/2016)	
	Q Gumbel(T) (moyenne)	Q Gumbel(T) (borne supérieure par la méthode des moments)	Q Gumbel(T) (moyenne)	Q Gumbel(T) (borne supérieure par la méthode des moments)
2	454	507	438	480
5	614	702	585	656
10	719	839	683	778
20	821	972	776	896
50	952	1 145	897	1 050
100	1 050	1 275	987	1 166

*Résultats des ajustements statistiques à Ray-sur-Saône*

### 2.5.3 Débits caractéristiques retenus à Cendrecourt et Ray-sur-Saône

On a choisi, comme dans l'étude de 2003, de retenir pour les débits de période de retour supérieure à 10 ans, la valeur (arrondie) de la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de l'ajustement de Gumbel. En effet, au-delà de  $T = 10$  ans, la droite moyenne d'ajustement de Gumbel donne souvent des résultats sous-estimés, et l'examen des résultats précédents semble le confirmer dans le cas étudié. Ceci est lié à une plus forte saturation des sols et à un plus fort ruissellement pour ces événements majeurs, qui nécessitent de se caler au-delà de  $T = 10$  ans sur des ajustements donnant des résultats plus élevés. La borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% constitue en ce sens une approche satisfaisante.

Ensuite, comme les valeurs calculées en 2016 sont légèrement inférieures à celles de l'étude de 2003, on choisit de retenir celle de 2003 pour le débit centennal.

Pour les périodes de retour inférieures ou égales à 10 ans, on retient la valeur moyenne de l'ajustement de Gumbel actualisé.

Le tableau ci-dessous présente les débits de pointe retenus à Cendrecourt.

<b>T (ans)</b>	<b>QIX (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>T (ans)</b>	<b>QIX (m<sup>3</sup>/s)</b>
2	180	20	426
5	259	50	509
10	311	100	591

*Débits de pointe retenus à Cendrecourt.*

Le tableau ci-dessous présente les débits de pointe retenus à Ray-sur-Saône.

<b>T (ans)</b>	<b>QIX (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>T (ans)</b>	<b>QIX (m<sup>3</sup>/s)</b>
2	438	20	896
5	585	50	1 050
10	683	100	1 275

*Débits de pointe retenus à Ray-sur-Saône.*

## 2.6 Débits caractéristiques retenus à Scey-sur-Saône

Nous avons repris le schéma d'injection de débit de l'étude hydraulique de 2003. Ce schéma est décrit ci-dessous.

Le débit de crue d'une occurrence donnée de la Saône augmente fortement entre les stations de Monthureux-sur-Saône, Cendrecourt et Ray-sur-Saône. Pour permettre une augmentation plus graduelle et plus proche de la réalité dans le modèle de l'étude de 2003, des injections de débit au niveau des confluences des affluents ont été réalisées. Il est considéré que les apports des affluents sont fonction de la superficie de leur bassin versant rapportée à celle du bassin versant de la Saône à l'amont de la confluence. Les points d'injection traduisent donc l'augmentation du débit due à l'évolution de la superficie. Ceci inclut la superficie des affluents mais aussi celle des bassins versants intermédiaires entre deux confluences.

La valeur du débit d'injection n'est pas choisie linéairement proportionnelle au rapport des surfaces, mais calculée selon la formule proposée par Myers :

$$Q2 = \left(\frac{S2}{S1}\right)^{\alpha} * Q1$$

avec Q1 le débit d'une occurrence donnée (connu) de la station amont de l'intervalle, Q2 le débit (à déterminer par ce calcul) de la Saône au point d'injection considéré, S1 et S2 étant les superficies respectives du bassin versant de la Saône au droit de la station amont et du point d'injection.

Dans notre cas, le point n°1 est la station de Cendrecourt (S1=1 130 km<sup>2</sup>), et le point n°2 la Saône en aval immédiat de la confluence avec le Durgeon à Chemilly (S2= 3 485 km<sup>2</sup>), dernier affluent reçu par la Saône avant Scey-sur-Saône.

Le coefficient d'interpolation  $\alpha$  est calculé entre les stations de Monthureux-sur-Saône et Ray-sur-Saône, avec les débits de référence calculés précédemment à ces stations, en prenant pour point S2 la station aval de l'intervalle. Le tableau ci-dessous présente les valeurs pour les différentes occurrences de crue.

	S (km <sup>2</sup> )	T=100 ans	T=50 ans	T=20 ans	T=10 ans	T=5 ans	T=2 ans
Cendrecourt	1 130	600	509	426	311	259	180
Ray-sur-Saône	3 740	1 275	1 050	896	683	585	438
$\alpha$	0.63	0.63	0.60	0.62	0.66	0.68	0.74

Coefficient d'interpolation  $\alpha$



Le tableau ci-dessous présente les débits de référence retenus à Scey-sur-Saône.

T (an)	Cendrecourt	Scey-sur-Saône	Ray-sur-Saône
2	180	<b>416</b>	440
5	259	<b>558</b>	590
10	311	<b>652</b>	700
20	426	<b>858</b>	900
50	509	<b>1 006</b>	1 050
100	600	<b>1224</b>	1 280

*Débits de référence à Scey-sur-Saône.*

## 2.7 Construction des hydrogrammes de crue

### 2.7.1 Méthodologie

Les hydrogrammes de référence sont établis à partir de la méthode QDF développée par le CEMAGREFF.

La méthode QDF (Débit – Durée – Fréquence) permet la détermination des débits de pointe pour des crues de période de retour élevée à partir du débit de pointe de la crue décennale, ainsi que la réalisation d'hydrogrammes synthétiques monofréquence pour différentes périodes de retour.

Cette méthode a été mise au point par le CEMAGREF. Elle utilise plusieurs paramètres :

- T : période de retour ;
- D : durée de dépassement moyenne de  $Q_{max}/2$  pour les crues de période de retour élevée ;
- d : durée sur laquelle le débit Q (T,d) est dépassée.

Cette méthode suppose l'analyse de nombreuses crues historiques afin de déterminer ces données caractéristiques.

### 2.7.2 Application à Ray-sur-Saône

La méthode QDF est appliquée à la Saône à Ray-sur-Saône, station la plus proche et représentative de la zone d'étude.

Le paramètre D a été estimé à partir des hydrogrammes des plus fortes crues historiques mesurées (Cf. 2.3) à 2.5 jours (moyenne des durées de dépassement de  $Q_{max}/2$  pour les crues de 02/90, 11/96, 11/00, 12/01). On a écarté les crues de décembre 1982 et mai 1983 qui sont beaucoup plus larges.

Le débit décennal considéré est la valeur moyenne arrondie de l'ajustement de Gumbel en 2016 ( $700 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Ensuite, on réalise une correction pour obtenir les débits de pointe retenus. En effet, la méthode QDF fournit des débits de pointe un peu différents des débits retenus.

T (ans)	2	5	10	20	50	100
QIX par QDF	514	620	700	800	1 006	1 212
QIX retenu à Ray	440	590	700	900	1 050	1 280

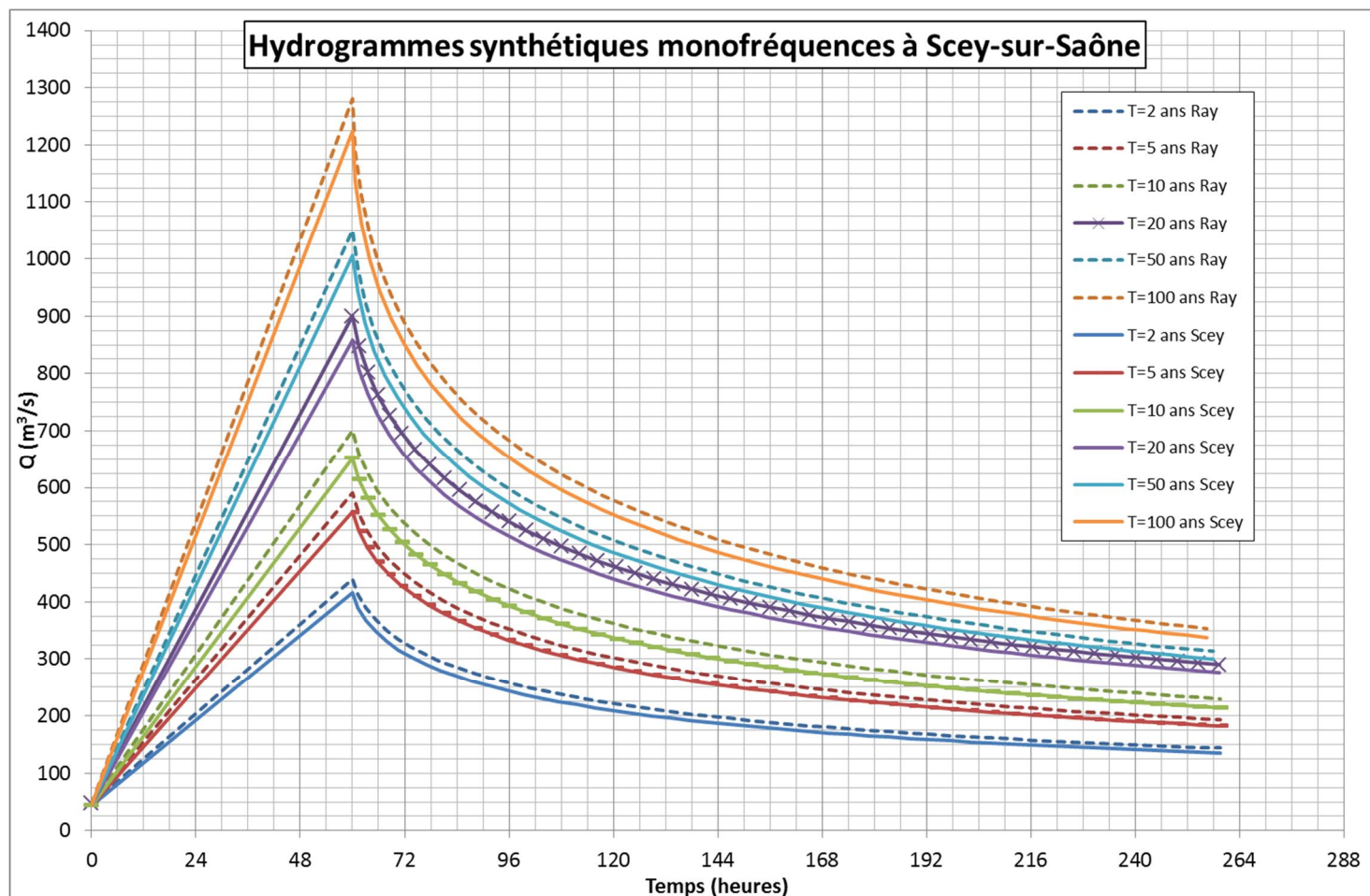
*Correction des hydrogrammes issus de QDF.*

### 2.7.3 Définition des hydrogrammes à Scey-sur-Saône

On applique aux hydrogrammes monofréquences une petite correction pour obtenir les débits de pointe à Scey-sur-Saône. Les débits de pointe à Scey-sur-Saône sont égaux en moyenne 95% des débits de pointe à Ray-sur-Saône.

Les hydrogrammes de référence sont présentés sur le graphique à la page suivante.

On a fait figurer également les hydrogrammes à Ray-sur-Saône.



### 2.7.4 Hydrogrammes des crues de calage

Les hydrogrammes des crues de décembre 1982 et décembre 2001 sont construits à partir de ceux mesurés à Ray-sur-Saône.

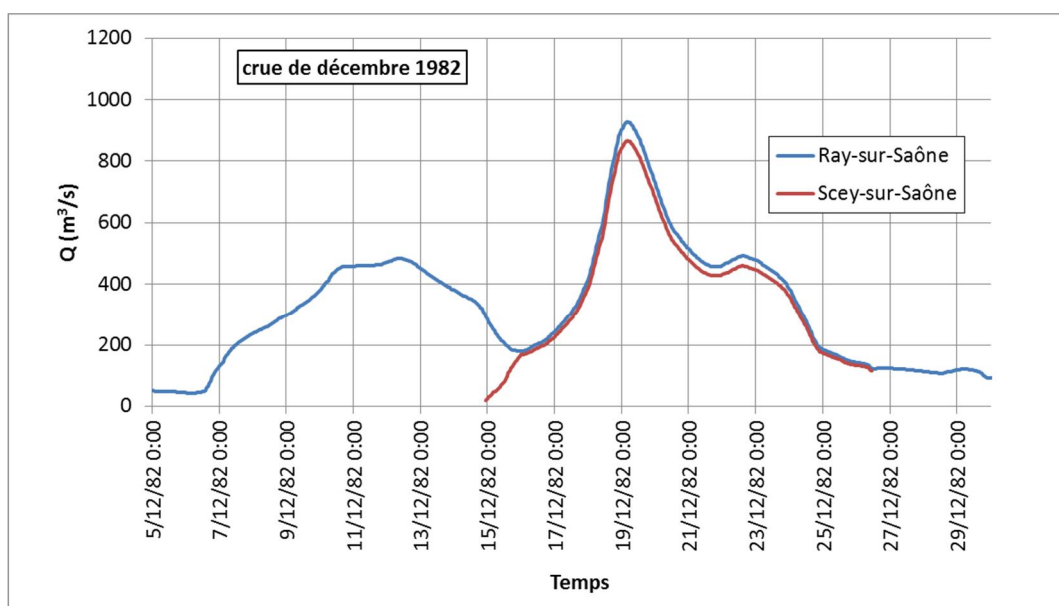
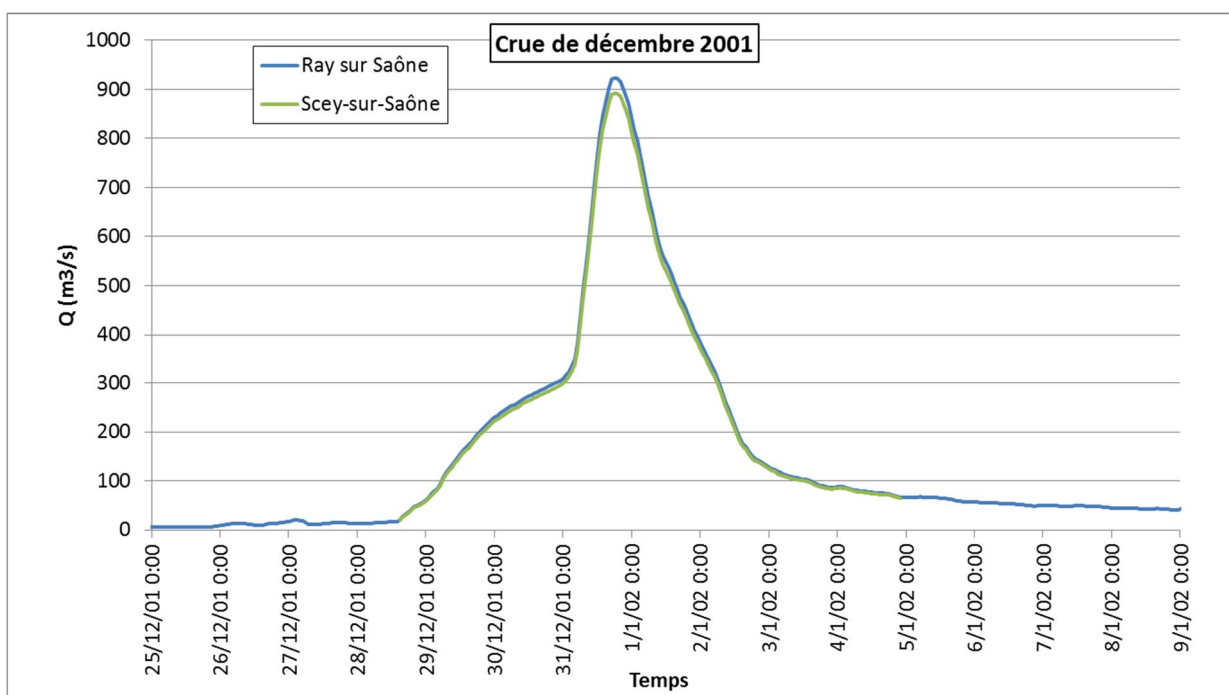
Le débit de pointe à Scey-sur-Saône est construit en première approche en appliquant comme pour les débits de référence, la formule de Myers entre Scey-sur-Saône et Cendrecourt. Le coefficient de corrélation de cette crue est déterminé à partir des débits de pointe mesurés à Cendrecourt et Ray-sur-Saône.

