



**Figure 33 : Loutre d'Europe**

### **Reproduction**

Les rencontres entre les deux sexes sont sporadiques et brèves puisque mâles et femelles ne passent que quelques jours ensemble. Après une période de gestation qui dure une soixantaine de jours, les femelles mettent bas de 1 à 3, rarement 4, petits. Les loutrons nagent à l'âge de 3 mois, sont sevrés à 4 mois et émancipés vers 8-9 mois, parfois seulement à l'âge d'1 an. Ils mettront alors encore au moins 6 mois avant de devenir des pêcheurs aussi efficaces que leurs parents. La maturité sexuelle est atteinte vers l'âge de 2-3 ans.

Les loutres d'Europe peuvent se reproduire toute l'année mais affichent parfois une préférence pour certaines saisons, préférence qui peut varier selon les secteurs géographiques. Dans de nombreuses régions d'Europe tempérée, des pics de naissance sont observés au printemps. Il a été démontré que ces pics intervenaient généralement deux mois avant la période durant laquelle la biomasse de proies disponibles est la plus importante et c'est justement à l'âge de deux mois que les loutrons consomment le plus de lait et commencent à manger du poisson, donc que leurs besoins énergétiques sont les plus élevés.

Si, en captivité, les loutres d'Europe peuvent atteindre 15 ans ou plus, il est très rare qu'elles dépassent l'âge de 10 ans dans la nature. Le taux de mortalité des juvéniles est élevé et l'espérance de vie moyenne des loutres est d'environ 4-5 ans. En raison de cette combinaison de facteurs (mortalité élevée, maturité sexuelle relativement tardive, faible nombre de petits, longue période d'apprentissage des jeunes) les loutres d'Europe ont en moyenne très peu de descendants.

### **Ecologie et Domaine vitaux**

La loutre d'Europe est un mammifère d'eau douce qui occupe tous les types de cours d'eau, les lacs, les étangs, les mares, les marais... Elle peut parcourir d'importantes distances à pied et on peut la rencontrer à plusieurs kilomètres de tout point d'eau. En montagne, elle est présente jusqu'à 2000 m, parfois même au-delà, mais les densités tendent à diminuer avec l'altitude, surtout à partir de 800 m. Il

arrive également que les loutres d'Europe qui vivent en zone littorale aillent se nourrir en mer, mais elles ont tout de même besoin d'eau douce pour boire et pour la toilette de leur pelage.

La loutre d'Europe est un carnivore individualiste et territorial qui marque son domaine vital par le dépôt de ses crottes. Les domaines vitaux sont généralement très étendus, ceux des mâles englobant les domaines vitaux de plusieurs femelles. La taille des domaines vitaux dépend des ressources disponibles, mais ils s'étendent en moyenne sur une vingtaine de km le long d'un cours d'eau et peuvent aller jusqu'à 40 km pour les domaines vitaux de certains mâles. En milieu côtier, les domaines vitaux sont plus petits et ne dépassent généralement pas les 10 km de rivages.

La loutre d'Europe a adopté un mode de vie essentiellement nocturne et crépusculaire, probablement en raison du dérangement humain car l'espèce ne dispose d'aucune adaptation particulière à la vie nocturne. Par ailleurs, la Loutre est majoritairement diurne dans de nombreux secteurs côtiers, notamment dans les îles britanniques et en Irlande. En France, l'espèce est de plus en plus souvent observée en plein jour.

Les gîtes de repos de la loutre peuvent être des terriers (généralement appelés catiches) ou des couches à l'air libre. Les terriers se trouvent généralement dans la berge des cours d'eau (les loutres apprécient les systèmes racinaires des arbres rivulaires) et leur entrée est souvent immergée. La Loutre gîte également dans les terriers d'autres animaux ou dans des cavités de toute sorte, même artificielles. Les couches à l'air libre se trouvent essentiellement dans des zones boisées impénétrables, des ronciers ou dans des formations d'hélophytes et elles ne sont jamais occupées à plus d'une reprise. Le choix des gîtes est influencé par la fluctuation des niveaux d'eau et par la tranquillité des lieux.

### **Sur le bassin de la Vézone**

La Loutre d'Europe est connue sur le cours principal de la Sarthe depuis 2011, où des indices avaient été observés au niveau d'Alençon (C. DUPPE).

L'installation de l'espèce sur ce bassin s'est poursuivie et pérennisée sur le cours principal, au niveau des Alpes Mancelles et sur le Sarthon entre 2012 et 2016.

C'est à partir de 2017 que l'observation des indices se fait régulière sur l'amont, au niveau des Ventes de Bourse et en amont (O. HESNARD, 2017).

A l'occasion de l'étude sur les mulettes épaisses de la Haute Vallée de la Sarthe (O. HESNARD, B. LECAPLAIN, 2020), des indices de loutre (épreintes) ont été constatés sur la Vézone au nord et au sud du Moulin des Rigoux.

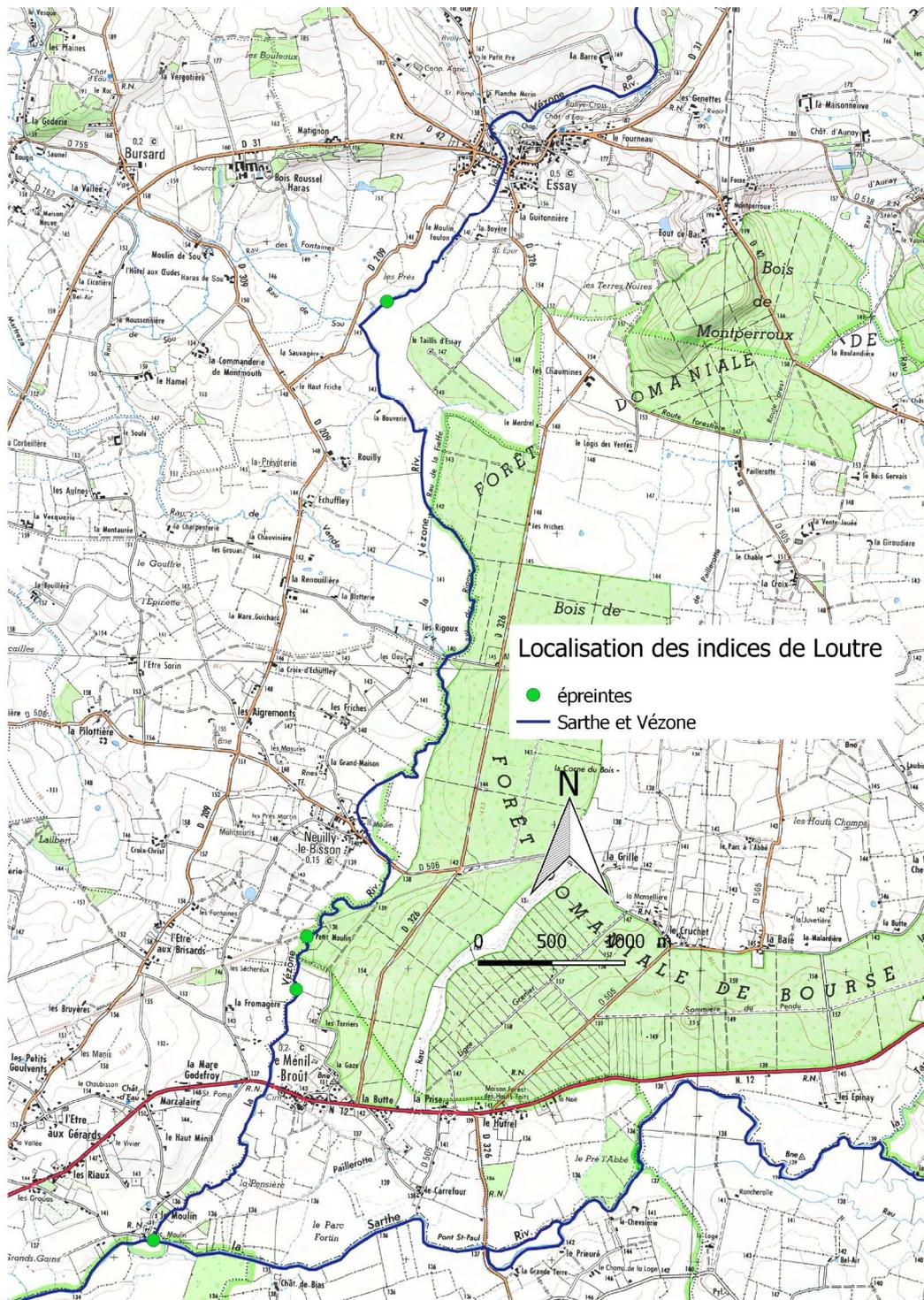


Figure 34 : Observations de la Loutre d'Europe sur la basse vallée de la Vézère

## 5.4. Hydromorphologie

### 5.4.1. Historique et évolutions récentes

Les différents documents suivants ont été rassemblés et analysés. Le secteur étudié correspond à la vallée de la Vézère du moulin Foulon à Essay (ROE39160) au moulin de Chenappe à Neuilly-le-Bisson (ROE30994 - ROE30995) et à la vallée de la Vandré du pont de la D209 au hameau d'Échauffley à la confluence avec la Vézère.

D'un point de vue technique, les documents les plus instructifs pour l'**étude des évolutions historiques des tracés de cours d'eau** ont été, comme dans la plupart des cas, la **comparaison entre les sources de plans cadastraux (ancien et actuel)** ainsi que l'**analyse diachronique des photographies aériennes**.

Il est à noter que **de nombreuses observations ont été réalisées sur le terrain** et sont très riches d'enseignement également.

#### Analyse de la Carte de Cassini

La Carte géométrique de la France dite « Carte de Cassini » ou « de l'Académie » est à l'échelle de 1 ligne pour 100 toises (soit environ 1:86400). Dressée par ordre du Roi Louis XV et mesurée par Cassini de Thury (de l'Académie Royale des Sciences de 1683 à 1744), elle fut la première au monde établie en s'appuyant sur une triangulation géodésique. Les travaux sur le terrain et la gravure de la carte sur cuivre entrepris en 1750 ne furent terminés qu'en 1815.

L'extrait présenté ci-dessous (**Figure 35**) montre la présence des moulins à eau suivants :

#### **Sur le cours de la Vézère :**

- Moulin de Fouillon
- Moulin des Rigoux

(Le moulin de Hauterive et celui de Chanappe ne semblent pas représentés).

#### **Sur le Ruisseau de Neuphe-sous-Essai :**

- Moulin de la Vallée
- Moulin de Sou

(D'autres moulins sont représentés en amont sur le ruisseau).

**On constate par ailleurs, que le ruisseau de Neuphe-sous-Essai est bien représenté comme un affluent de la Vandré** (la portion du ruisseau de Sou allant du moulin de Sou à la Vézère n'est pas figurée sur la carte).

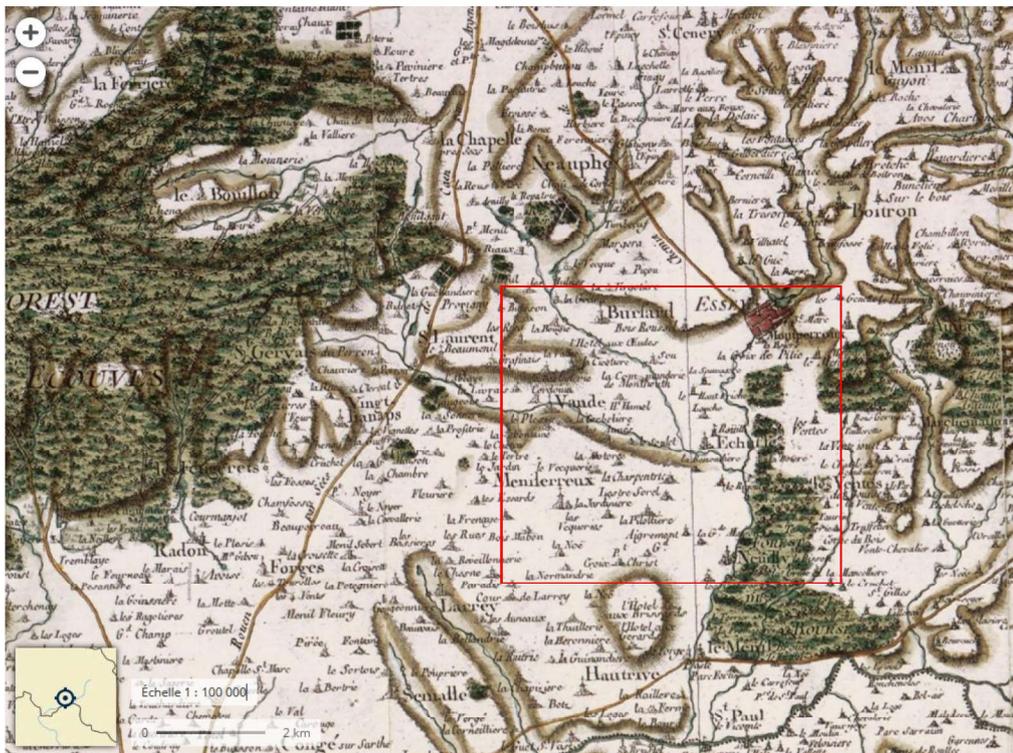


Figure 35 : Extrait de la Carte de Cassini en couleur (feuilles gravées et aquarellées), issue de l'exemplaire dit de « Marie-Antoinette » du XVIIIe siècle

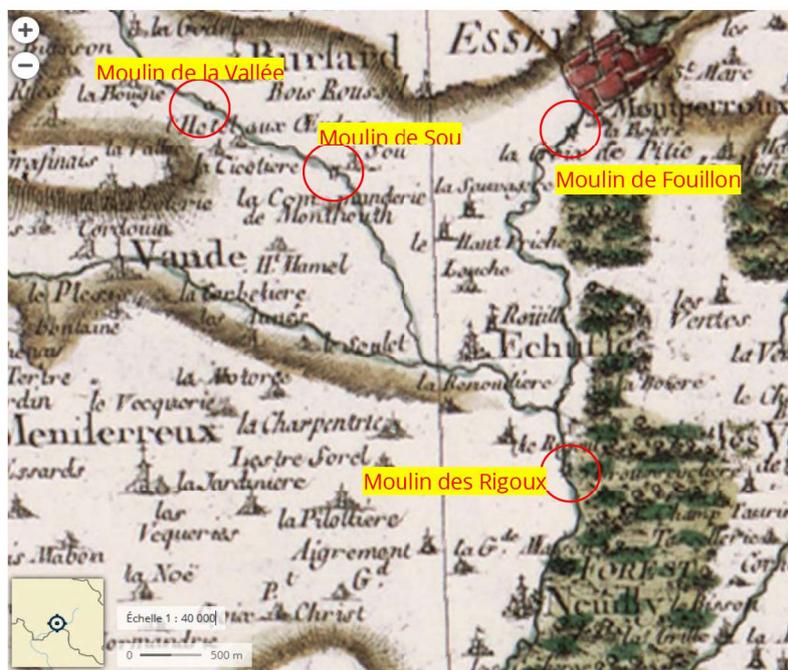


Figure 36 : Agrandissement de la Carte de Cassini

## Analyse de la carte de l'Etat-Major

La carte de l'Etat-Major est une carte française en couleurs du XIXe siècle superposable aux cartes et données modernes. Elle a été établie de 1820 à 1866.

On y voit que le tracé des cours d'eau est plus sinueux (plus de méandres) que les tracés actuels. En particulier, **la partie terminale de la Vandre**, avant sa confluence avec le bief du moulin des Rigoux, présente un tracé méandreux, très loin de ce qu'on observe aujourd'hui.

Sur le cours de la Vézère, en amont du moulin des Rigoux, on reconnaît une partie très linéaire et très longue, qui semble prendre naissance entre « *La Bouverie* » (actuellement une ruine située dans la prairie en bordure de cours d'eau) et « *Le Rouilly* ». En effet, au-dessus de cette zone le tracé de la Vézère est nettement plus sinueux et ressemble davantage à un tracé naturel. Ceci suggère que la Vézère commence à être détournée de son cours naturel ancien dans ce secteur, et que les aménagements hydrauliques réalisés pour alimenter le moulin des Rigoux ont conduit à transformer le lit de la Vézère en canal linéaire orienté Nord-Sud, récupérant au passage le débit de la Vandre venant de l'Ouest. De plus, cela pourrait suggérer **qu'une partie de l'ancien lit naturel de la Vézère correspond au bras sous-alimenté longeant actuellement le bois de la Boyère, et nommé sur la carte typographique actuelle « ruisseau des Rigoux ».**

Cette fois, le complexe hydraulique du moulin de Sou apparaît plus nettement, avec un bras qui part vers l'Est en direction de la Vézère, ainsi qu'un bras allant vers le sud (vers « *La Moussonnière* ») pour se jeter dans le Ruisseau de Neauphe-sous-Essai. Cependant, on constate que le trait représentant le ruisseau de Neauphe-sous-Essai est plus épais que les bras partant du moulin de Sou, ce qui suggère encore une fois que le lit principal (en termes de débit) du ruisseau de Neauphe-sous-Essai est bien celui qui descend en passant vers l'*Hôtel des Eudes* en direction de « *La Moussonnière* », puis emprunte une petite vallée peu pentue en direction de la Vandre (lieu-dit « *Le Soulé* »).