Le tableau ci-dessous présente les résultats.

Les graphiques ci-après présentent les hydrogrammes mesurés à Ray-sur-Saône et transposés à Scey-sur-Saône. Pour la crue de 12/1982, on a modifié l'hydrogramme entré dans le modèle pour ne simuler que la deuxième crue.

S (km <sup>2</sup> )	Cendrecourt	Ray-sur-Saône	Scey-sur-Saône	$\alpha$
S (km <sup>2</sup> )	1 130	3 740	3 494	
Q12/2001 (m <sup>3</sup> /s)	508	923	892	0.5
Q12/1982 (m <sup>3</sup> /s)	276	930	868	1.01

Débits de pointe à Scey-sur-Saône pour les crues de décembre 1982 et décembre 2001.



### 3 REPERES DE CRUE

---

Les repères de crue collectés dans la zone d'étude proviennent des sources suivantes :

- étude hydraulique de 2003,
- base de données de l'EPTB,
- enquête de terrain réalisée dans la présente étude,
- photographies de la crue de fournies par la Communauté de Communes des Combes.

Les repères de crue identifiés dans la présente étude ont été nivelés par l'EPTB.

Les fiches de ces repères de crue sont présentées à l'annexe n°2. La figure n°1 présente la localisation de ces repères.

Le tableau ci-après présente les repères de crue disponibles.

Treize repères de crues ont été collectés (sans compter l'échelle de Saint-Albin). Dix repères correspondent à la crue de décembre 2001 qui est la deuxième plus forte crue mesurée à Ray-sur-Saône après décembre 1982. On dispose de trois repères de crue pour décembre 1982. Pour ces repères de crue, on dispose également de la cote pour décembre 2001.

#### **Crue de 1840.**

Voies Navigables de France dispose d'un tableau des niveaux de la crue de 1840 : une valeur est donnée pour chaque PK. Dans l'étude de 2003, cette ligne d'eau a été reportée sur le profil en long et comparée à la ligne d'eau centennale.

La crue de 1840 reste presque partout au-dessous de la crue centennale, mais elle est plus élevée (de 20 à 50 cm selon les endroits) sur trois tronçons :

- du PK 376 au PK 372 (entre PORT d'ATELIER et CONFLANDEY) ;
- 367 à 364 (en aval du pont de PORT-sur-SAÔNE) ;
- 293 à 289 (en amont de RIGNY).

Sur le secteur d'étude, c'est donc la crue centennale qui est la plus élevée.

On notera toutefois qu'au droit de l'entreprise Fiday (repère de crue *Chas3*), le repère de crue de 1840 est le plus élevé.

N° repère	Commune	Source	Date de la (des) crue (s)	Cote du repère (m NGF)
Chem 1	Chemilly	Beture Cerec 2003	1a : 12/1982	209.51
			1b : 12/2001	209.5
Chem 2	Chemilly	Beture Cerec 2003	12/2001	209.5
Ferr 1	Ferrières-lès-Scey	Beture Cerec 2003	12/2001	208.94
Ferr 2	Ferrières-lès-Scey	Naldeo 2016	annuelle	208.92
Chas 1 (Fiday)	Chassey-lès-Scey	Beture Cerec 2003	1 a : 12/2001	208.24
			1 b : 12/1982	208.2
Chas 2	Chassey-lès-Scey	Beture Cerec 2003	12/2001	206.83
Chas 3 (échelle Fiday)	Chassey-lès-Scey	Naldeo 2016	3a : 12/2001	208.29
			3b : 12/1982	208.25
Scey 1	Scey-sur-Saône	Beture Cerec 2003	1a : 12/2001	208.35
			1b : annuelle	207.71
Scey 2	Scey-sur-Saône	Beture Cerec 2003	12/2001	207.48
Scey 3	Scey-sur-Saône	Beture Cerec 2003	12/2001	208.27
Scey 4	Scey-sur-Saône	Beture Cerec 2003	12/2001	207.75
Scey 5	Scey-sur-Saône	Naldeo 2016	04/2006	207.25

N° repère	Commune	Source	Date de la (des) crue (s)	Cote du repère (m NGF)
N°254	Scey-sur-Saône	EPTB	254a : 10/1930	207.97
			254b : 02/1970	207.7
Echelle de Saint-Albin	Scey-sur-Saône	Vérification du zéro de l'échelle par EPTB (203.05 m NGF)	12/2001	207.10
			12/1982	207.15
			03/1983	207.15

*Repères de crue.*

Pour *Chas 3*, sur la fiche fournie par l'entreprise, il est indiqué que le zéro de l'échelle correspond à la cote 207.31 m NGF. Comme cette cote conduisait à des incohérences, l'EPTB a nivelé le zéro de l'échelle, celui-ci est à la cote 208.08 m NGF. Les cotes de crue mesurées à l'échelle sont cohérentes avec les autres repères de crue. Sur la fiche de l'entreprise, d'autres crues sont notées. On les présente dans le tableau qui suit.

année	hauteur (m)	cote (m NGF)
1840	0.45	<b>208.53</b>
1973	0.17	208.25
1982	0.17	208.25
1990	-0.01	208.07
1996	0	208.08
2001	0.21	<b>208.29</b>

*Cotes mesurées à l'entreprise Fiday (Chas3).*

La cote la plus forte mesurée correspond à la crue de 1840. Cette cote est 24 cm supérieure à celle de 12/2001. La cote de 12/2001 est 4 cm supérieure à la cote de 1982.

Des cotes sont disponibles à l'échelle de Saint-Albin. Nous présentons ci-dessous les plus fortes mesurées.

<b>janv-55</b>	<b>3.7</b>	<b>206.75</b>
déc-81	3.6	206.65
déc-82	4.1	<b>207.15</b>
mai-83	4.1	<b>207.15</b>
févr-90	3.83	206.88
janv-94	3.61	206.66
févr-99	3.48	206.53
mars-01	3.49	206.54
déc-01	4.05	<b>207.1</b>

*Cotes de crue à l'échelle de Saint-Albin.*

Les plus fortes cotes mesurées à Saint-Albin correspondent aux crues de 1982 et 1983; elles sont situées 5 cm au-dessus de la cote de 12/2001.



## 4 LEVES TOPOGRAPHIQUES

---

Pour la construction du modèle hydraulique, les éléments topographiques suivants sont utilisés :

- plans photogrammétriques (échelle 1 / 5000) de la vallée de la Saône établis par le Cabinet Geomexpert de Montargis ; ces plans couvrent l'ensemble du lit majeur sur le secteur d'étude
- levés terrestres de profils en travers en lit mineur à un pas moyen d'un kilomètre, réalisés par le Cabinet Vuillemenot de Beaune entre février 2002 et juillet 2002
- levés de détail des ouvrages sur la Saône (ponts, barrages et déversoirs) réalisés par le Cabinet Vuillemenot de Beaune sur la même période ; la campagne de levé des ouvrages a été complétée durant l'automne 2002 par le levé des ouvrages de décharge (qui complètent, lors des crues, la section de passage offerte aux écoulements au niveau des ponts)
- plan topographique de la majeure partie du site d'implantation du projet réalisée en 2016
- 5 profils en travers du lit mineur réalisés en novembre 2016.

## 5 MODELE HYDRAULIQUE

### 5.1 Type de modélisation et logiciel utilisé

La modélisation a été réalisée en régime transitoire, c'est-à-dire que l'ensemble de l'hydrogramme de crue est modélisé (montée de crue, décrue). Le volume de la crue et les effets de laminage sont considérés.

Le tableau ci-dessous présente les linéaires modélisés en 1D et en 2D.

N° PK	Lit mineur	Lit majeur
358 à 353 (comprend la zone projet)	1D	2D
353 à 351	1D	Pseudo 1D

*Linéaires modélisées en 1D et 2D.*

La zone du projet est donc intégrée dans la zone plus vaste modélisée en 2D. La zone modélisée en 2D intègre l'ensemble de la courbure de la Saône, soit le secteur où la modélisation en 2D revêt son importance.

Du PK 358 au PK353, les échanges entre lit mineur et lit majeur sont générés automatiquement par le couplage des deux codes de calcul en fonction des cotes de berge du lit mineur.

Les modèles hydrauliques en 1D (dits aussi unidimensionnels, ou filaires) supposent que la cote d'inondation est constante sur un même profil en travers.

Les modèles hydrauliques en 2D (ou bidimensionnels) tiennent compte de la pente transversale de la surface de l'eau dans les coudes. Le long d'un même profil en travers, les cotes d'inondation peuvent varier en fonction des conditions d'écoulement. Ils permettent d'estimer le champ des vitesses (contrairement aux modèles 1D qui donne une vitesse moyenne).

Le grand avantage d'un modèle 2D est qu'il ne préjuge pas des points de débordement et des circuits d'écoulements préférentiels des flux débordés : ceux-ci sont déterminés par les calculs, contrairement à un modèle 1D maillé, qui repose sur des choix du modélisateur, celui-ci devant définir a priori tous les axes d'écoulement secondaires.

Le logiciel utilisé est MIKE FLOOD développé par DHI (Danish Hydraulic Institut). Cet outil est basé sur l'interaction dynamique et automatique entre les modèles MIKE Hydro (1D) et MIKE 21 (2D). Le maillage utilisé est le maillage classique (rectangulaire).

La densité moyenne de points de la photogrammétrie est de 1 point/2 500m<sup>2</sup>. Les lignes de ruptures ont été levées. Sur la zone projet, un levé plus précis a été réalisé en 2016 (densité de 1 point/30 m, avec plus de points dans les zones tourmentées). On notera que l'on dispose de quelques points pour le fossé de contour.

La taille de maillage retenue dans les premiers calculs étaient de 25 m×25 m. La taille avait été choisie en accord avec la densité de points. Le maillage classique ne permet pas de modifier la taille des mailles sur un même modèle.

Dans un second temps, on a repris les calculs avec un maillage de 5m afin d'avoir une cartographie plus fine.

Les résultats hydrauliques entre le maillage 25m et 5m sont très proches. Le calage a pu être conservé.

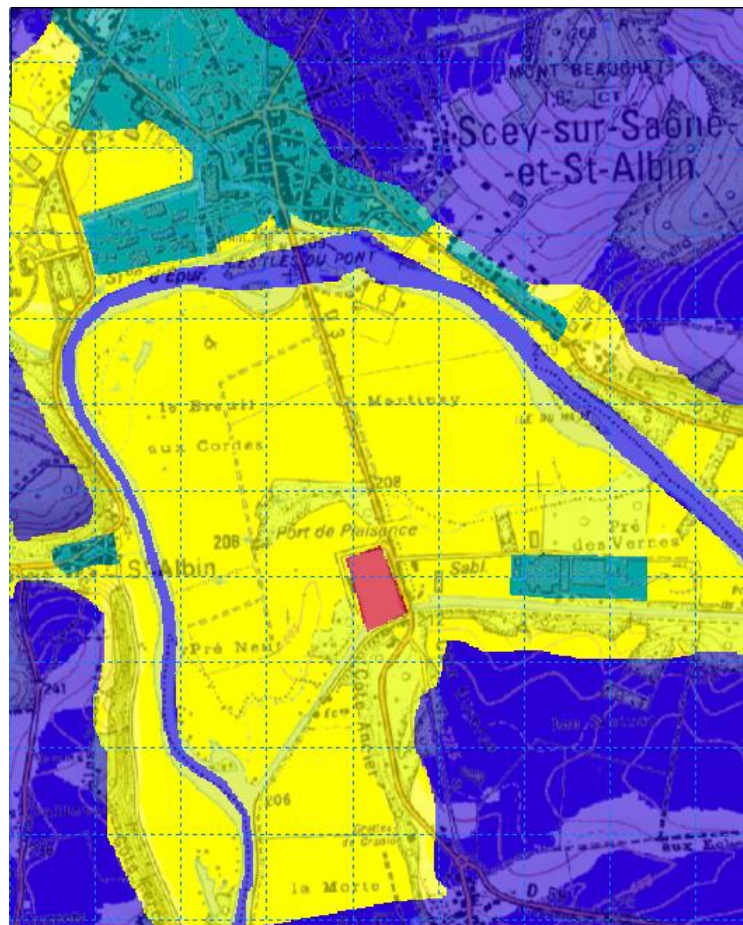
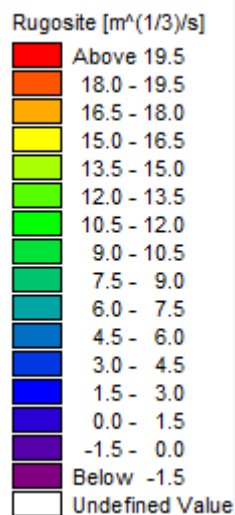
Dans ce rapport, on ne présente que les résultats hydrauliques issus du maillage 5 m.

## 5.2 Paramètres de calculs

### 5.2.1 Rugosité et calage

Les coefficients de rugosité (Strickler / [ $m^{1/3} s^{-1}$ ]) adoptés sont les suivants (description d'amont en aval) :

- en lit mineur : 30  $m^{1/3}/s$
- en lit majeur :
  - profil 353 à 351 : 12  $m^{1/3}/s$
  - profil 358 à 353 (2D) :
    - prairie : 15,
    - plan d'eau : 20,
    - zone urbanisée : 6.



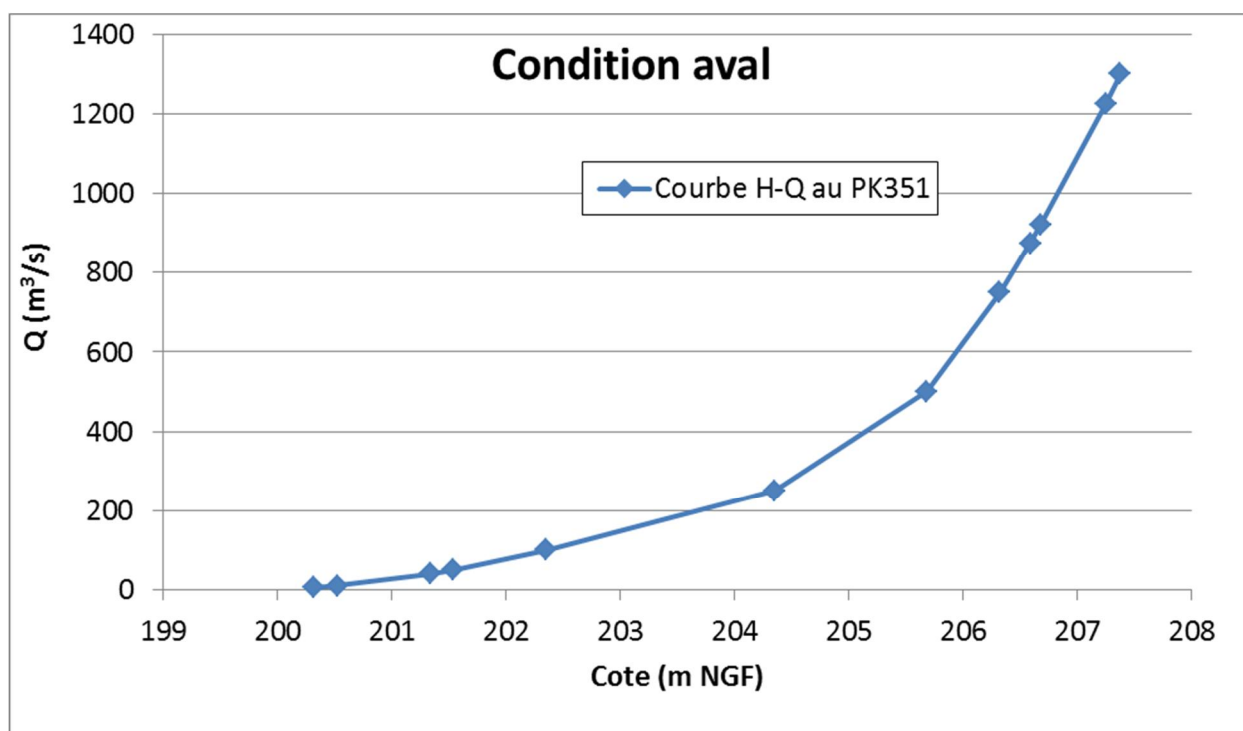
### 5.2.2 Limite amont

La limite amont correspond aux hydrogrammes de crue qui ont été définis dans la partie hydrologie : hydrogrammes des crues de calage de décembre 1982 et décembre 2001, hydrogrammes de références.