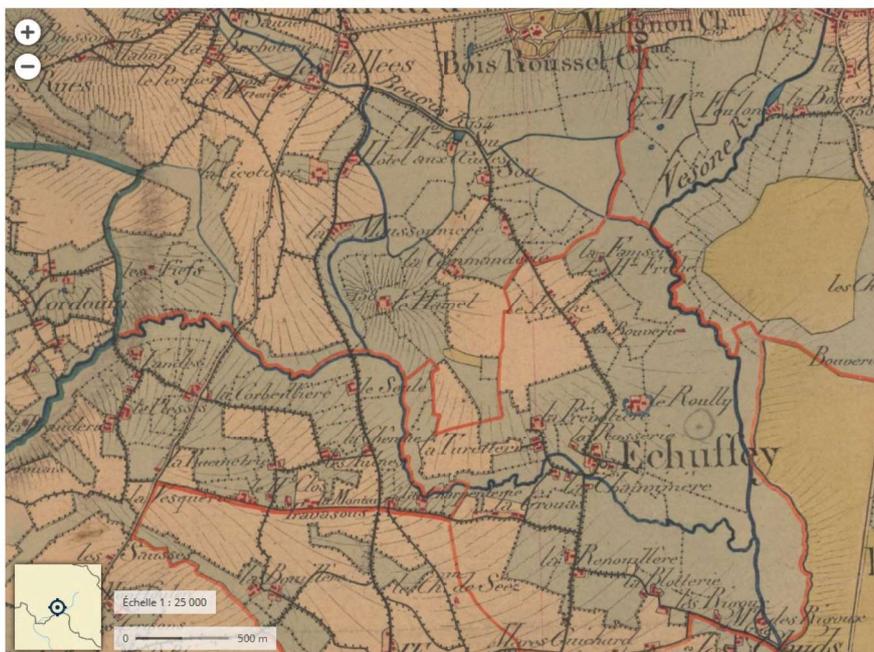


Figure 32 : Extrait de la Carte de l'Etat-Major (XIXe siècle)

## Analyse du cadastre napoléonien

Le cadastre napoléonien nous apprend beaucoup plus de choses sur les évolutions de tracé des cours d'eau du fait son niveau de détail, lorsqu'on le compare notamment au cadastre actuel et/ou aux photographies aériennes disponibles depuis les années 50.

**Tableau 11 : Feuilles de l'ancien cadastre expertisées**

Commune	Feuille	Géomètre	Date
Echuffley	du Rouilly (Section B)	Esnault	1825
Essay	du Bourg (Section E)	Le Blanc	1826

*N.B.* La commune d'Echuffley a été rattachée à celle d'Essay par ordonnance royale du 7 septembre 1840.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le chapitre 0 ci-dessous.

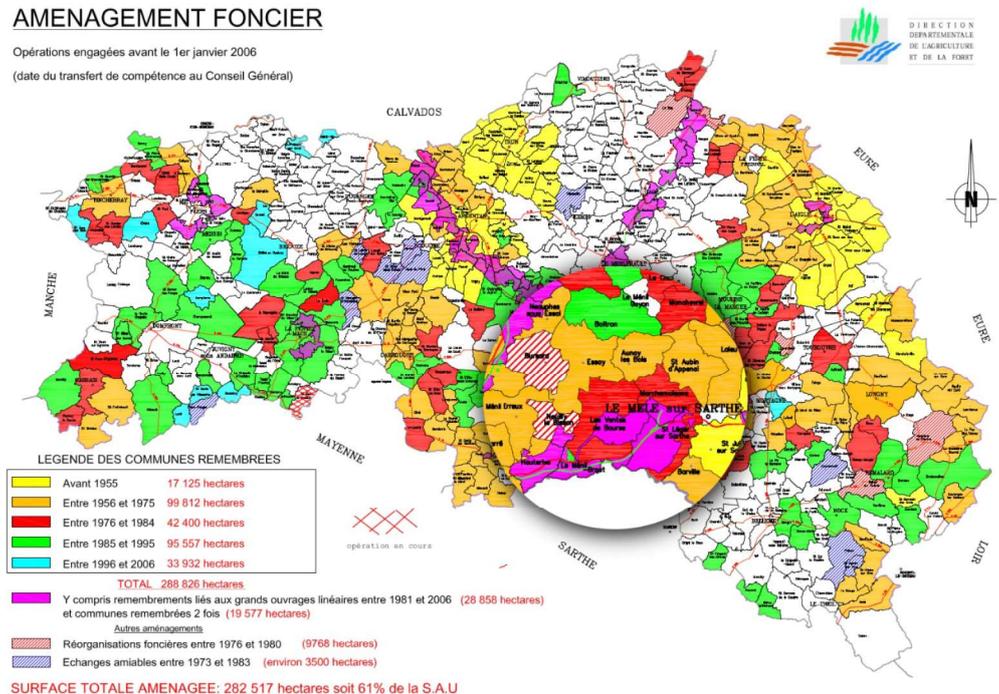
## Analyses des photographies aériennes

Les différentes photographies aériennes ont été étudiées afin de visualiser les différences de tracés des cours d'eau. La période étudiée va la plus ancienne photographie aérienne disponible (1949) à la plus récente (2015), soit sur 65 ans.

Par ailleurs, pour l'analyse de ses photographies une autre information a été importante : l'époque des opérations de remembrement dans le secteur, grâce à une cartographie fournie par le Département de l'Orne (**Figure 38**). C'est ainsi que la **période de 1956 à 1975** a été ciblée en particulier pour la recherche de modifications visibles dans le tracé des cours d'eau.

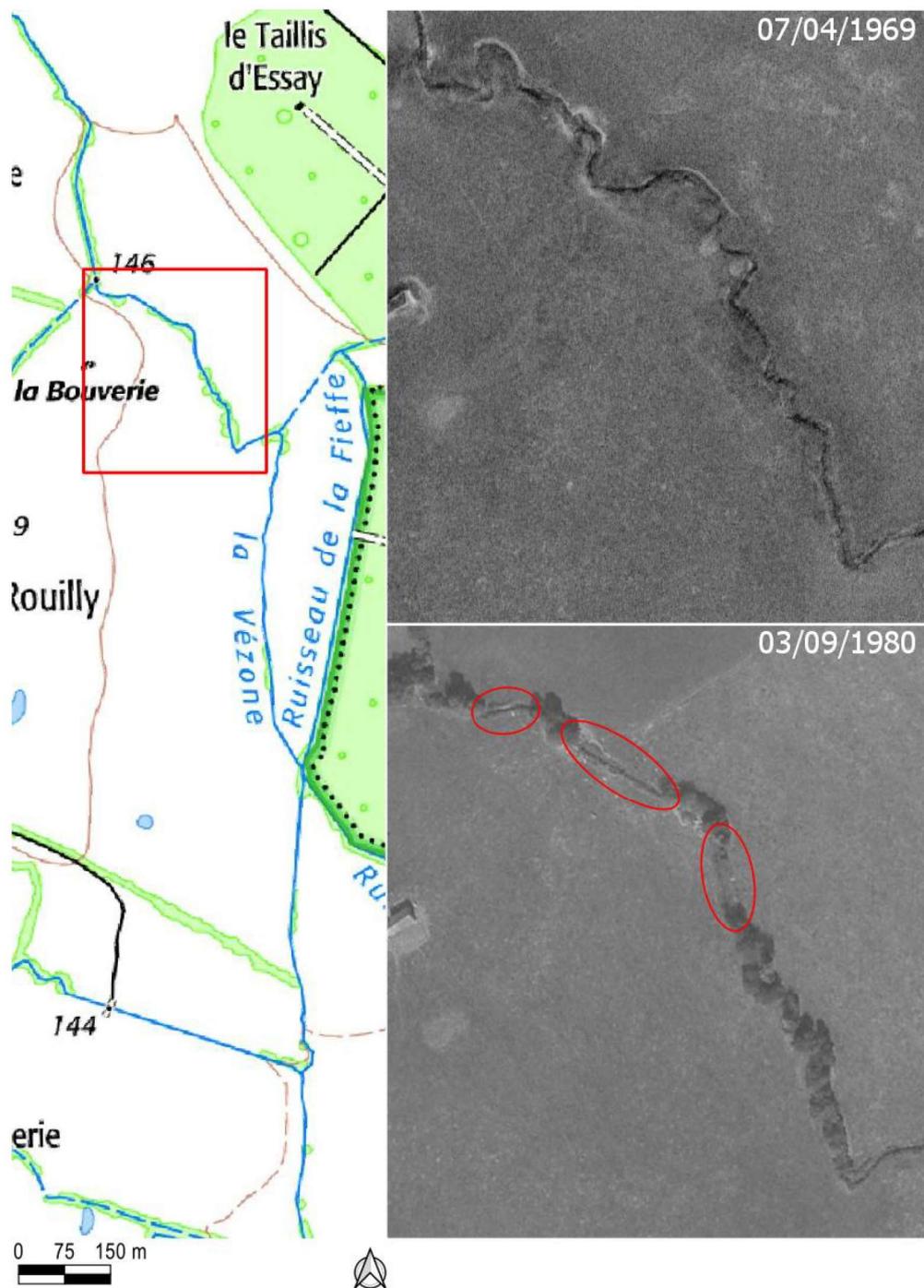
### AMENAGEMENT FONCIER

Opérations engagées avant le 1er janvier 2006  
(date du transfert de compétence au Conseil Général)



**Figure 38 : Carte récapitulative des aménagements fonciers réalisés dans le département de l'Orne avant 2006 (date de transfert de la compétence au Département).**

L'étude des photographies aériennes de cette époque 1956-1975 montrent que les opérations d'aménagement foncier ont été réalisées sur la commune d'Essay en 1975 (à 1 ou 2 ans près), en tous cas dans le secteur concerné par le projet (cf. exemple **Figure 39**).



**Figure 39 : Exemple de changement de tracé (ici un redressement)**



Figure 330 : Synthèse de l'étude de l'évolution des tracés des cours d'eau de 1825 à 2020

#### 5.4.2. Repérage de terrain et validation des axes d'écoulement – futurs tracés

Une **visite de terrain** a été réalisée le 2 mars 2020. Le créneau a été choisi dans une période de hautes eaux peu de temps après une période de précipitations continues et volumineuses, afin de visualiser la mise en eau des parcelles de fond de vallée lors des débordements de cours d'eau. Lors de cette campagne de prospection, les axes d'écoulement dans les parcelles ont pu être observés et une série de points GPS a été relevée (CATER-COM).

La position des **points GPS relevés sur le terrain** est en totale adéquation avec les traces d'écoulement visibles sur les diverses photographies aériennes disponibles, et notamment sur celle de juin 2001, cliché où le phénomène est le plus visible (cf. **Figure 363**). Ces mêmes traces sont d'ailleurs repérables, bien que plus difficilement du fait plus des moins bonnes définitions, sur les photographies plus anciennes de la fin des années 60 et même sur la plus ancienne disponible, celle de 1949. **La situation observée date donc au minimum de 70 ans.**

Sur le cliché de juin 2001 (cf. **Figure 363**) on retrouve bien l'endroit où la Vézonne quitte son lit pour retrouver le fond de vallée (futur « point de déviation » cf. chap. 5.4.7 page 701) : cela se produit au niveau du double coude marquant le début de la mise en bief de la Vézonne, élément déjà évoqué dans les chapitres précédents. Puis, on voit aussi que les écoulements dans le fond de vallée sont sinueux, tel un futur lit de cours d'eau. Les écoulements sont d'abord en rive droite de l'actuel tracé en bief de la Vézonne, puis on voit que les écoulements passent en rive gauche, en direction du bras nommé *Ruisseau des Rigoux*, présenté plus haut dans le présent document comme étant très vraisemblablement l'ancien lit naturel de la Vézonne (actuellement non alimenté), ce qui semble donc bien être confirmé. Ces écoulements se déversent d'ailleurs juste en amont de la portion du « ruisseau » la plus sinueuse (tracé naturel), la partie en amont étant très rectiligne et d'aspect artificiel. On voit bien aussi l'ancien lit méandrique de la Vandré avant sa confluence avec l'actuel bief de la Vézonne.



**Figure 341 : Photographie prise le 2 mars 2020 – écoulement dans la parcelle n°61156000E0686**

On peut donc en conclure, que l'étude des différents documents anciens, les repérages de terrain et les observations effectuées convergent parfaitement et nous permettent ainsi de définir la **zone d'emprise des tracés, de même que les tracés en plan des futurs lits eux-mêmes, au méandre près.**



**Figure 352 : Photographie prise le 2 mars 2020 – écoulement dans la parcelle n°611560000E0685**

Afin de compléter l'approche, des levés topographiques ont été réalisés en ciblant ces zones d'emprise prédéterminées. Les données sont présentées et exploitées dans le chapitre suivant.



Figure 363 : Levés au GPS faits le 2 mars 2020 - Repérage des traces d'écoulements

### 5.4.3. Levés topographiques

Les levés topographiques ont été réalisés par le bureau d'étude SERAMA le 16 mars 2020, à l'aide d'un système GPS topographique de précision centimétrique (*SPECTRA*).



**Figure 44 : Levés au GPS topographique par le cabinet d'études SERAMA**

Les levés ont consisté à :

- Établir les **profils en long** (**chapitre 5.4.4**) des différents bras sur le site (4 profils) afin de déterminer les profils de pente sur site
- Établir les **profils en travers** caractéristiques (**chapitre 5.4.5**) sur le site (17 profils) afin de préciser les gabarits existants, en amont, en aval, et au sein du secteur projet.
- Établir un **semis de points dans les parcelles en fond de vallée** (**chapitre 5.4.7**) dans une bande de 30 mètres autour des levés GPS d'axe d'écoulement réalisés par la CATER-COM (*cf.* Figure 363), afin d'obtenir la micro-topographie des zones d'emprise des futurs tracés ;

### 5.4.4. Profils en long

Sur les profils longitudinaux établis ci-dessous (Figure 46, Figure 47, Figure 48) les traits verticaux rouges marquent l'emplacement des profils en travers (*cf.* chapitre 5.4.5). Ils sont numérotés PT1, PT2, PT3, etc. (en rouge sur la Figure 46 ci-dessous).

**Les conclusions sont données au chapitre 5.4.6 page 68.**

Au bilan, ce sont **près de 4 km** de cours d'eau qui ont été levés.