### 5.2.3 Condition aval

La cote à l'aval du modèle correspond à la cote de départ des calculs, puisque les écoulements étant en régime fluvial, la ligne d'eau est calculée d'aval vers l'amont.

A partir de la pente de vallée, des données de l'étude de 2003, on a établi une courbe H-Q (hauteur-débit) au profil aval PK351. Cette courbe est présentée ci-après.



## 5.3 Calage

### 5.3.1 Méthodologie

Le calage du modèle se fait en visant à reconstituer la ligne d'eau d'un événement connu. Pour notre étude, nous nous sommes appuyés en premier lieu sur les informations relatives à la crue de décembre 2001. En effet, c'est pour cet événement que nous détenons le plus d'informations. Les enquêtes de terrain, réalisées à l'occasion de différents projets, et de la présente étude nous ont permis de recueillir 11 repères de crue sur la zone modélisée, dont 8 rattachés à cette crue. Enfin, la crue de décembre 2001 est la deuxième plus forte crue mesurée à Ray-sur-Saône derrière celle de décembre 1982 (7 m<sup>3</sup>/s de moins que cette dernière).

Nous avons également modélisé la crue de décembre 1982 pour laquelle nous disposons de 2 repères de crue. Cette crue est très proche de celle de 2001.

Nous avons modélisé la crue d'avril 2016 qui est la dernière qui s'est produite. Son débit est de 553 m<sup>3</sup>/s à Ray-sur-Saône. L'occurrence de cette crue est un peu inférieure à la quinquennale.

Classiquement, le calage du modèle consiste à ajuster les coefficients de rugosité et les coefficients de perte de charge aux ouvrages (Cf. § 5.2.1).

### 5.3.2 Qualité du calage

La zone inondable pour la crue de décembre 2001 est présentée en annexe dans la partie "Figures". Pour l'établissement de cette carte, les données du modèle ont été exportées dans un SIG (QGIS) et lissées.

Des extraits de cartes directement sorties du logiciel sont présentés ci-après pour illustrer le texte.

Le tableau ci-dessous présente les écarts entre les cotes calculées et les cotes des repères de crue.

Lorsque le repère est situé à proximité du lit mineur, ou en aval dans la partie modélisée en pseudo 2D (aval profil 353), on le compare à la cote calculée en 1D. Lorsque celui-ci se situe en lit majeur modélisé en 2D, on le compare à la cote calculée dans le 2D.

Certains repères sont jugés plus fiables car ils correspondent à des niveaux marqués lors de l'événement, ou à des repères par rapport à un élément précis (exemple d'un seuil d'une maison, d'une marche d'escalier...). C'est le cas des repères : Chas1, Chas3, Scey4, Scey2, et de l'échelle de Saint Albin. Ces repères sont bien approchés par le modèle, pour la plupart à moins de 5 cm, et pour les autres à 10 cm près.

Les cotes calculées par le modèle pour les repères Scey3, Scey1, Chas2 sont en revanche plus éloignées des cotes des repères de crue. Ces repères n'ont cependant pas la même fiabilité que les précédents. En calant dans le modèle les paramètres pour atteindre les repères de crue Scey3 et Scey1, les cotes d'eau calculées alors au droit des repères Chas1 et Chas3 sont trop élevées. En outre, les paramètres de rugosité utilisés ne sont pas cohérents avec la rugosité attendue. On n'a donc pas essayé d'atteindre ces repères de crue que nous jugeons trop élevés, et vraisemblablement peu précis.

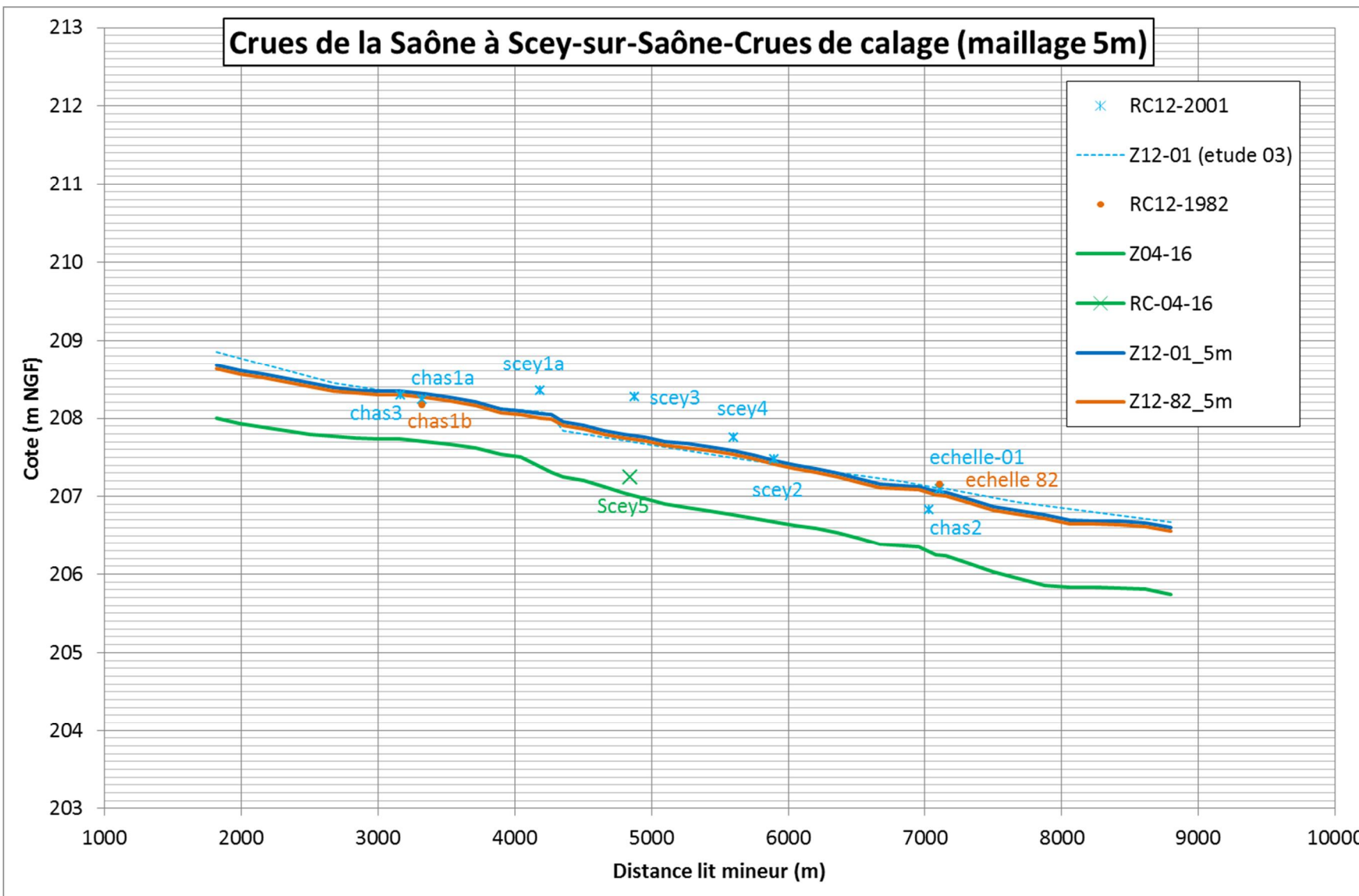
Pour l'échelle Saint-Albin, la cote mesurée pour la crue de décembre 1982 est plus forte (+0.05 m) que celle de décembre 2001, alors que le débit calculé à Scey depuis Ray-sur-Saône pour la crue de 2001 est

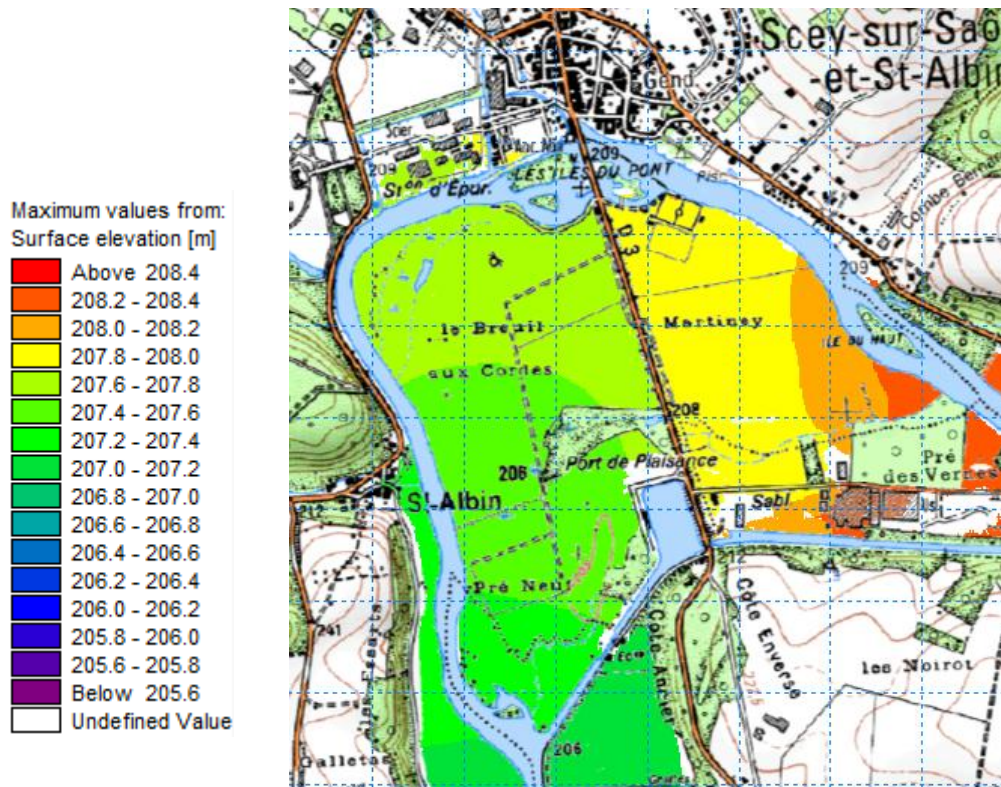
le plus fort (à Scey,  $Q_{12/01}=892 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{12/82} =868 \text{ m}^3/\text{s}$ ). C'est donc assez logiquement que si l'on approche bien la cote de décembre 2001 (-0.04 m), on est un peu plus éloigné de celle de décembre 1982 (-0.11 m). Le débit calculé à Scey pour la crue de décembre 2001 est légèrement supérieur (+24  $\text{m}^3/\text{s}$ ) à celui de la crue de décembre 1982, car à Cendrecourt, la crue de décembre 1982 était beaucoup plus faible que celle de décembre 2001 (508  $\text{m}^3/\text{s}$  pour décembre 2001, et 276  $\text{m}^3/\text{s}$  pour décembre 1982). Or la corrélation entre les débits de pointe de Cendrecourt et Ray-sur-Saône intervient sur l'estimation du débit de pointe à Scey. On notera que la cote d'eau mesurée à l'entreprise Fiday est plus élevée pour décembre 2001 (+0.04 m).

N° repère	RC 12/01	12/01-Modèle1D	12/01-Modèle 2D	RC 12/82	12/82 Modèle1D	12/82 Modèle 2D
Chas3	208.29		208.27 (-0.02)	208.25		208.22 (-0.03)
Chas1	208.24		208.24 (0.00)	208.2		208.20 (0.00)
Scey1	208.35	208.04 (-0.31)				
Scey3	208.27		207.80 (-0.47)			
Scey2	207.48		207.51 (+0.03)			
Scey4	207.75	207.42 (-0.33)				
Chas2	206.83	206.91 (+0.08)				
Echelle St-Albin	207.10	207.06 (-0.04)		207.15	207.04 (-0.11)	

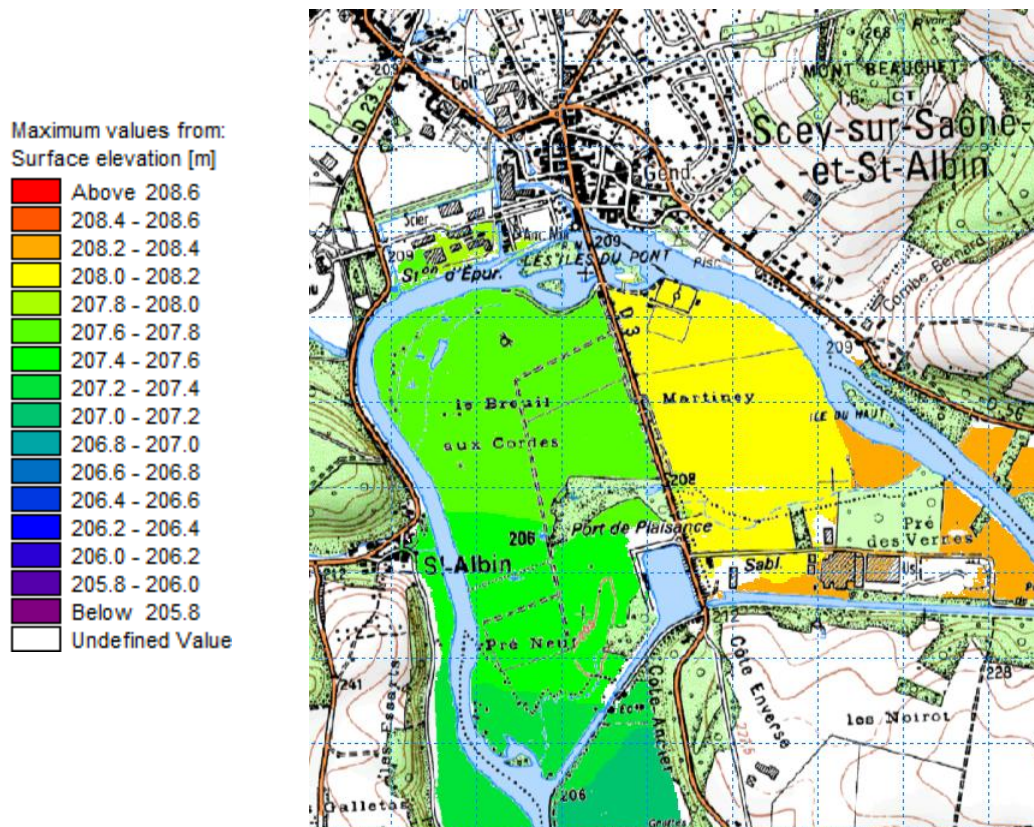
*Ecarts entre les repères de crues et les cotes calculées pour les crues de 12/01 et 12/82.*

Les lignes d'eau en lit mineur des crues de calage sont présentées sur le graphique ci-après. Les repères de crue ont été ajoutés, ainsi que la ligne d'eau de calage de la crue de décembre 2001 de l'étude de 2003. On pourra noter que la ligne d'eau calculée dans notre modèle est relativement proche de celle calculée en 2003. Nous sommes un peu au-dessus du profil 354 au pont de Scey (+0.12m à +0.14m).