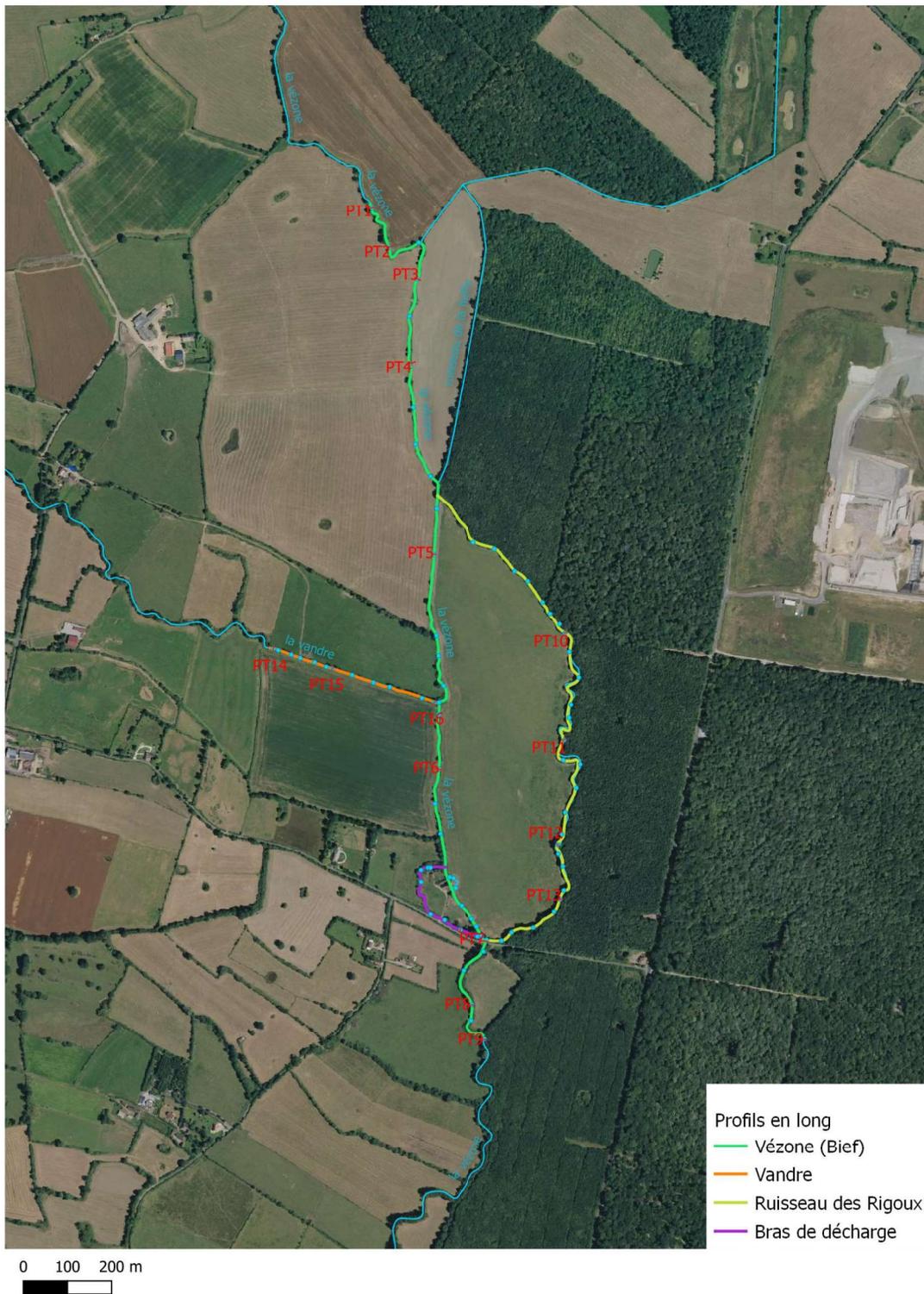


Figure 45 : Localisation des profils réalisés en long et en travers sur le site

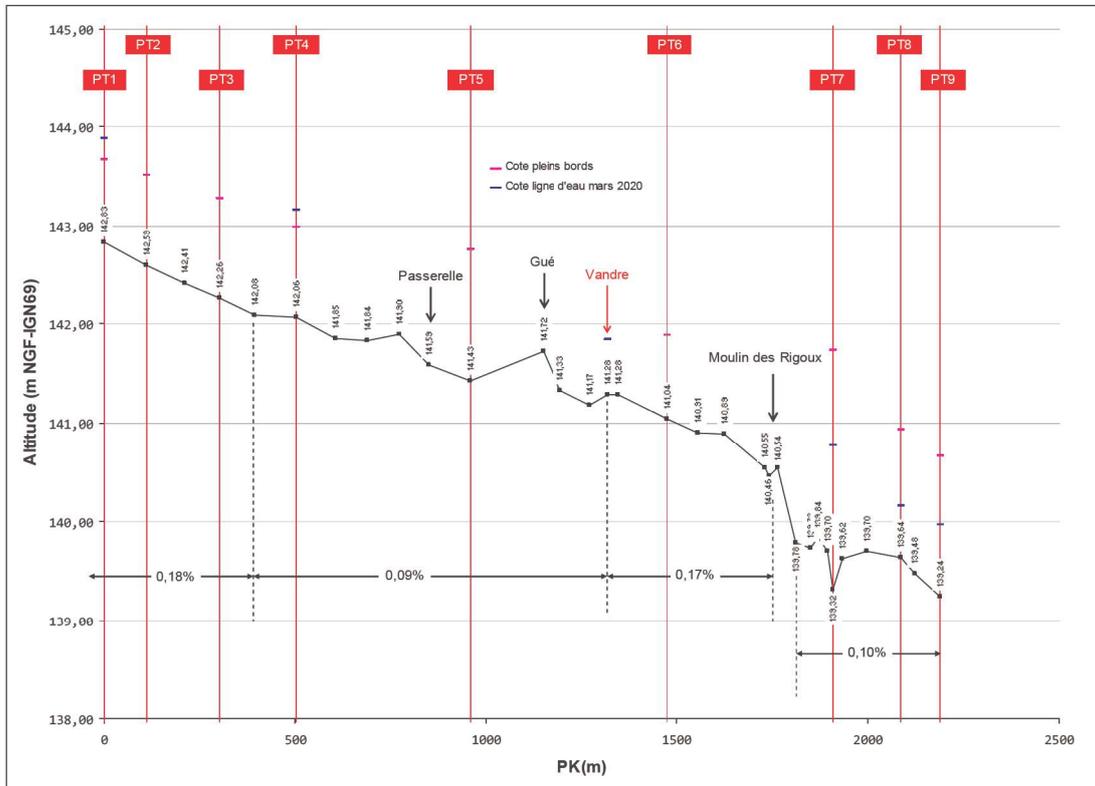


Figure 46 : Profil en long du bief actuel de la Vézère

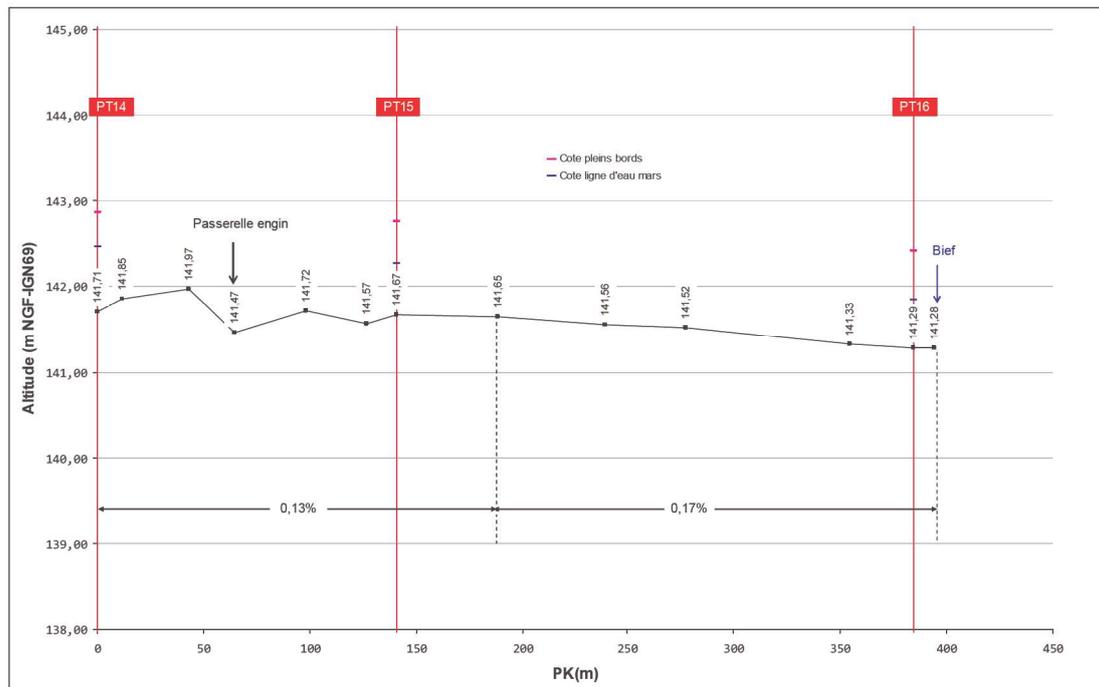


Figure 47 : Profil en long de la Vandre

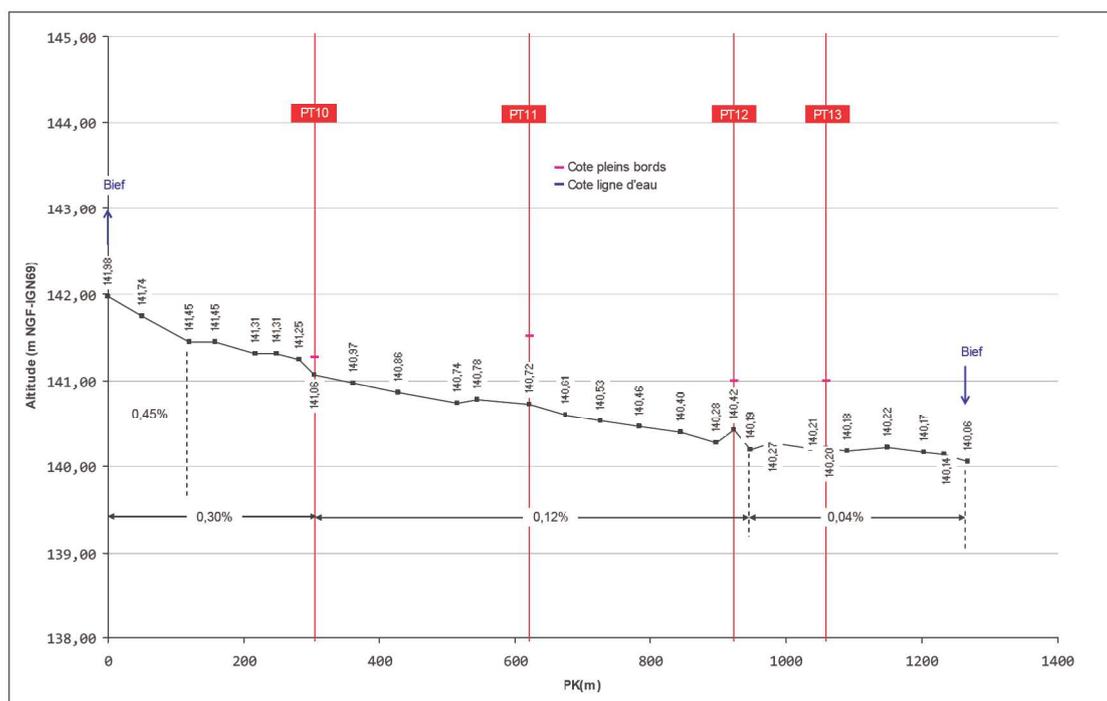


Figure 48 : Profil en long du ruisseau des Rigoux

#### 5.4.5. Profils en travers

Les profils transversaux réalisés (notés *PT*) sont fournis ci-dessous.

D'amont en aval, nous avons :

- Pour la Vézère (bief) les **PT n°1 à 9**
- Pour le Ruisseau des Rigoux (lit naturel) les **PT n°10 à 13**
- Pour la Vandré les **PT n°14 à 16**
- Le **PT n°17** représente le bras de décharge du moulin des Rigoux, le long du V.C. n°12

La géométrie hydraulique des différentes sections (cf. Figure 49) a été étudiée et les données sont fournies ci-dessous.

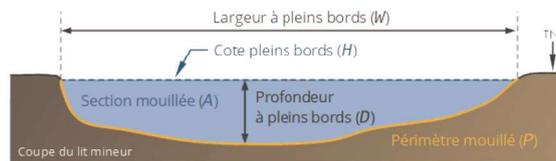
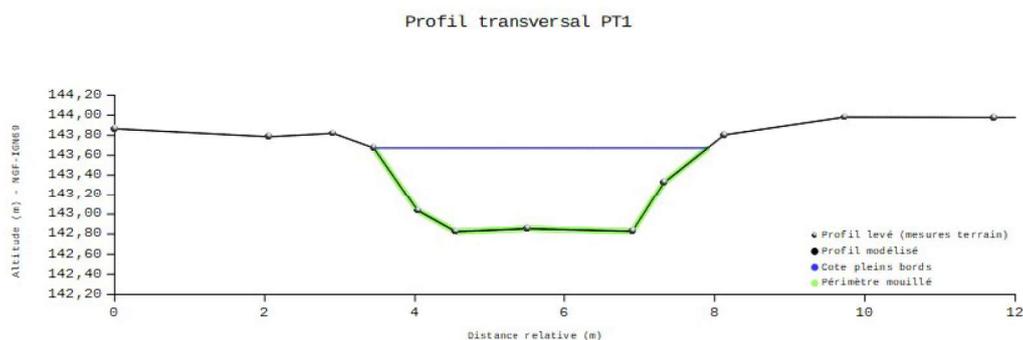


Figure 49 : Paramètres de géométrie hydraulique

Exemple :

**Tableau 12 : Géométrie hydraulique – Exemple du PT1**

Cote pleins bords (m NGF-IGN69)	<b>H</b>	143,67
Largeur pleins bords (m)	<b>W</b>	4,45
Profondeur pleins bords (m)	<b>D</b>	0,81
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	<b>A</b>	2,88
Périmètre mouillé (m)	<b>P</b>	5,09
Rayon hydraulique (m)	<b>R=A/P</b>	0,57
Ratio de forme	<b>r=W/D</b>	5,49



**Figure 370 : Profil en travers – Exemple du PT1**

Pour la Vézone :

**Tableau 13 : Géométrie hydraulique des profils PT1 à 9 (Bief Vézone)**

	Segment (Seg.) 1				Seg. 2	Seg. 3	Segment 4		
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8	PT9
<b>H</b>	143,67	143,51	143,28	142,99	142,75	141,89	141,74	140,93	140,66
<b>W</b>	4,45	4,32	4,77	4,56	5,43	7,14	15,10	12,77	9,99
<b>D</b>	0,81	0,90	1,00	0,92	1,32	0,85	1,66	1,28	1,56
<b>A</b>	2,88	2,56	3,04	2,77	4,06	5,29	20,24	12,14	9,39
<b>P</b>	5,09	4,92	5,72	5,36	6,50	7,90	16,63	13,45	11,22
<b>R</b>	0,57	0,52	0,53	0,52	0,62	0,67	1,22	0,90	0,84
<b>r</b>	5,49	4,80	4,77	4,96	4,11	8,40	9,10	9,98	6,40

Les profils réalisés dans les portions rectilignes montrent un profil globalement symétrique (PT1, 2, 3, 4...) et ceux réalisés dans les virages sont asymétriques (PT 8 et 9).

Le profil PT7 est particulier (section amont du pont, cf. Figure ) et largement surdimensionné (artificialisation due à l'ouvrage).

La partie aval est plus large (dans les 10m pleins bords) est un peu moins pentue (0,10%).

**Sur la Vandre** le gabarit est à assez homogène sur la partie rectifiée (cf. Tableau 14 ci-dessous).

**Tableau 14 : Géométrie hydraulique des profils PT14 à 16 (Vandre)**

	PT14	PT15	PT16
<b>H</b>	142,86	142,76	142,42
<b>W</b>	<b>6,97</b>	<b>7,27</b>	<b>6,52</b>
<b>D</b>	<b>1,14</b>	<b>1,08</b>	<b>1,13</b>
<b>A</b>	6,06	5,67	5,87
<b>P</b>	7,79	7,99	7,39
<b>R</b>	0,78	0,71	0,79
<b>r</b>	6,11	6,73	5,77

Enfin, pour le ruisseau des Rigoux, ancien lit naturel de la Vézone (au moins en partie) ; les données sont présentées au Tableau 15 ci-dessous.

**Tableau 15 : Géométrie hydraulique des profils PT10 à 13 (Ruisseau des Rigoux)**

	Seg. 1	Segment 2		
	PT10	PT11	PT12	PT13
<b>H</b>	141,27	141,51	141,00	141,00
<b>W</b>	1,36	4,99	3,46	4,88
<b>D</b>	0,20	0,77	0,57	0,79
<b>A</b>	0,14	2,43	1,26	2,21
<b>P</b>	1,43	5,29	3,70	5,17
<b>R</b>	0,10	0,46	0,34	0,43
<b>r</b>	6,80	6,48	6,07	6,18

#### 5.4.6. Conclusions

Pour la Vézone, depuis l'amont (segment 1), le gabarit est d'abord relativement constant autour de 4,5m par 0,9m pleins bords (cf. Tableau 13), avec une pente moyenne de l'ordre de 0,18% (cf. Figure 46), puis (segment 2) le gabarit augmente (PT5) et la pente s'adoucit (0,09% soit la moitié) à l'approche de la confluence avec la Vandre (il s'agit d'un bon indice de la mise en bief du lit). Après avoir récupéré le débit de la Vandre le lit du bief s'élargit à environ 7m (segment 3, PT6) et sa pente augmente vers les 0,17% (meilleure débitance). La Vandre est de même largeur mais légèrement plus profonde (7m par 1,1m pleins bords, cf. Tableau 14) et de même pente (0,17%, cf. Figure 47), ce qui fait bien penser à la continuité du cours d'eau...

La chute du moulin est de l'ordre de 0,7m (celle qui est en voie de contournement par la berge rive gauche (cf. Figure 26).

Lors des levés en mars 2020, on constate que le segment 1 débordait (cote ligne d'eau > cote pleins bords, cf. Figure 46), mais aussi au-dessus, ce qui contribuait à mettre en charge les parcelles en fond de vallée (observations des tracés d'écoulement en fond de vallée).

Le ruisseau des Rigoux, situé le long du bois, présente un tout petit gabarit en amont (segment 1 à 1,3m par 0,2m pleins bords) puis il grossit en aval (segment 2 à 4,5m par 0,7m) (cf. Tableau 15 ci-dessus). Sa pente est concave (cf. Figure 48) ; elle diminue progressivement de 0,45% à l'extrémité amont à 0,04% en aval du PT13. Entre PT10 et PT12 (segment récupérant les débordements de la Vézone) la pente est en moyenne de 0,12%, et en aval de PT12 (segment récupérant les débordements de la Vandre) elle passe à 0,04%.

La Figure 381 ci-dessous propose une autre présentation des résultats qui permet de mieux mettre en relief les groupes homogènes. D'abord la Vézone (Vézone bief amont, groupe C) qui ensuite s'élargie lorsqu'elle s'éloigne plus franchement du thalweg de la vallée (Vézone bief aval, groupe D), avant de rejoindre la Vandre (Vandre redressée, groupe E) format ensuite un cours d'eau de gabarit (et de pente) semblable (Vandre bief moulin, groupe E toujours). Le ruisseau des Rigoux, lui débute avec un gabarit très modeste, car peu alimenté (Ruisseau des Rigoux amont, groupe A), puis, après avoir récupéré les débits de débordement en fond de vallée (cf. Figure 363) prend un gabarit plus important, proche de celui de la Vézone en amont (même groupe C).

Tous ces éléments viennent encore une fois conforter les hypothèses déjà posées plus haut dans le document, à savoir :

- La Vandre est le cours d'eau principal du bassin, au moins en ce qui concerne les apports de débit liquide sur des crues mêmes faibles (la situation à l'étiage pourrait être différente)
- La Vézone est mise en bief (i.e. canalisée) dès l'amont du site et le phénomène est plus flagrant encore après la diffuence du ruisseau des Rigoux
- Le « Ruisseau des Rigoux » reprend l'ancien tracé naturel de la Vézone, longeant le bois de la Boyère.