Crue de décembre 1982. Cartes des cotes d'eau (m NGF)



Crue de décembre 2001. Cartes des cotes d'eau (m NGF)



## 5.4 Simulations historiques des crues de périodes de retour 5, 10, 20, 50 et 100 ans

Les crues de périodes de retour 5, 10, 20, 50 et 100 ans ont été simulées. Une carte superposant ces crues est présentée en annexe dans la partie Figure.

Les premiers débordements se font sur la zone projet (Phases 1 et 2) à partir de la crue décennale. Pour la crue vingtennale, seule la partie Sud du projet est inondée.



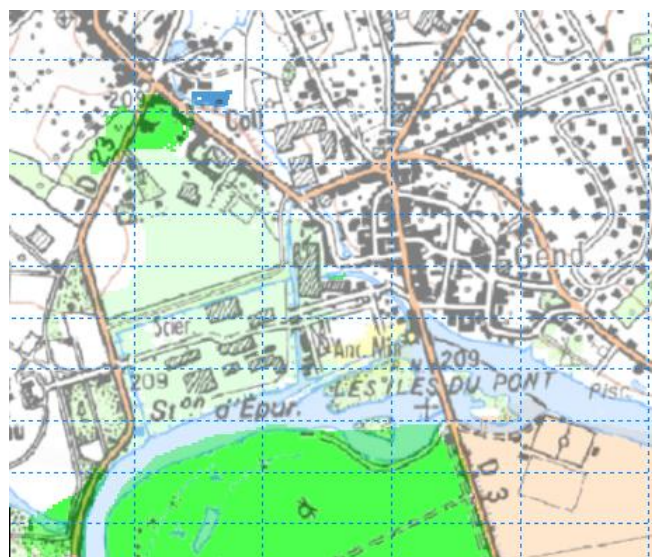
Crue décennale. Zone inondable



Crue vingtennale Zone inondable



Crue cinquanteennale. Zone inondable



Crue centennale. Zone inondable.

Pour la crue cinquantennale, la zone projet de la Phase 1 est assez inondée. Il reste une partie au Nord-Ouest non inondée. Pour la partie projet Phase 2, seule la pointe au Sud est inondée. Une partie de la phase 3 est inondée pour cette crue.

Pour la crue centennale, la partie projet Phase 1 est pratiquement entièrement inondée, il reste cependant toujours un îlot non inondé au Nord-Ouest. Les parties projet Phase 2 et Phase 3 sont partiellement inondées. Les terres situées au Nord de l'allée Noire sont inondées. La zone inondable centennale s'étend pratiquement jusqu'à l'avenue des Pâtis, et la rue Saint Albin.

Le remblai de la RD3 n'est pas submersible pour la crue centennale, il reste une revanche de 8 cm. La cote maximum pour la crue centennale en amont du remblai est de 208.63 m NGF, et la cote minimum du remblai est de 208.71 m NGF.

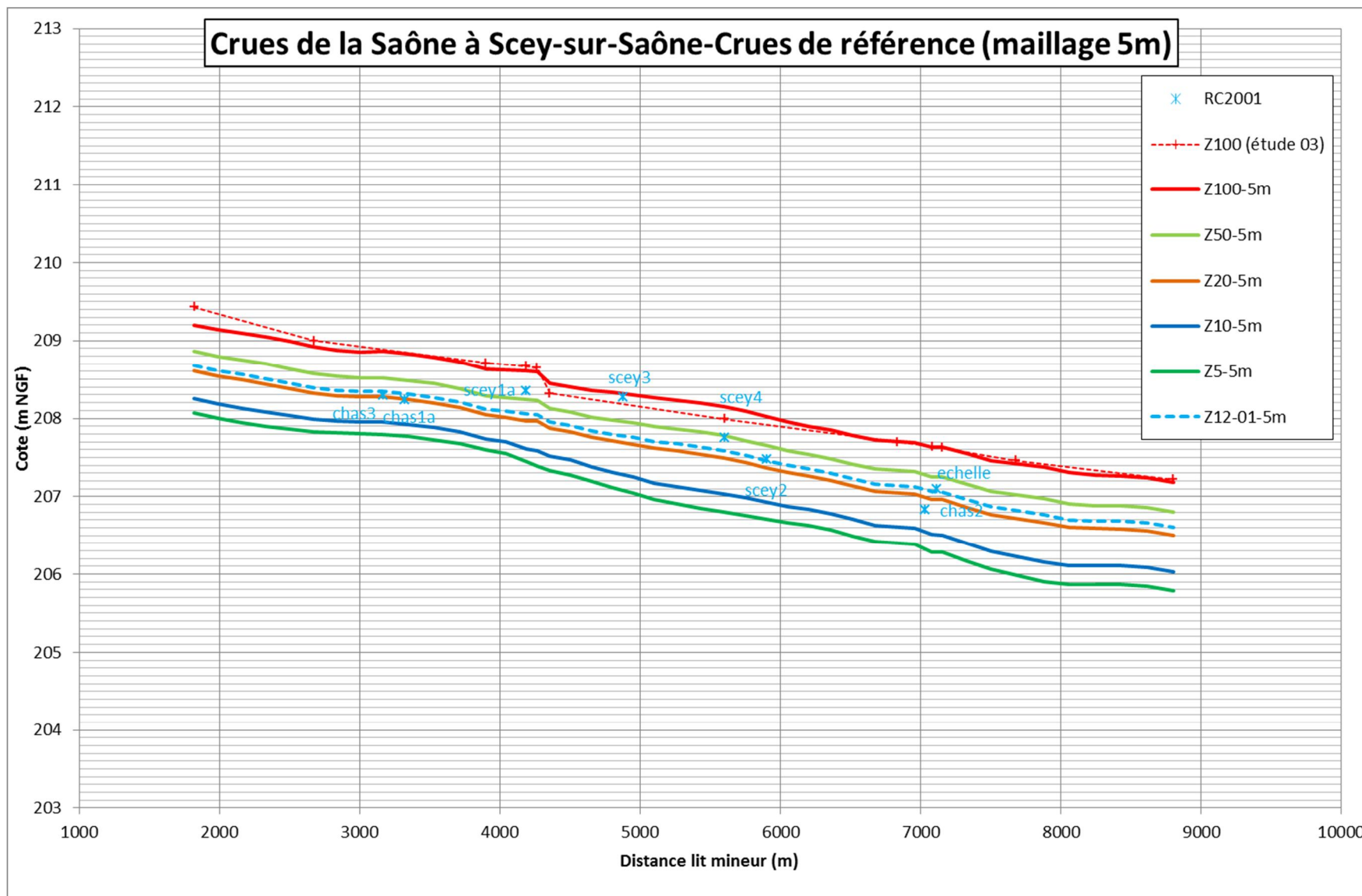
### **Déroulement des crues.**

Lors des crues, les premiers débordements se font en lit majeur droit en face de la prise d'eau du canal. Puis des débordements se font en lit majeur gauche au niveau de l'île du Haut. Les premiers débordements en aval du pont se produisent alors en lit majeur gauche vers Saint-Albin. Les débordements s'amplifient ensuite avec la montée de crue, d'abord en lit majeur gauche, puis plus tardivement en lit majeur droit vers le retour du canal dans la Saône.

Le secteur vers le stade est inondé tardivement.

Le secteur du Projet est inondé en dernier lieu. La durée d'inondation de la zone projet est de 50 heures pour la crue centennale pour les secteurs les plus inondés (Sud des phases 1 et 2). Le secteur Nord de la phase 1 est inondé 40 heures. Pour une crue comme 2001, la durée d'inondation de la zone projet est de 25 heures pour les secteurs les plus inondés.

On présente ci-après le profil en long des lignes d'eau en lit mineur de période de retour 5, 10, 20, 50 et 100 ans. On a ajouté la ligne d'eau centennale calculée dans l'étude de 2003. La ligne d'eau calculée dans la présente étude est très proche de celle calculée en 2003. Elle est légèrement supérieure du profil 354 au pont de Scey. C'était déjà le cas pour la crue de calage de 2001.



## 5.5 Hypothèses retenues pour arrêter les aléas d'inondation du PPRI

### 5.5.1 Crue de référence retenue

La crue de référence retenue pour établir le futur PPRI sera la crue d'occurrence centennale. En effet, les crues historiques possèdent des périodes de retour inférieures à la centennale. On rappelle que l'occurrence de la crue de décembre 1982, la plus forte crue mesurée à Ray-sur-Saône, est estimée en dessous de la centennale (occurrence de crue entre 20 et 50 ans).

### 5.5.2 Détermination de la zone inondable

Comme pour les crues de calage, les secteurs inondés sont déterminés par croisement du modèle numérique de l'eau pour la crue centennale (plan de la surface inondée) avec le modèle numérique de terrain (plan topographique en trois dimensions).

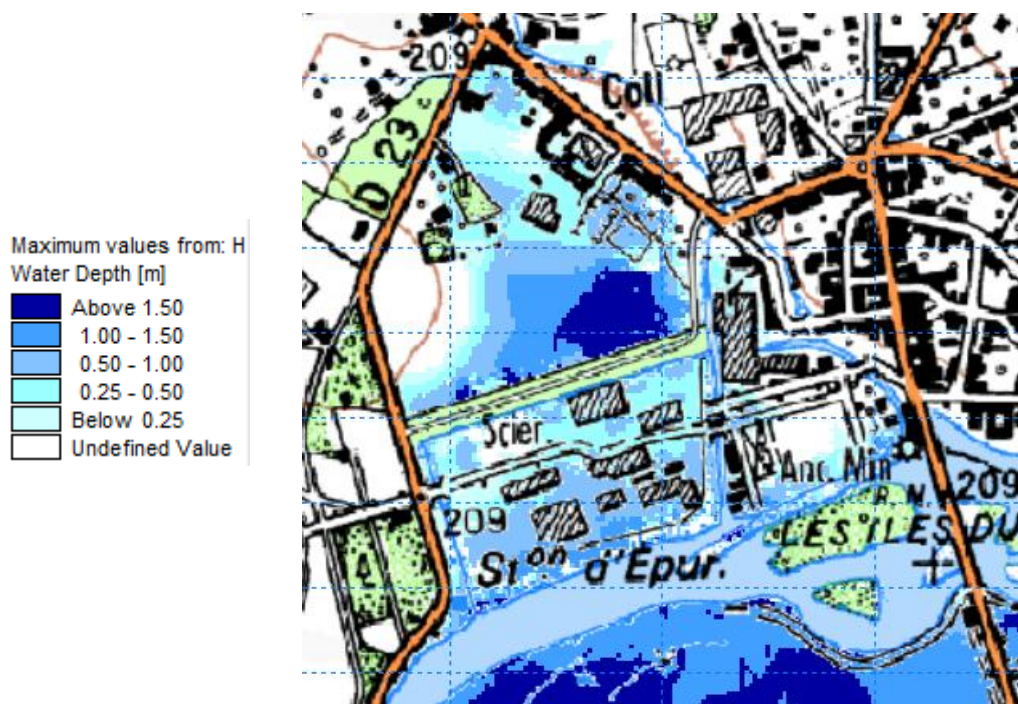
### 5.5.3 Détermination de l'aléa inondation pris en compte pour l'établissement du futur PPRI.

A partir des valeurs de hauteurs de submersion et des vitesses calculées, un aléa inondation est déterminé en utilisant la grille conventionnelle de classement suivante :

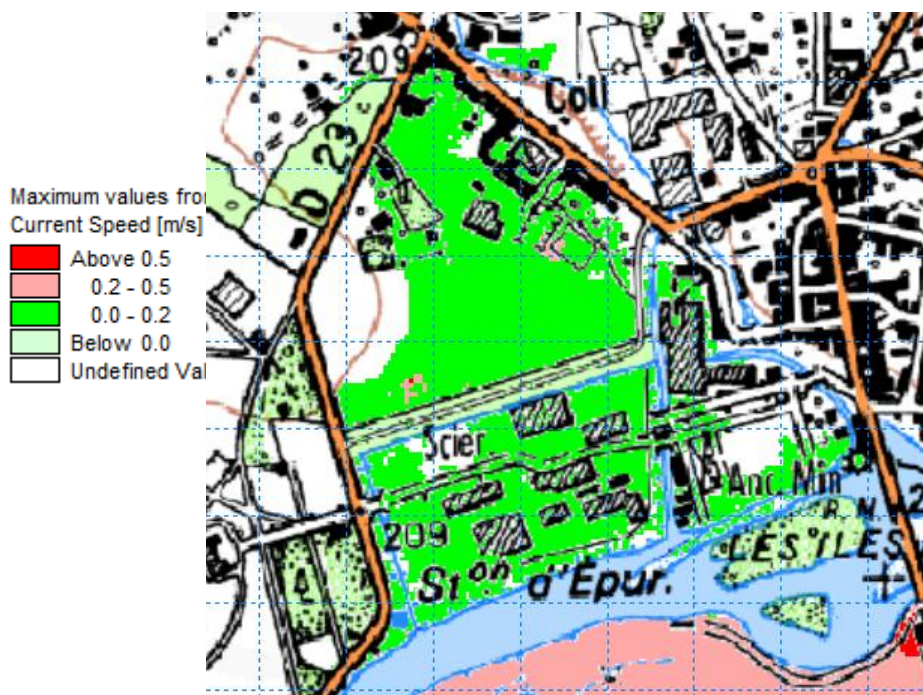
Hauteur/Vitesse	Faible : inf à 20 cm/s	Moyenne entre 20 et 50 cm/s	Forte sup à 50 cm/s
Inférieure à 0.50 m	aléa faible	aléa moyen	aléa fort
Entre 0.50 m et 1 m	aléa moyen	aléa moyen	aléa fort
Entre 1 m et 1.50 m	aléa fort	aléa fort	aléa très fort
Supérieure à 1.50 m	aléa très fort	aléa très fort	aléa très fort

*Grille de détermination de l'aléa inondation.*

Les cartes issues du modèle hydraulique présentant les hauteurs et vitesses maximum au droit du projet pour la crue centennale sont présentées ci-après. En annexe, on a présenté la carte des hauteurs d'eau sur fond cadastral (figure "Carte des hauteurs d'eau. Zone projet").



Carte des hauteurs d'eau maximums pour la crue centennale.



Carte des vitesses maximums pour la crue centennale.

Les hauteurs d'eau pour la crue centennale restent inférieures à 1 m sur la zone projet (Phases 1,2 et 3), à l'exception d'un secteur dans la Phase 1 situé le long de la Saône.

Les vitesses sont inférieures à 0.2 m/s sur l'ensemble de la zone projet (Phases 1,2 et 3), y compris sur les terrains inondés situés plus au Nord.

Dans ce cas, l'aléa est donné par la hauteur d'eau.

L'aléa inondation sur la zone du projet est donc :

- faible où les hauteurs d'eau sont inférieures 0.5 m,
- moyen où les hauteurs d'eau sont comprises entre 0.5 et 1 m,
- fort où les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m.

La majorité de la zone projet (Phases 1, 2 et 3) est située en aléa faible et moyen. Sur la partie située en aléa fort, il est prévu dans l'esquisse du projet (§1) la mise en place d'activité sans enjeu humain (secteur loisirs, pêche).

On notera également que des zones non inondables sont présentes dans les Phases 1, 2 et 3.

## 6 ZONAGE REGLEMENTAIRE

### 6.1 Méthodologie

Il est proposé dans cette étude un zonage règlementaire **de la zone projet** conformément à l'établissement du futur PPRI.

Il est d'abord établi une carte des enjeux et des zones urbanisées, puis cette carte est croisée à la carte des aléas pour établir la carte du zonage règlementaire.

### 6.2 Cartographie des enjeux

Il a été élaboré la cartographie des enjeux et des zones urbanisées présents dans le champ d'inondation de la crue de référence pour la zone projet.