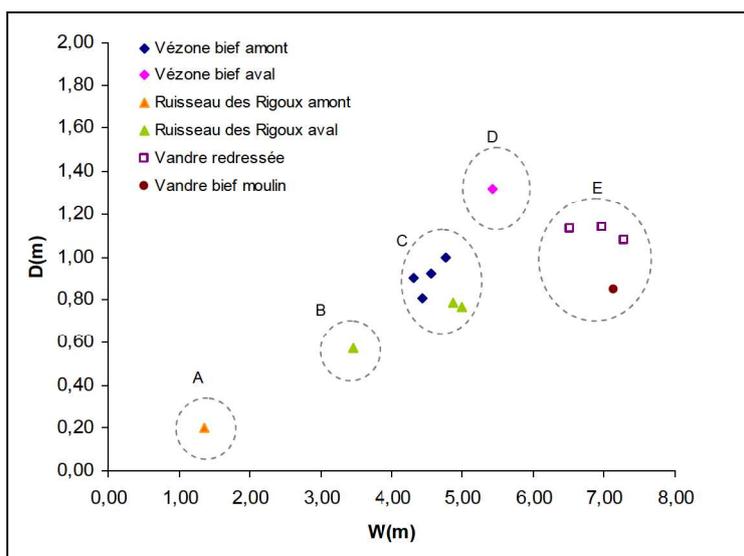


Figure 381 : Synthèse des gabarits hydrauliques présents sur site

En conclusion il est alors possible d'affirmer que :

- Le débit de la Vézone devrait emprunter le lit de l'actuel du ruisseau des Rigoux
- La Vandre devrait venir en confluence avec la Vézone sur le tracé du « ruisseau des Rigoux »
- Les marques laissées au fil des ans par les écoulements de débordement des cours d'eau en fond de parcelle tracent les trajets à suivre pour rétablir la situation hydraulique initiale pour ainsi « remettre le site en état ».

#### 5.4.7. Zones d'emprise, points de déviations-restitutions, tracés en plan

Par suite ce qui est énoncé juste ci-dessus, les **zones d'emprises** des nouveaux tracés correspondent aux emprises levées (cf. Figure 392), elles-mêmes découlant des observations du terrain et des photographies aériennes. Les **zones de déviation(s) et de restitution(s)** des nouveaux lits découlent également des observations de terrain (cf. Figure 392). A l'intérieur de ces emprises, **le tracé même des futurs lits (tracé en plan) est lui aussi prédéterminé par les marques très nettes laissées dans les parcelles**. Les tracés en plan (sinuosité, méandres, ...) à rouvrir nous sont fournis / imposés par le terrain, le calcul des linéaires développés et de la pente en découle directement.

##### Zone 1 : Remise en fond de vallée de la Vézone

Depuis la **déviatiion 1** vers la **restitution 1** (cf. Figure 392).

- Le dénivelé total est de **1,5 m**
- La longueur d'axe de la zone d'emprise est de 1100m soit une pente moyenne de la zone de méandrage de **0,14%**.

Sur la partie amont de la zone (avant le franchissement de l'actuel bief), le fond du bief actuel de la Vézone se situe en moyenne à 80cm sous la cote thalweg (valeur proche de la hauteur pleins bords du segment), le bief actuel n'est donc pas tellement perché, voire pas. Les risques d'érosion régressive consécutive à la remise en fond de vallée sont donc très limités.

##### Zone 2 : Remise en fond de vallée de la Vandre

Depuis la **déviatiion 2** vers la **restitution 2** (cf. Figure 392).

- Le dénivelé total est de **1,1m**
- La longueur d'axe de la zone d'emprise est de 500m soit une pente moyenne de la zone de méandrage de **0,22%**.

*N.B.* Le secteur en amont (entre les parcelles ZM0013 et ZM0019) a été redressé entre 1825 (cadastre napoléonien) et 1949 (plus ancienne photo aérienne disponible, où il est déjà rectifié).

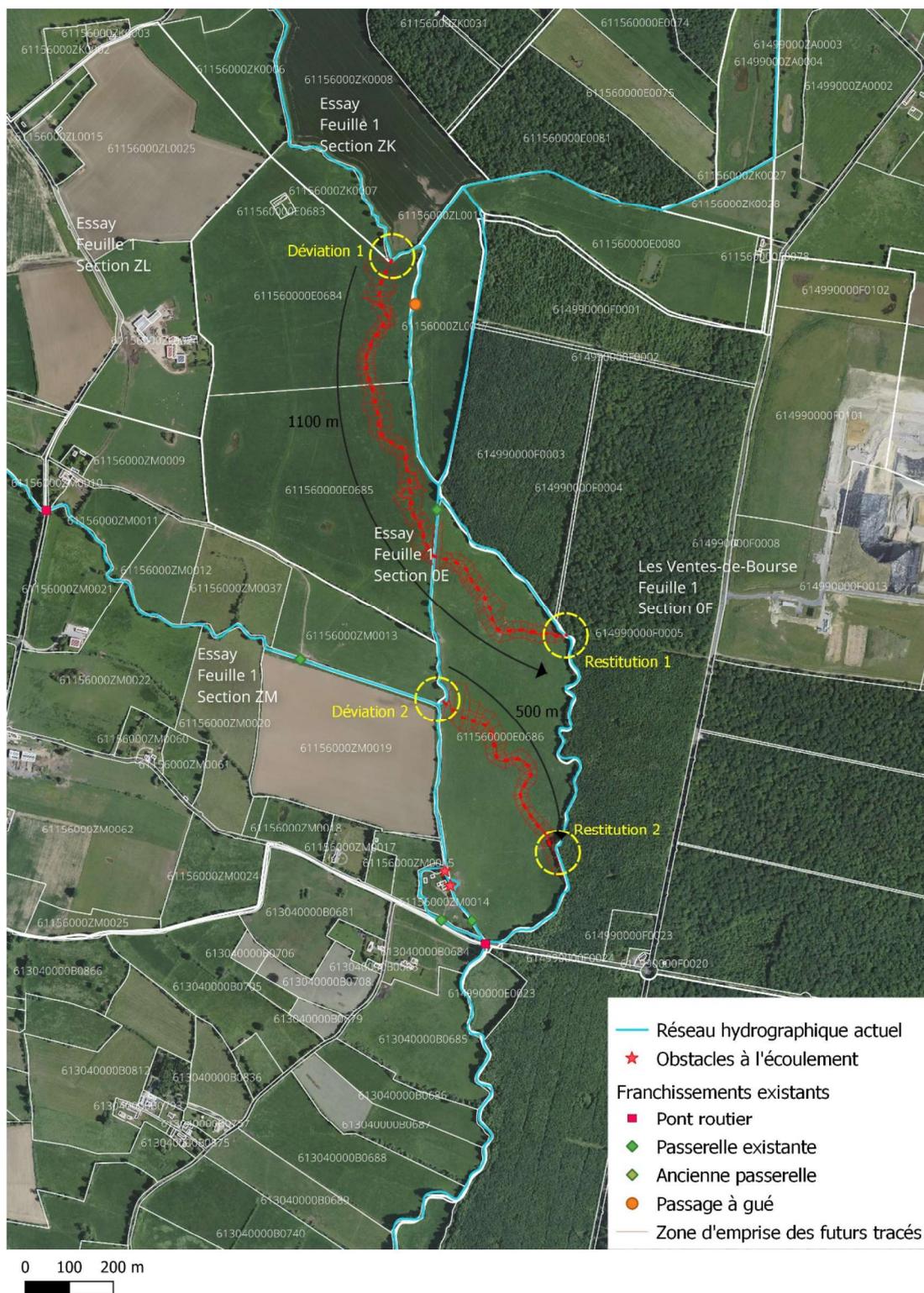


Figure 392 : Zones d'emprises, de déviations et de restitutions des futurs tracés

## 5.5. Hydrologie

### 5.5.1. Études antérieures

Une étude a été réalisée en 1997 par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de l'Orne suite aux événements pluviométriques importants du début des années 1993 et 1995.

À la demande de la Communauté de communes du Pays d'Essay, à l'époque, le service « Eau et Environnement » a réalisé une étude détaillée dans l'objectif de faire un état des lieux et de proposer des aménagements pour améliorer la situation en matière d'entretien, d'écoulement et de lutte contre les crues.

Dans le cadre de cette étude, les données hydrométriques ont été extraites des stations voisines de l'Hoëne, de la Sarthe et du Sarthon, La Vézone ne disposant pas de station de mesure.

Une autre étude a été réalisée plus récemment par le Syndicat du Bassin de la Sarthe (SBS) en 2019 portant sur l'aménagement du moulin de Hauterive (GARNIER S. 2019). Dans cette étude, et dans une autre réalisée antérieurement par Hydratec & Asconit consultant en 2007), la station sur l'Hoëne a été choisie comme référence pour l'estimation des débits de crues.

### 5.5.2. Station de référence

Dans la suite du document, à l'instar des choix réalisés par le SBS en 2019, nous exploiteront les données hydrométriques de la **station de l'Hoëne (code hydro M0014110)**.