La classification suivante est utilisée :

- zones peu ou pas urbanisées,
- zones moyennement urbanisées, zones industrielles et commerciales et équipements divers,
- zones urbanisées denses.

La zone du projet est un ancien site industriel.

Cette carte est proposée en annexe dans la partie "Figures" (Carte des enjeux).

Le projet est classé dans "Zone moyennement urbanisées, zones industrielles et commerciales".

### 6.3 Cartographie du zonage règlementaire

Le champ d'inondation de la crue de référence est qualifié en fonction de deux zones dont une définition courte est donnée ci-dessous :

- une zone bleue où l'urbanisation restera encore admise sous réserve de la prise en compte dans les projets du risque inondation,
- une zone rouge qui sera préservée de toute urbanisation.

Cette carte est élaborée en croisant la carte d'aléas et la carte des zones urbanisées et des enjeux à l'aide de la grille suivante :

Zones urbanisées Aléas	Zones non urbanisées	Zones moyennement urbanisées, zones industrielles et commerciales, équipements divers et bâtiments isolés à usage d'habitation	Zones urbanisées denses
Faible	Rouge	Bleu	Bleu
Moyen	Rouge	Bleu	Bleu
Fort	Rouge	Rouge	Bleu
Très fort	Rouge	Rouge	Rouge

(\*) y compris zones de transition avec l'urbanisation : jardins, espaces verts avec petites constructions non habitées (hangars, bûchers, etc.).

Cette carte est proposée en annexe dans la partie "Figures" (Proposition de zonage réglementaire sur la zone projet).

Le projet est classé en très grande partie en zone bleue. Un secteur le long de la berge de la Saône est classé en rouge.



## 7 ETUDE HYDRAULIQUE DE LA SITUATION FUTURE

---

### 7.1 Le projet

#### Phase 1.

L'école de cirque sera mise en place dans la partie non inondée en situation actuelle pour la crue centennale. Une surface d'environ 4 200 m<sup>2</sup> est ainsi disponible. La cote centennale entourant cet ilot est de 208.33 m NGF.

Pour les terrains de tennis, ils seront construits sans remblai à l'endroit prévu dans le projet. Le secteur est inondé par moins de 0.5m d'eau pour la crue centennale. Les terrains sont inondables au-delà de la crue vingtennale. La durée d'inondation des terrains calculée pour la crue centennale (hydrogramme synthétique monofréquence) est de 40 heures.

#### Phase 2.

Seule la pointe Sud-Ouest de la phase 2 est située en aléa fort. Le bâti futur sera positionné en dehors de cette zone.

Le reste de la phase 2 est situé en aléa faible ou moyen, ou en dehors de la zone inondable. Ces terrains sont inondables au-delà de la crue vingtennale.

#### Phase 3.

La phase 3 est située en aléa faible ou en dehors de la zone inondable de référence. Ces terrains sont inondables au-delà de la crue vingtennale.

### 7.2 Incidences du projet sur la ligne d'eau

Le projet a été établi avec la connaissance du risque inondation du site. Il respecte la grille du zonage réglementaire. Ainsi, le cirque est positionné sur une partie hors d'eau pour la crue centennale. Il n'est réalisé aucun remblai.

La surface bâtie dans les phases 2 et 3 ne dépassera pas la surface bâtie actuelle. La pointe Sud-Ouest de la phase 2 ne sera pas bâtie.

Le projet n'aura donc pas d'incidence sur les crues.



## FIGURES



## Etude de la SAONE à CENDRECOURT (1)

ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE PAR GUMBEL ET FRECHET

Données de base: S.b.v.(km2)= 1130

### Données hydrologiques brutes

(D'après DIREN) nb données : 51

Date	QMI m <sup>3</sup> /s	LnQMI m <sup>3</sup> /s
01/03/1965	128	4.85
01/01/1966	146	4.98
01/12/1966	181	5.20
01/01/1968	158	5.06
01/03/1969	155	5.04
01/02/1970	266	5.58
01/01/1971	54.5	4.00
01/07/1972	50.5	3.92
01/11/1972	226	5.42
01/02/1974	140	4.94
01/12/1974	137	4.92
01/02/1976	91.5	4.52
01/02/1977	187	5.23
01/03/1978	187	5.23
01/02/1979	173	5.15
01/02/1980	293	5.68
10/06/1981	140	4.94
17/12/1981	247	5.51
26/05/1983	287	5.66
15/01/1984	222	5.40
10/05/1985	131	4.88
01/04/1986	199	5.29
19/12/1986	192	5.26
06/01/1988	210	5.35
06/12/1988	124	4.82
15/02/1990	202	5.31
28/12/1990	158	5.06
23/12/1991	121	4.80
16/11/1992	97.2	4.58
07/01/1994	294	5.68
26/01/1995	271	5.60
25/12/1995	92.3	4.53
13/11/1996	389	5.96
12/12/1997	131	4.88
10/03/1999	297	5.69
20/12/1999	251	5.53
14/11/2000	187	5.23
30/12/2001	508	6.23
05/01/2003	130	4.87
14/01/2004	194	5.27
08/04/2005	129	4.86
10/03/2006	232	5.45
04/10/2006	342	5.83
01/06/2008	141	4.95
11/02/2009	88.1	4.48
25/12/2009	141	4.95
09/12/2010	193	5.26
17/12/2011	368	5.91
02/02/2013	264	5.58
02/05/2015	113	4.73
17/04/2016	261	5.56
<b>Qmax moy</b>	<b>194.5</b>	<b>5.2</b>
<b>Ecart type</b>	<b>89.3</b>	<b>0.5</b>
<b>Ko</b>	<b>154.3</b>	<b>5.0</b>
<b>1/alpha</b>	<b>69.8</b>	<b>0.4</b>

#### GUMBEL

Ko1 = Qmax moy - 0.45\*(écart type)

1/alpha1 = 0.78\*(écart type(Qmax))

#### FRECHET

Ko2 = [Ln(Qmax)] moy - 0.45\*(écart type)

1/alpha2 = 0.78\*(écart type[Ln(Qmax)])

## Etude de la SAONE à CENDRECOURT (2)

## Données hydrologiques triées

Date	QMI m <sup>3</sup> /s	LnQMI m <sup>3</sup> /s	F	u(F)	T ans
01/07/1972	50.5	3.92	0.02	-1.374	1.0
01/01/1971	54.5	4.00	0.04	-1.181	1.0
11/02/2009	88.1	4.48	0.06	-1.048	1.1
01/02/1976	91.5	4.52	0.08	-0.942	1.1
25/12/1995	92.3	4.53	0.10	-0.851	1.1
16/11/1992	97.2	4.58	0.12	-0.770	1.1
02/05/2015	113	4.73	0.13	-0.696	1.2
23/12/1991	121	4.80	0.15	-0.627	1.2
06/12/1988	124	4.82	0.17	-0.562	1.2
01/03/1965	128	4.85	0.19	-0.500	1.2
08/04/2005	129	4.86	0.21	-0.440	1.3
05/01/2003	130	4.87	0.23	-0.383	1.3
10/05/1985	131	4.88	0.25	-0.327	1.3
12/12/1997	131	4.88	0.27	-0.272	1.4
01/12/1974	137	4.92	0.29	-0.218	1.4
01/02/1974	140	4.94	0.31	-0.164	1.4
10/06/1981	140	4.94	0.33	-0.112	1.5
01/06/2008	141	4.95	0.35	-0.059	1.5
25/12/2009	141	4.95	0.37	-0.007	1.6
01/01/1966	146	4.98	0.38	0.046	1.6
01/03/1969	155	5.04	0.40	0.098	1.7
01/01/1968	158	5.06	0.42	0.151	1.7
28/12/1990	158	5.06	0.44	0.204	1.8
01/02/1979	173	5.15	0.46	0.257	1.9
01/12/1966	181	5.20	0.48	0.311	1.9
01/02/1977	187	5.23	0.50	0.367	2.0
01/03/1978	187	5.23	0.52	0.422	2.1
14/11/2000	187	5.23	0.54	0.480	2.2
19/12/1986	192	5.26	0.56	0.538	2.3
09/12/2010	193	5.26	0.58	0.598	2.4
14/01/2004	194	5.27	0.60	0.659	2.5
01/04/1986	199	5.29	0.62	0.723	2.6
15/02/1990	202	5.31	0.63	0.788	2.7
06/01/1988	210	5.35	0.65	0.856	2.9
15/01/1984	222	5.40	0.67	0.927	3.1
01/11/1972	226	5.42	0.69	1.000	3.3
10/03/2006	232	5.45	0.71	1.078	3.5
17/12/1981	247	5.51	0.73	1.159	3.7
20/12/1999	251	5.53	0.75	1.246	4.0
17/04/2016	261	5.56	0.77	1.338	4.3
02/02/2013	264	5.58	0.79	1.437	4.7
01/02/1970	266	5.58	0.81	1.544	5.2
26/01/1995	271	5.60	0.83	1.661	5.8
26/05/1983	287	5.66	0.85	1.789	6.5
01/02/1980	293	5.68	0.87	1.934	7.4
07/01/1994	294	5.68	0.88	2.099	8.7
10/03/1999	297	5.69	0.90	2.292	10.4
04/10/2006	342	5.83	0.92	2.525	13.0
17/12/2011	368	5.91	0.94	2.823	17.3
13/11/1996	389	5.96	0.96	3.239	26.0
30/12/2001	508	6.23	0.98	3.942	52.0

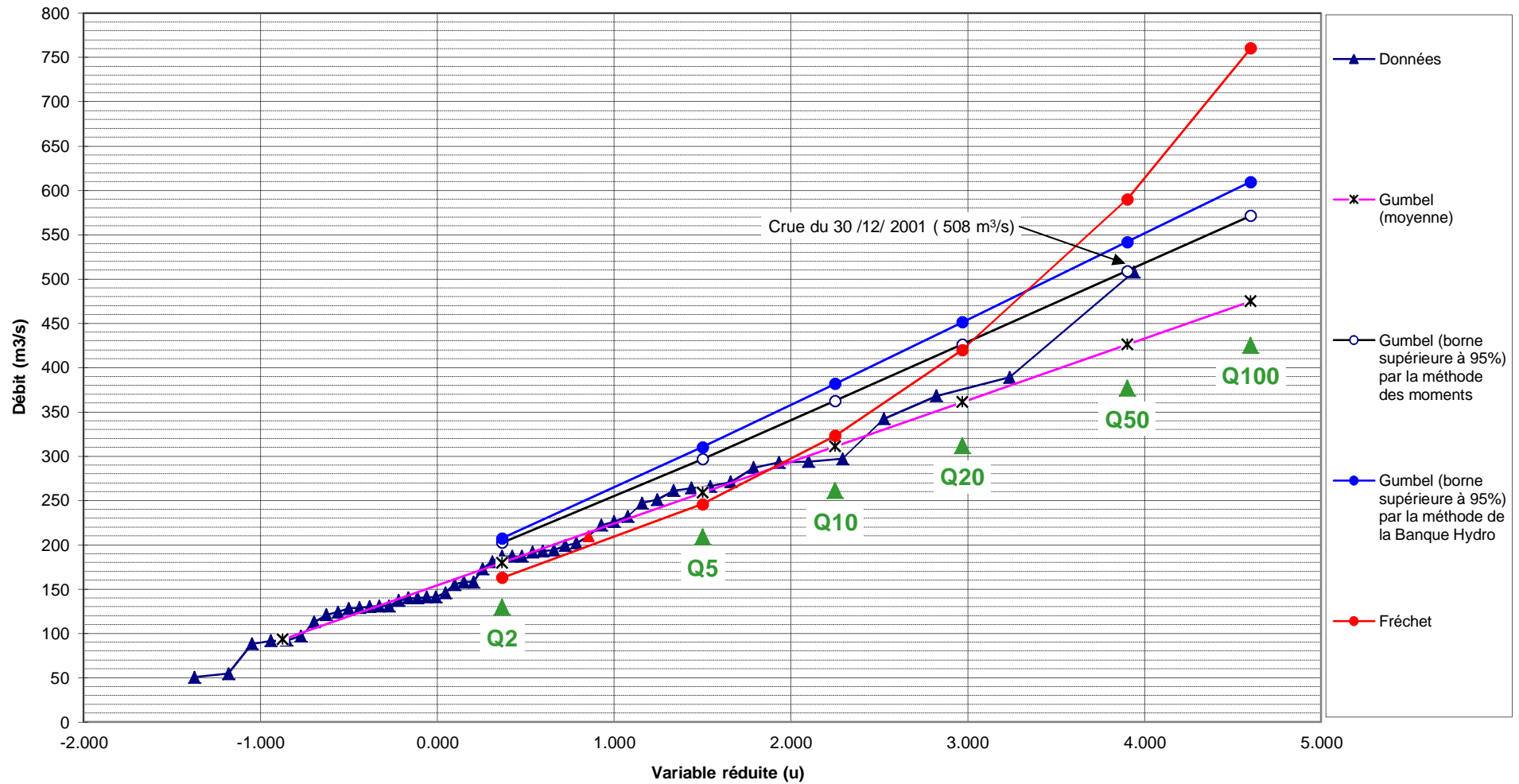
$F = j / (n + 1)$   
 où : j rang de la donnée,  
 n nombre total de données  
 $u = -LN(-LN(F))$   
 $T = 1 / (1-F)$

## Résultats étude statistique SAONE à CENDRECOURT

T (ans)	F=1-1/T	u(T)	t <sub>p</sub>	T <sub>sup</sub>	QGumbel(T) (moyenne)	QFréchet(T)	QGumbel(T) (borne sup. 95%) par la méthode des moments
2	0.50	0.37	-0.16	0.31	180	163	202
5	0.80	1.50	0.72	0.57	259	246	297
10	0.90	2.25	1.31	0.79	311	323	362
20	0.95	2.97	1.87	1.01	362	420	426
50	0.98	3.90	2.60	1.29	427	590	509
100	0.99	4.60	3.14	1.51	475	760	571

Avec :  $u(T) = -LN(-LN(1-1/T))$   
 $QGumbel(T) [moyenne] = 1/\alpha_1 * u(T) + Ko_1$   
 $QFréchet(T) [moyenne] = EXP(1/\alpha_2 * u(T) + Ko_2)$

*Ajustements de Gumbel (moyenne et borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95%) et Fréchet*



## Données hydrologiques brutes

(D'après DIREN) nb données : 51

Date	QMI m <sup>3</sup> /s	LnQMI m <sup>3</sup> /s
01/03/1965	275	5.62
01/01/1966	412	6.02
01/12/1966	515	6.24
01/01/1968	448	6.10
01/04/1969	422	6.05
01/02/1970	725	6.59
01/01/1971	175	5.16
01/02/1972	145	4.98
01/11/1972	399	5.99
01/02/1974	331	5.80
01/12/1974	346	5.85
01/02/1976	330	5.80
01/02/1977	416	6.03
01/03/1978	464	6.14
01/02/1979	439	6.08
01/02/1980	710	6.57
06/01/1981	473	6.16
18/12/1981	881	6.78
19/12/1982	930	6.84
09/02/1984	565	6.34
11/05/1985	501	6.22
02/04/1986	476	6.17
21/12/1986	413	6.02
27/03/1988	455	6.12
07/12/1988	360	5.89
16/02/1990	597	6.39
02/01/1991	409	6.01
24/12/1991	432	6.07
17/11/1992	264	5.58
09/01/1994	587	6.38
27/01/1995	565	6.34
26/12/1995	335	5.81
14/11/1996	630	6.45
23/12/1997	361	5.89
22/02/1999	533	6.28
21/12/1999	527	6.27
15/11/2000	617	6.42
31/12/2001	923	6.83
18/11/2002	408	6.01
15/01/2004	471	6.15
10/04/2005	316	5.76
11/03/2006	541	6.29
06/10/2006	468	6.15
12/12/2007	303	5.71
08/02/2009	232	5.45
26/12/2009	377	5.93
09/12/2010	525	6.26
04/02/2013	472	6.16
13/11/2013	367	5.91
05/05/2015	306	5.72
19/04/2016	556	6.32
<b>Qmax moy</b>	<b>465.3</b>	<b>6.1</b>
<b>Ecart type</b>	<b>166.1</b>	<b>0.4</b>
<b>Ko</b>	<b>390.5</b>	<b>5.9</b>
<b>1/alpha</b>	<b>129.8</b>	<b>0.3</b>

GUMBEL

Ko1 = Qmax moy - 0.45\*(écart type)

1/alpha1 = 0.78\*(écart type(Qmax))

FRECHET

Ko2 = [Ln(Qmax)] moy - 0.45\*(écart type)

1/alpha2 = 0.78\*(écart type[Ln(Qmax)])

**Etude de la SAONE à RAY-SUR-SAONE (2)**

**Données hydrologiques triées**

Date	QMI m <sup>3</sup> /s	LnQMI m <sup>3</sup> /s	F	u(F)	T ans
01/02/1972	145	4.98	0.02	-1.374	1.0
01/01/1971	175	5.16	0.04	-1.181	1.0
08/02/2009	232	5.45	0.06	-1.048	1.1
17/11/1992	264	5.58	0.08	-0.942	1.1
01/03/1965	275	5.62	0.10	-0.851	1.1
12/12/2007	303	5.71	0.12	-0.770	1.1
05/05/2015	306	5.72	0.13	-0.696	1.2
10/04/2005	316	5.76	0.15	-0.627	1.2
01/02/1976	330	5.80	0.17	-0.562	1.2
01/02/1974	331	5.80	0.19	-0.500	1.2
26/12/1995	335	5.81	0.21	-0.440	1.3
01/12/1974	346	5.85	0.23	-0.383	1.3
07/12/1988	360	5.89	0.25	-0.327	1.3
23/12/1997	361	5.89	0.27	-0.272	1.4
13/11/2013	367	5.91	0.29	-0.218	1.4
26/12/2009	377	5.93	0.31	-0.164	1.4
01/11/1972	399	5.99	0.33	-0.112	1.5
18/11/2002	408	6.01	0.35	-0.059	1.5
02/01/1991	409	6.01	0.37	-0.007	1.6
01/01/1966	412	6.02	0.38	0.046	1.6
21/12/1986	413	6.02	0.40	0.098	1.7
01/02/1977	416	6.03	0.42	0.151	1.7
01/04/1969	422	6.05	0.44	0.204	1.8
24/12/1991	432	6.07	0.46	0.257	1.9
01/02/1979	439	6.08	0.48	0.311	1.9
01/01/1968	448	6.10	0.50	0.367	2.0
27/03/1988	455	6.12	0.52	0.422	2.1
01/03/1978	464	6.14	0.54	0.480	2.2
06/10/2006	468	6.15	0.56	0.538	2.3
15/01/2004	471	6.15	0.58	0.598	2.4
04/02/2013	472	6.16	0.60	0.659	2.5
06/01/1981	473	6.16	0.62	0.723	2.6
02/04/1986	476	6.17	0.63	0.788	2.7
11/05/1985	501	6.22	0.65	0.856	2.9
01/12/1966	515	6.24	0.67	0.927	3.1
09/12/2010	525	6.26	0.69	1.000	3.3
21/12/1999	527	6.27	0.71	1.078	3.5
22/02/1999	533	6.28	0.73	1.159	3.7
11/03/2006	541	6.29	0.75	1.246	4.0
19/04/2016	556	6.32	0.77	1.338	4.3
09/02/1984	565	6.34	0.79	1.437	4.7
27/01/1995	565	6.34	0.81	1.544	5.2
09/01/1994	587	6.38	0.83	1.661	5.8
16/02/1990	597	6.39	0.85	1.789	6.5
15/11/2000	617	6.42	0.87	1.934	7.4
14/11/1996	630	6.45	0.88	2.099	8.7
01/02/1980	710	6.57	0.90	2.292	10.4
01/02/1970	725	6.59	0.92	2.525	13.0
18/12/1981	881	6.78	0.94	2.823	17.3
31/12/2001	923	6.83	0.96	3.239	26.0
19/12/1982	930	6.84	0.98	3.942	52.0

F = j / (n + 1)  
 où : j rang de la donnée,  
 n nombre total de donnée:  
 u = -LN(-LN(F))  
 T = 1 / (1-F)

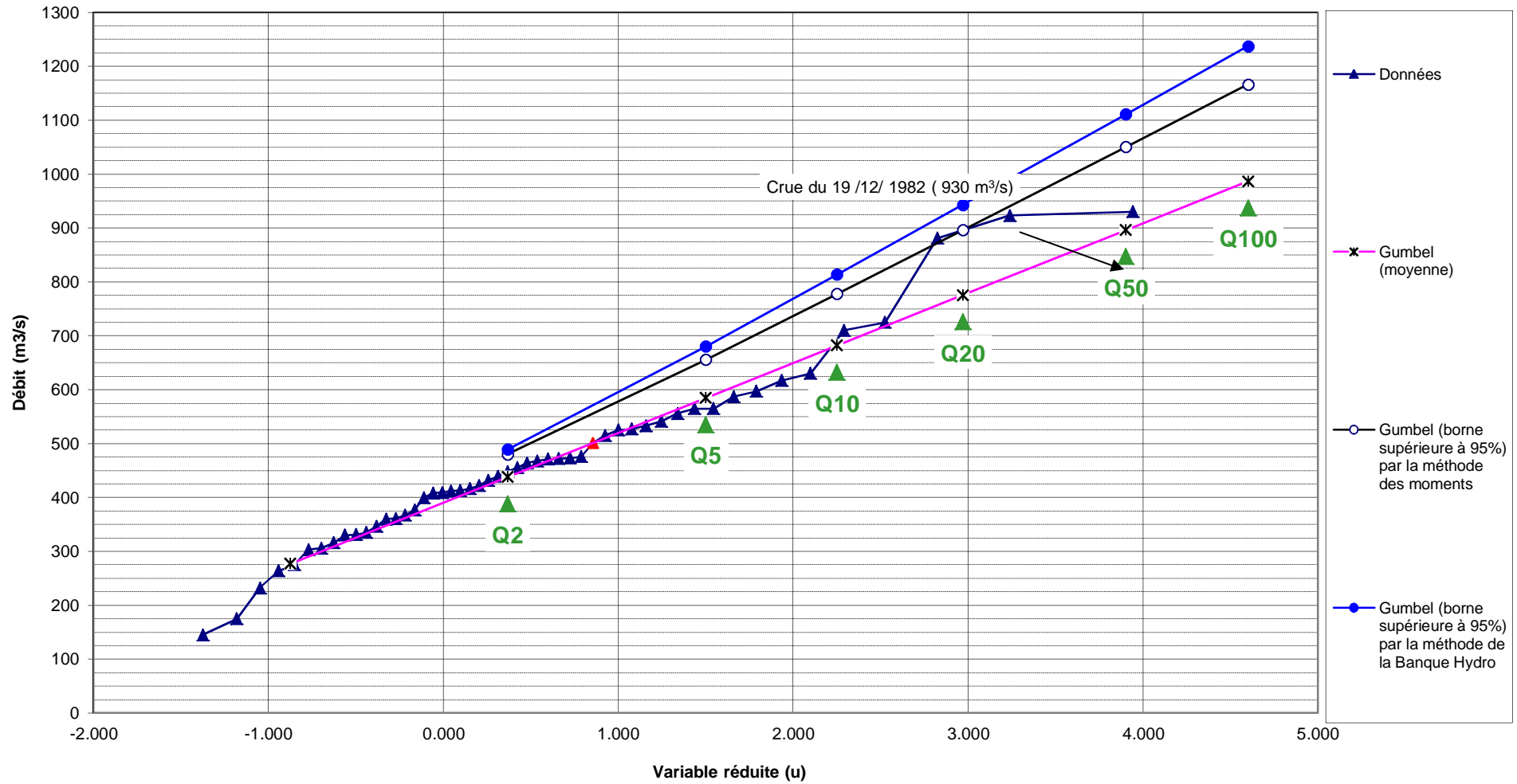
**Résultats étude statistique SAONE à Ray-sur-Saône**

T (ans)	F=1-1/T	u(T)	t <sub>p</sub>	T <sub>sup</sub>	QGumbel(T) (moyenne)	QGumbel(T) (borne sup. 95%) par la methode des moments
2	0.50	0.37	-0.16	0.31	438	480
5	0.80	1.50	0.72	0.57	585	656
10	0.90	2.25	1.31	0.79	683	778
20	0.95	2.97	1.87	1.01	776	896
50	0.98	3.90	2.60	1.29	897	1050
100	0.99	4.60	3.14	1.51	987	1166

Avec : u(T) = -LN(-LN(1-1/T))  
 QGumbel(T) [moyenne] = 1/alpha1\*u(T) + Ko1  
 QFréchet(T) [moyenne] = EXP(1/alpha2\*u(T) + Ko2)

# Estimation des débits de crue de la SAÔNE à RAY-SUR-SAÔNE

Ajustements de Gumbel (moyenne et borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95%) et Fréchet

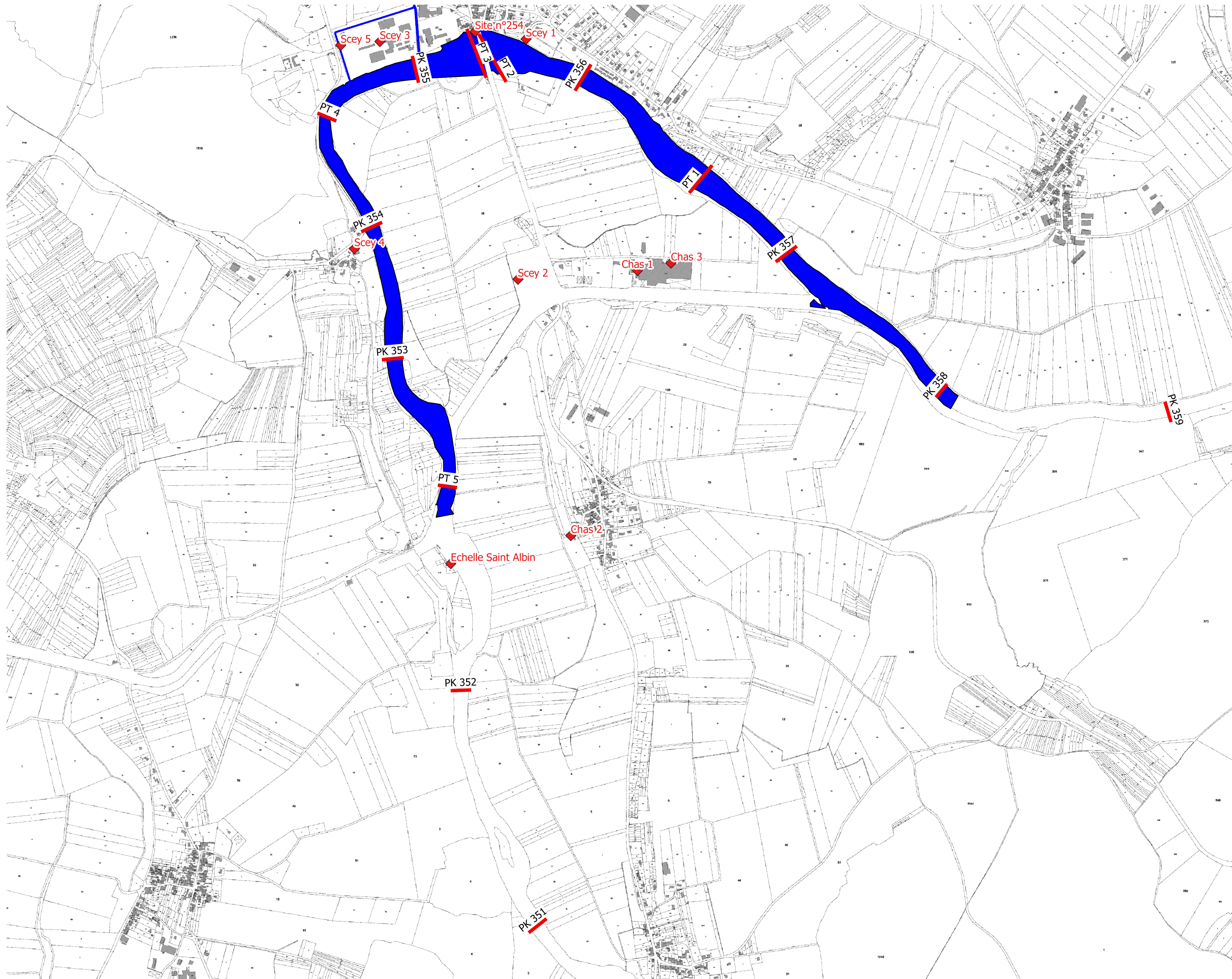






ANNEXE





**Naldeo**  
INGENIERIE & CONSEIL

Référence affaire :  
Etude Hydraulique  
Communauté de Communes des Combes

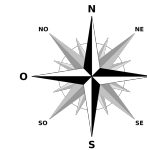
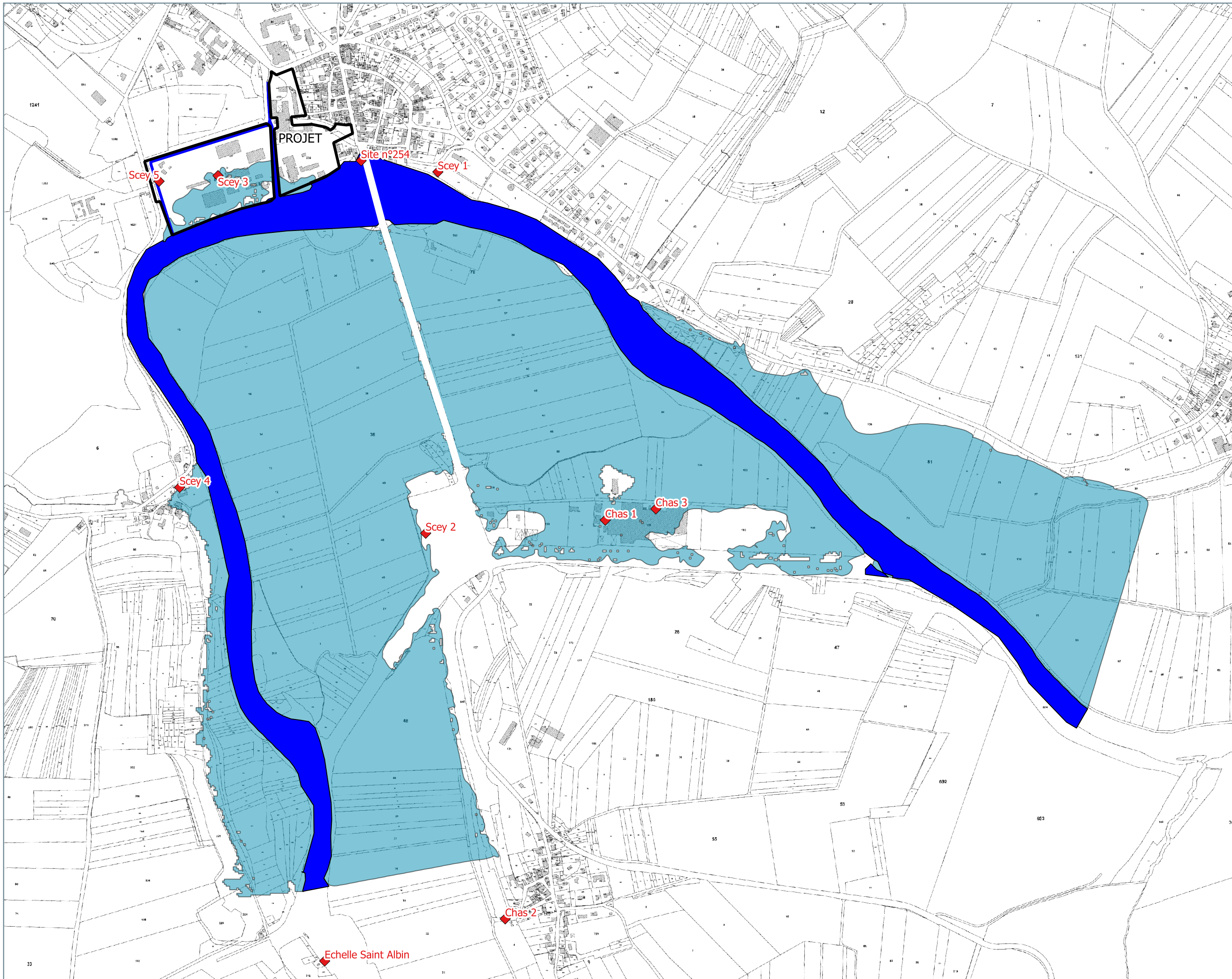
Référence carte :  
CARTE DES REPERES DE CRUE ET DES PROFILS EN TRAVERS

Echelle : 1:15 000

Légende

- repère de crue
- Profils en travers
- Saone

0 100200300 m



Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de Communes des Combes

Référence carte :

CRUE DE DECEMBRE 2001

Echelle : 1:10 000

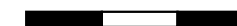
Légende

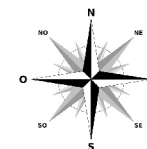
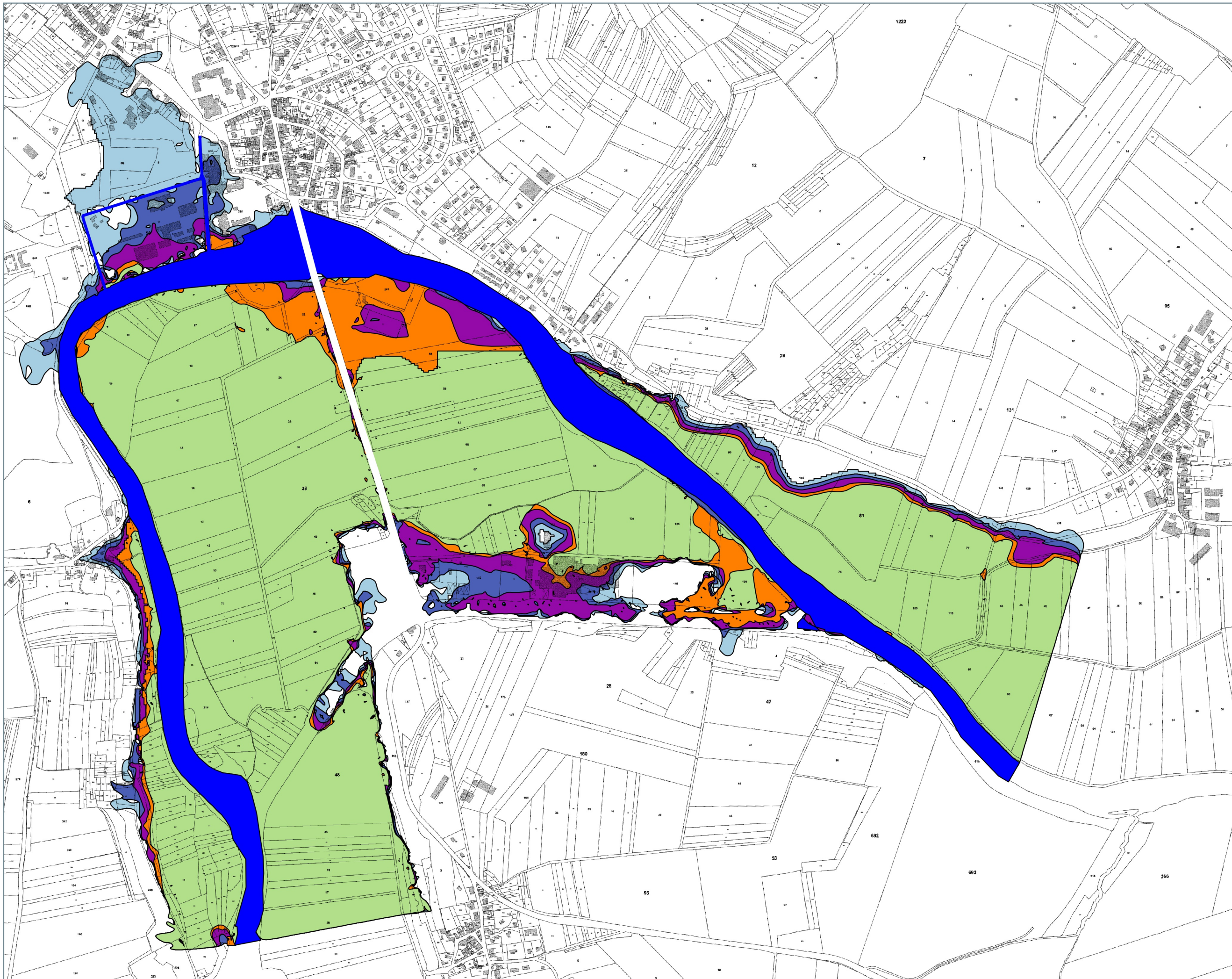
ZI crue déc 2001

laisses de crue déc. 2001

Saône

0 100 200 300 m





Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de Communes des  
Combes

Référence carte :

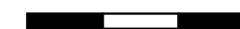
CARTE DES ZONES INONDABLES  
5, 10, 20, 50 et 100 ans

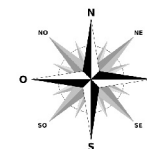
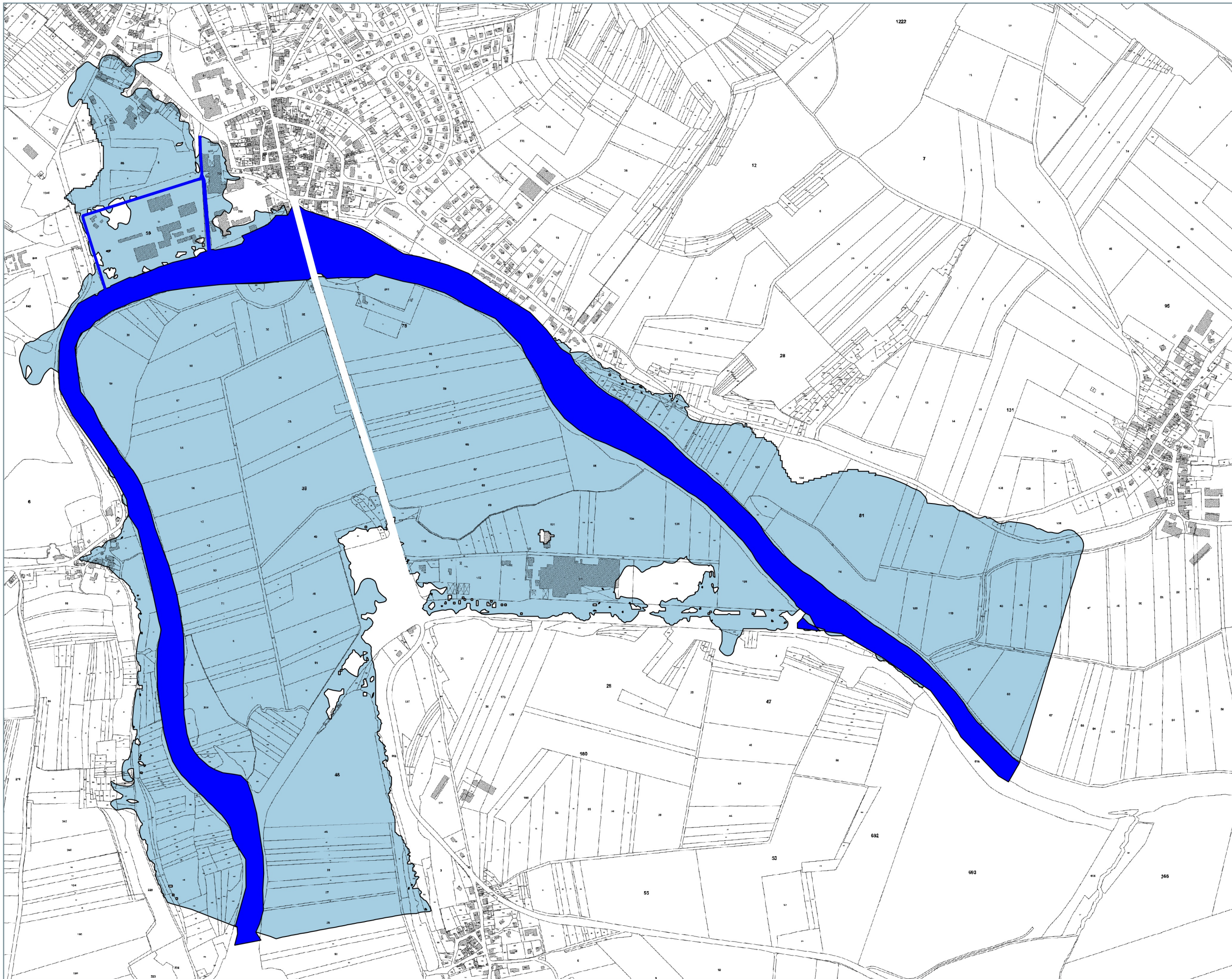
Echelle : 1:10 000

Légende

-  Saône
-  Crue 5 ans
-  Crue 10 ans
-  Crue 20 ans
-  Crue 50 ans
-  Z100

0 100 200 300 m





Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de Communes des  
Combes

Référence carte :

CARTE DE LA ZONE INONDABLE  
CENTENNALE

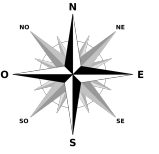
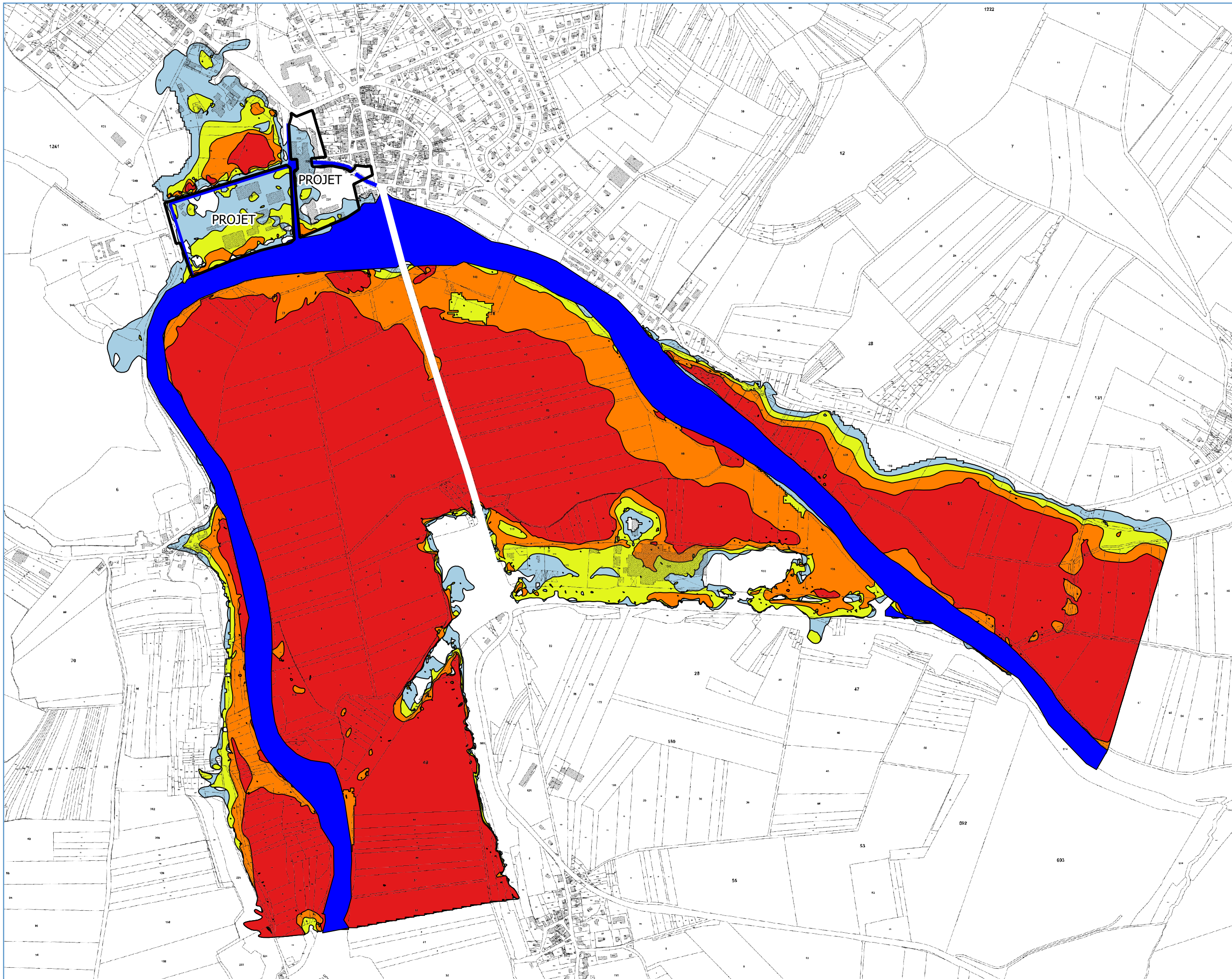
Echelle : 1:10 000

Légende

-  Saône
-  Z100

0 100 200 300 m





Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de Communes des Combes

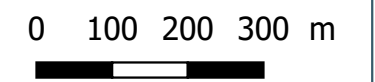
Référence carte :

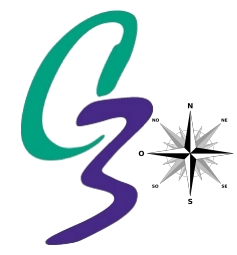
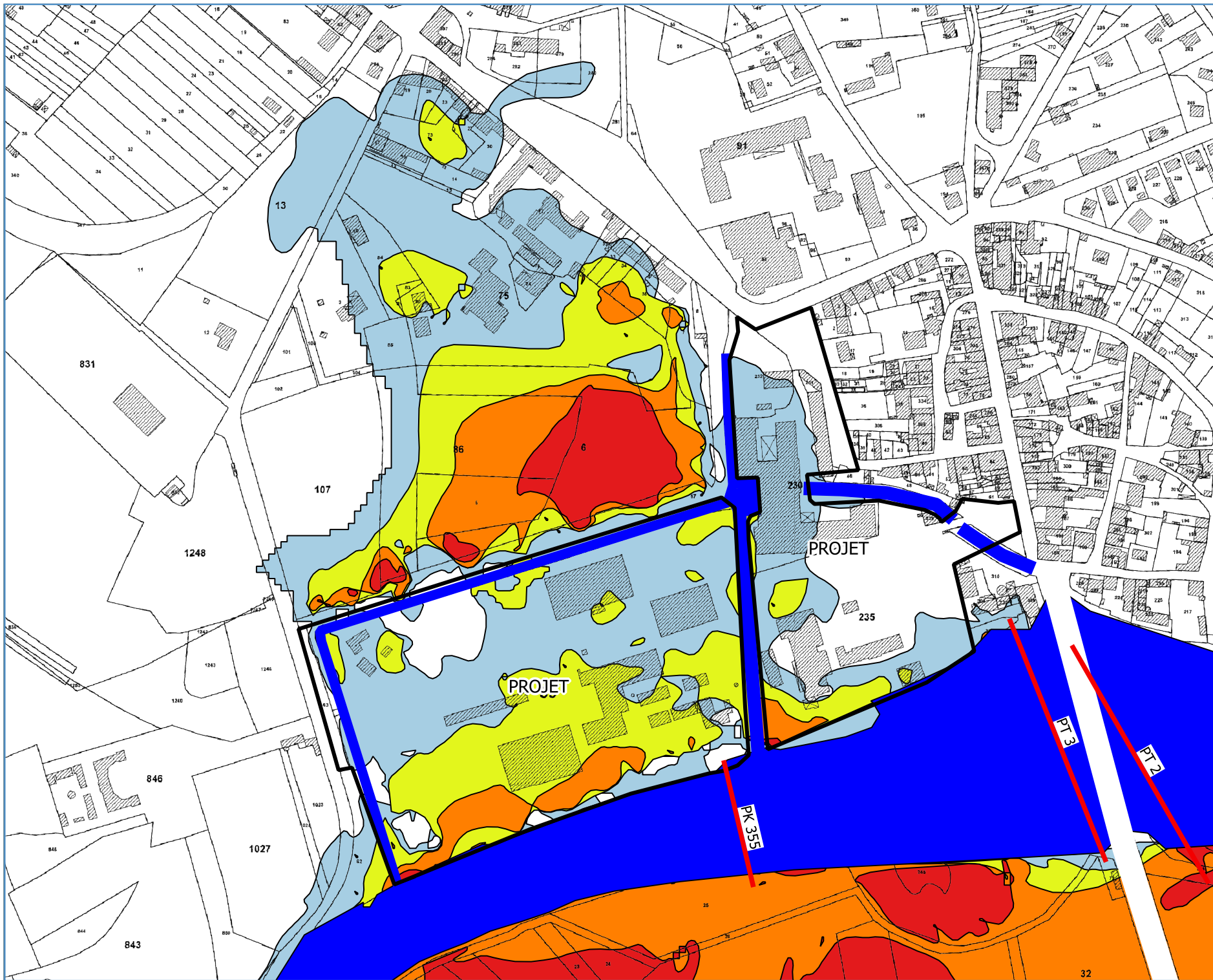
CARTE DES HAUTEURS D'EAU  
Crue centennale

Echelle : 1:10 000

Légende

-  Saône
-   $H < 0,5m$
-   $0,5m < H < 1m$
-   $1m < H < 1,5m$
-   $1,5m < H$
-  Emprise projet





Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de  
Communes des Combes

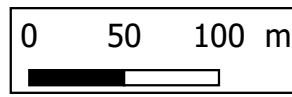
Référence carte :

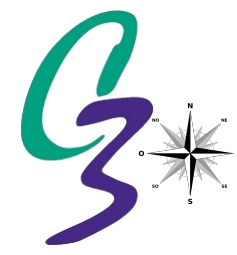
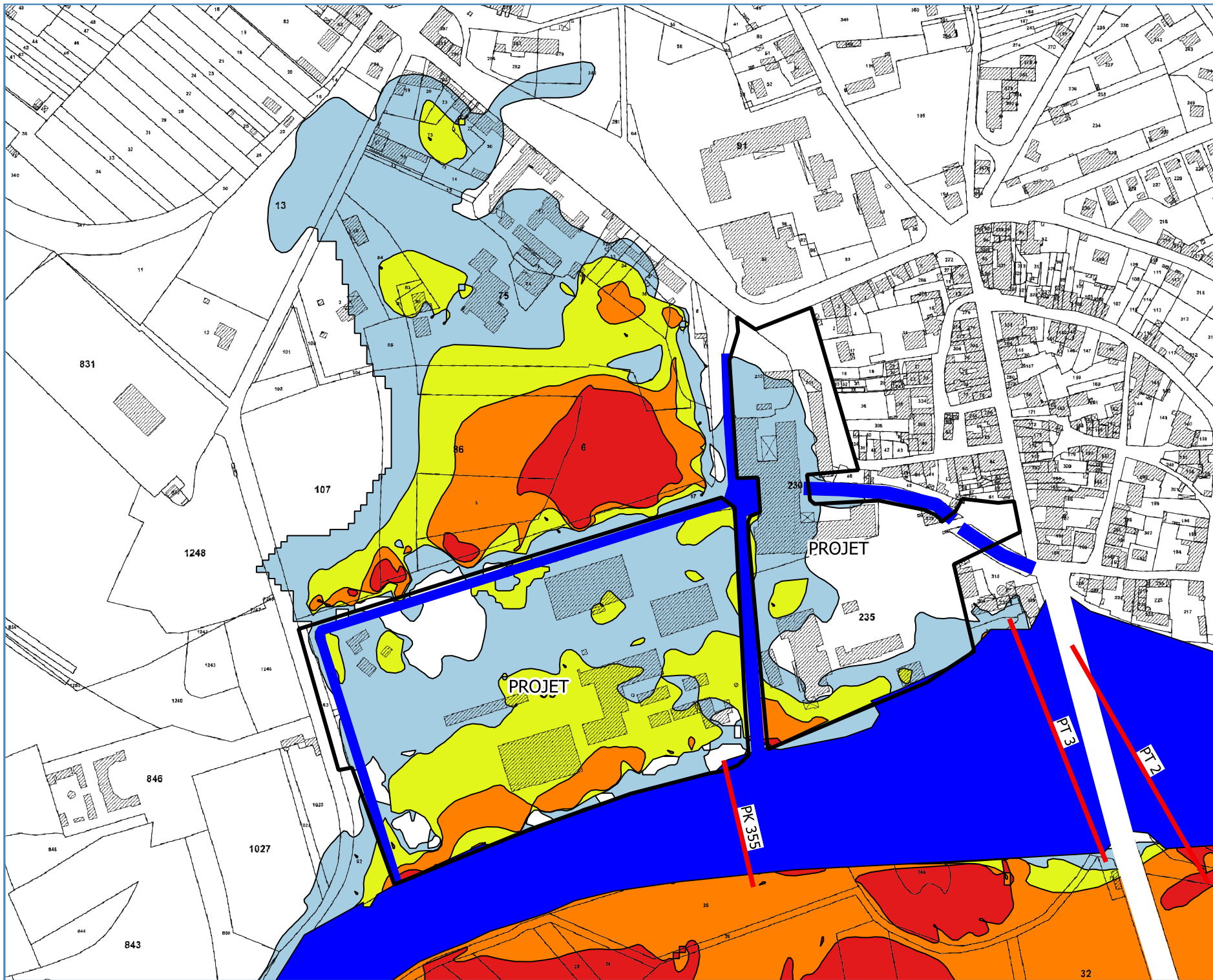
CARTE DES HAUTEURS  
D'EAU ZONE PROJET  
Crue centennale

Echelle 1:4 000

Légende

- Saône
- $H < 0,5m$
- $0,5m < H < 1,0m$
- $1,0m < H < 1,5m$
- $1,5m < H$
- Emprise projet



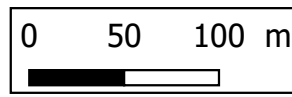


Référence affaire :  
 Etude Hydraulique  
 Communauté de  
 Communes des Combes

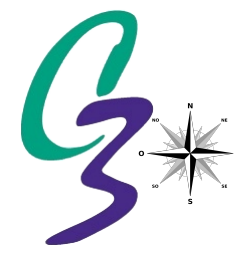
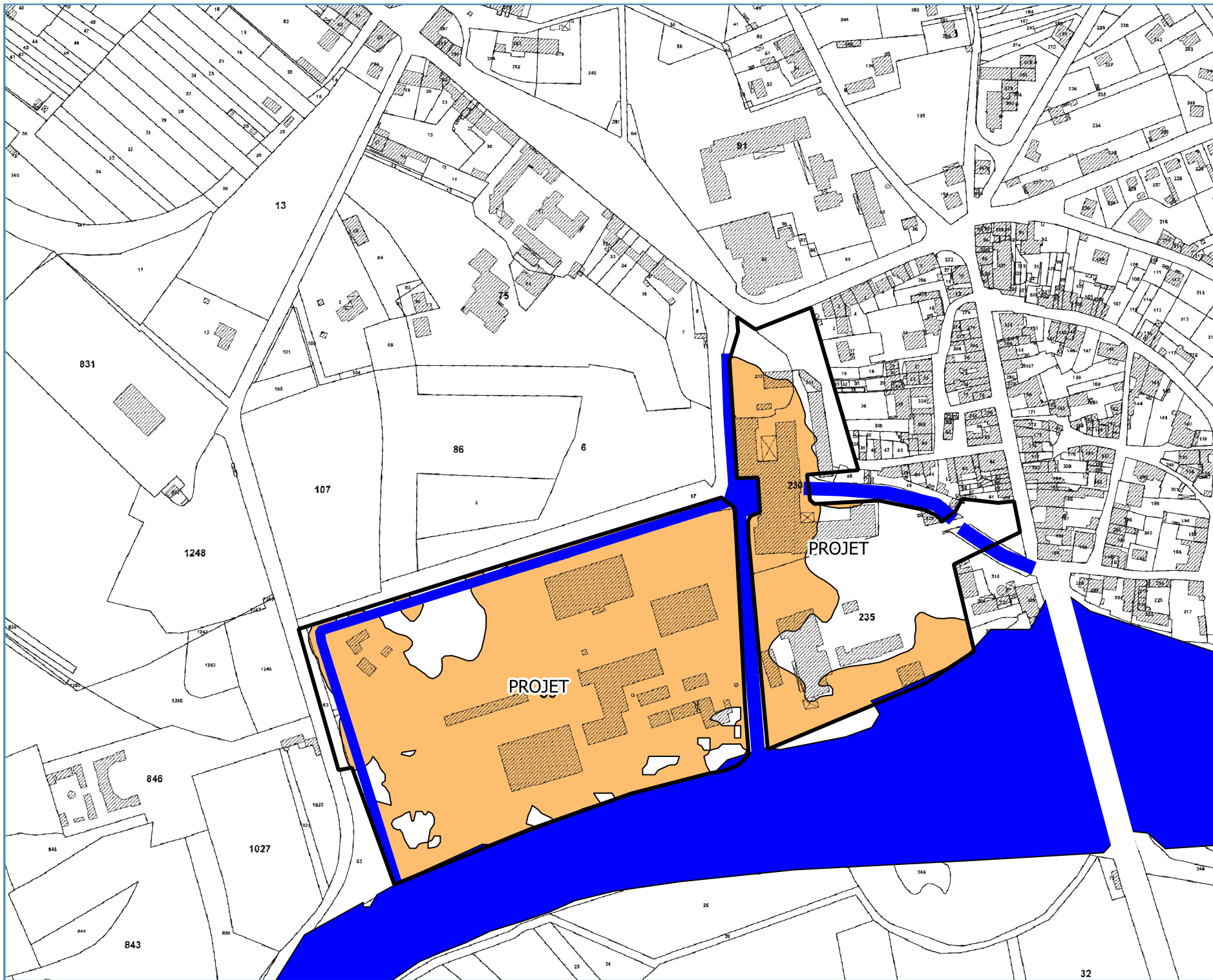
Référence carte :  
 CARTE DES ALEAS ZONE  
 PROJET  
 Crue centennale

Echelle 1:4 000

- Légende
- Saône
  - Aléas faible
  - Aléas moyen
  - Aléas fort
  - Aléas très fort
  - Emprise projet







Référence affaire :  
Etude Hydraulique  
Communauté de  
Communes des Combes

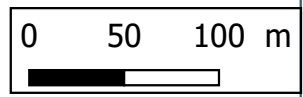
Référence carte :  
CARTE DES ENJEUX

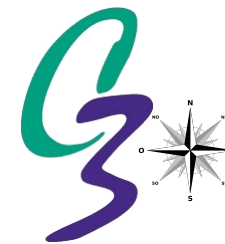
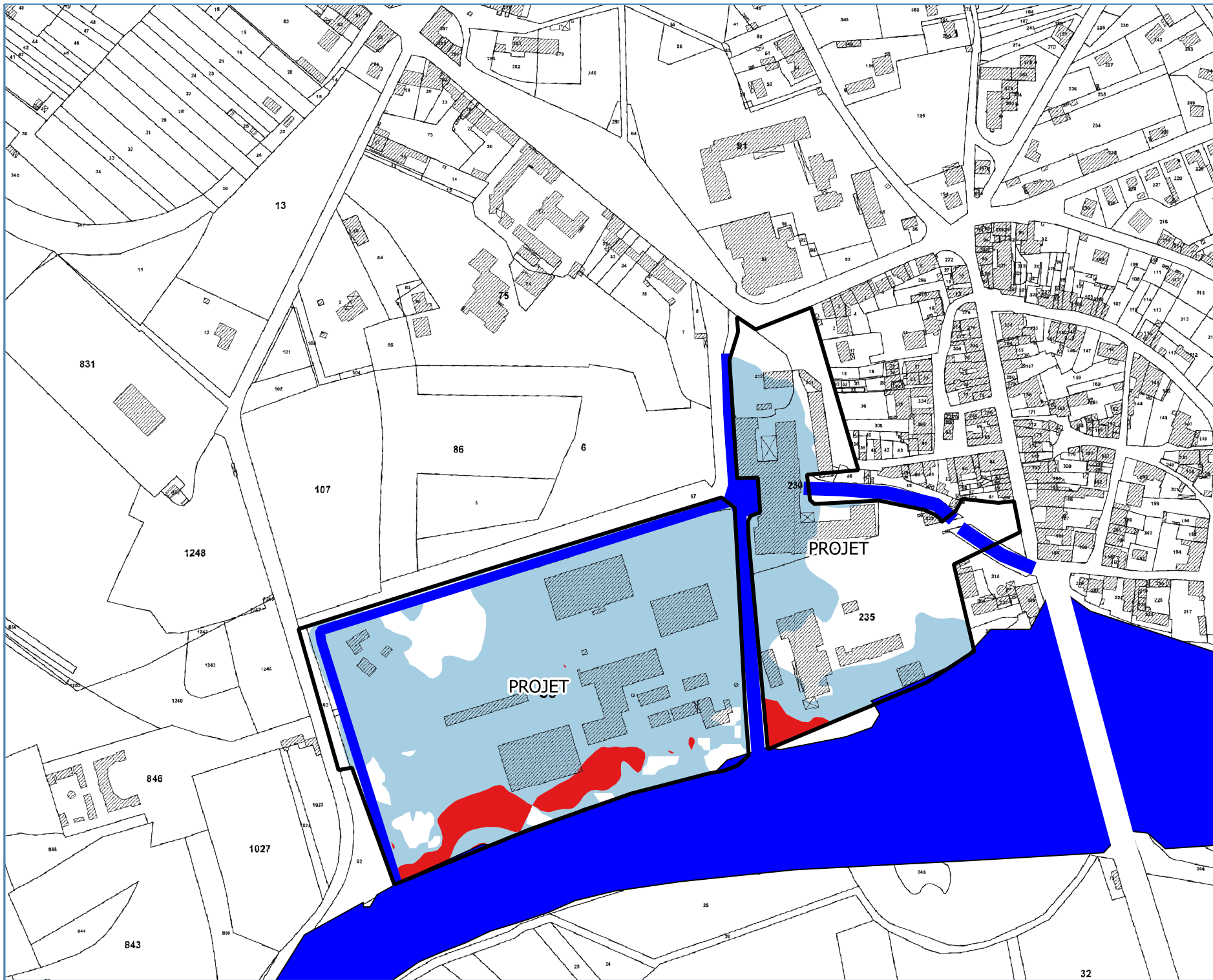
Echelle 1:4 000

Légende

- Saône
- Emprise projet

Enjeux  
  
 Zone moyennement urbanisée  
 et bâtiments isolés





Référence affaire :

Etude Hydraulique

Communauté de  
Communes des Combes

Référence carte :

PROPOSITION DE  
ZONAGE REGLEMENTAIRE  
SUR LA ZONE PROJET

Echelle 1:4 000

Légende

- Saône
- Emprise projet

ZONES

- BLEU
- ROUGE