#### PRESENTATION DE LA STATION HYDROMETRIQUE

##### L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie]

<b>Code station :</b>	M0014110	<b>Producteur :</b>	DREAL Basse-Normandie
<b>Bassin versant :</b>	75.7 km <sup>2</sup>	<b>E-mail :</b>	hydro-bn@developpement-durable.gouv.fr

Description	Données hydrologiques
<b>Département :</b> Orne (61) <b>Commune :</b> Mesnière <b>Cours d'eau :</b> L' Hoëne <b>Mise en service :</b> 01/10/1979 12:00 <b>Mise hors service :</b> <b>Type :</b> station à une échelle <b>Statut :</b> station avec signification hydrologique <b>Régime influencé :</b> pas ou faiblement <b>Altitude :</b> 158 m <b>Bassin-versant topographique :</b> 75.7 km <sup>2</sup>	<b>Finalité :</b> Hydrométrie générale <b>Année hydrologique :</b> Septembre - Août <b>Loi utilisée pour le module :</b> Gauss <b>Année d'étiage :</b> Janvier - Décembre <b>Loi utilisée pour les étiages :</b> Galton <b>Loi utilisée pour les crues :</b> Gumbel <b>Qualité globale des mesures :</b> en basses eaux : bonne en moyennes eaux : bonne en hautes eaux : bonne

**Figure 403 : Caractéristiques principales de la station hydrométrique sur l'Hoëne**  
[\(<http://www.hydro.eaufrance.fr>\)](http://www.hydro.eaufrance.fr)

Cette station de mesures dispose, au 09/05/2020, de 41 années de mesures dont 38 disposent de données de débits validés bons (31 années complètes et 7 années incomplètes).



**Figure 54 : Données disponibles pour la station hydrométrique sur l'Hoëne**  
[\(<http://www.hydro.eaufrance.fr>\)](http://www.hydro.eaufrance.fr)

Les données de débits présentées aux chapitres suivants sont issues d'une extrapolation des débits de l'Hoëne à l'aide de la **formule de MYER** :

$$\frac{Q_{Ta}}{Q_{Tb}} = \left( \frac{A_a}{A_b} \right)^\alpha \quad \text{avec } \alpha = 0,8$$

$Q_{Ta}$  : Débit ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) de fréquence T (ans) du bassin versant à étudier

$Q_{Tb}$  : Débit ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) de fréquence T (ans) du bassin versant instrumenté

$A_a$  : Superficie ( $\text{km}^2$ ) du bassin versant à étudier

$A_b$  : Superficie ( $\text{km}^2$ ) du bassin versant instrumenté

Les données seront calculées au niveau des deux zones d'apport sur le site projet (cf. Figure 13 page 27), à savoir :

- Depuis le nord du site (la Vézone), drainant une superficie de **31,03 km<sup>2</sup>**  
Ce point est situé en amont immédiat du site à Essay au lieu-dit Rouilly  
Cette localité sera désignée par la suite « *La Vézone* »
- Depuis l'Ouest du site (la Vandre), drainant une superficie de **63,11 km<sup>2</sup>**  
Ce point est situé en amont immédiat du site à Essay au lieu-dit Échuffley  
Cette localité sera désignée par la suite « *La Vandre* »

### 5.5.3. Débits caractéristiques

#### Modules mensuels et modules interannuels

Sur la **Vézone** (cf. Figure 55), dont le **module** est estimé à **0,292 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>** les débits moyens mensuels s'échelonnent de 0,156 à 0,439 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> respectivement en janvier et en août. La période de basses eaux (débits moyens inférieurs au module) s'étalent sur 6-7 mois de mai-juin à novembre.

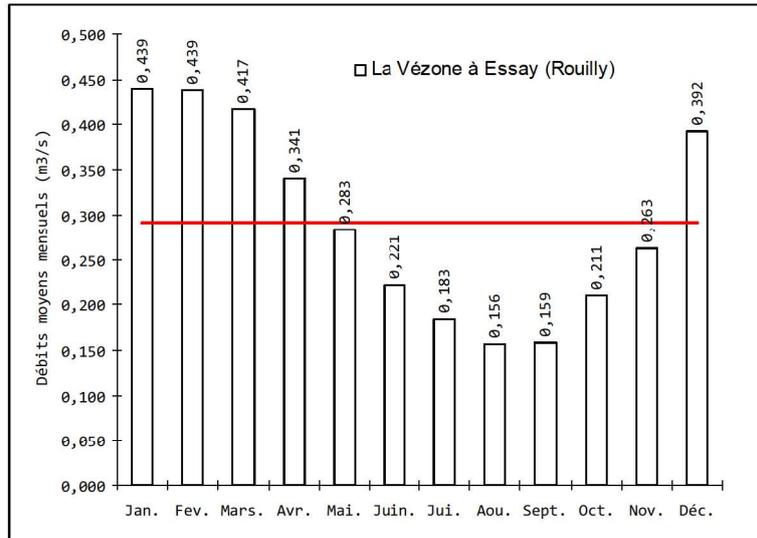


Figure 55 : Histogramme des modules mensuels extrapolés sur la Vézonne à partir des données de l'Hoëne (M0014110).

Sur la **Vandre** (cf. Figure 56), dont le **module** est estimé à **0,515 m³.s<sup>-1</sup>** les débits moyens mensuels s'échelonnent de 0,276 à 0,776 m³.s<sup>-1</sup> respectivement en janvier et en août. La période de basses eaux (débits moyens inférieurs au module) s'étale elle aussi sur 6-7 mois de mai-juin à novembre.

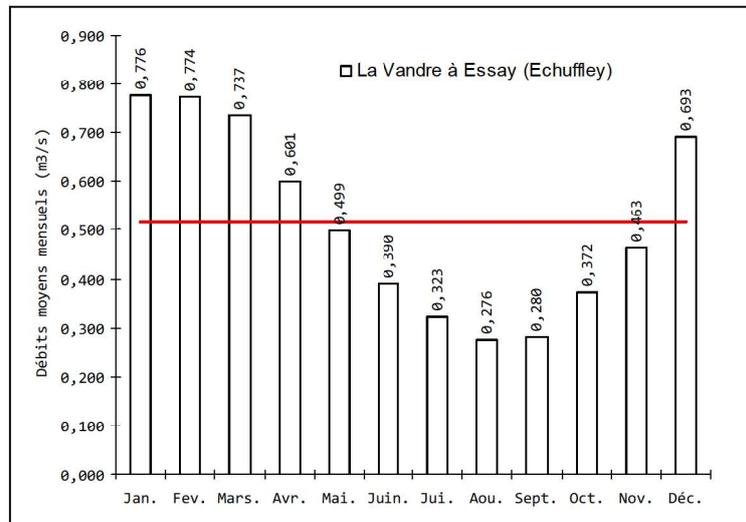


Figure 56 : Histogramme des modules mensuels extrapolés sur la Vandre à partir des données de l'Hoëne (M0014110).

### Débits d'étiage

Les  $VCN_n$  sont les débits moyens minimums annuels sur  $n$  jours consécutifs.

Les QMNA sont les débits moyens mensuels minima annuels

Pour la **Vézère** :

**Tableau 16 : Débits caractéristiques d'étiages pour la Vézère**

$m^3.s^{-1}$	VCN3	VCN10	QMNA
Moyenne	0,136	0,141	0,151
Quinquennale sèche	0,103	0,108	0,118

La valeur estimée pour le **QMNA5 sur la Vézère** est de **0,118  $m^3.s^{-1}$**

Pour la **Vandre** :

**Tableau 17 : Débits caractéristiques d'étiages pour la Vandre**

$m^3.s^{-1}$	VCN3	VCN10	QMNA
Moyenne	0,239	0,248	0,267
Quinquennale sèche	0,182	0,190	0,207

La valeur estimée pour le **QMNA5 sur la Vézère** est de **0,207  $m^3.s^{-1}$**

### Débits de crues

L'étude des débits de crue va être utile notamment pour dimensionner les gabarits des nouveaux tracés. En effet on cherchera à **dimensionner les lits** (niveau à pleins bords) pour un débit moyen journalier maximum de temps de retour 1 à 2 ans. Comme nous sommes sur des **substrats imperméables**, (marnes, argiles) nous viseront préférentiellement un temps de retour de **1,5 ans** (FOURNIALS X, 2018).

Les données sont fournies ci-dessous.

**Tableau 18 : Débits de crues**

Temps de retours (années)	Débit moyen journalier maximum ( $m^3.s^{-1}$ )	
	Vézère (site projet)	Vandre (site projet)
1	0,12	0,21
<b>1,5</b>	<b>1,45</b>	<b>2,57</b>
<b>2</b>	<b>1,74</b>	<b>3,08</b>
5	2,45	4,33
10	2,93	5,16
20	3,38	5,96
50	3,96	6,99
100	4,40	7,76



Pour le dimensionnement des nouveaux lits, on retiendra donc :

- Pour le nouveau lit de la **Vézone**, un débit de l'ordre de **1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**
- Pour le nouveau lit de la **Vandre**, un débit de l'ordre de **2,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**

#### 5.5.4. Débits classés

L'exercice de classement des débits est une analyse statistique de la chronique des données issues d'une station hydrométrique sur un cours d'eau. Elle permet d'aboutir aux classes de débits journaliers par ordre décroissant et aux fréquences de non-dépassement associées.

La courbe a été calculée sur la base des calculs disponibles dans la Banque hydro pour la station sur l'Hoëne (M0014110). Le nombre de jours de dépassement est calculé sur la base de la fréquence de non-dépassement, complément de la fréquence de dépassement suscitée sur une échelle de 1 (100%).

Exemple de lecture : pour la Vézone (courbe violet foncé) un débit de 1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> est dépassé en moyenne pendant environ 40 jours par an (10% de l'année).

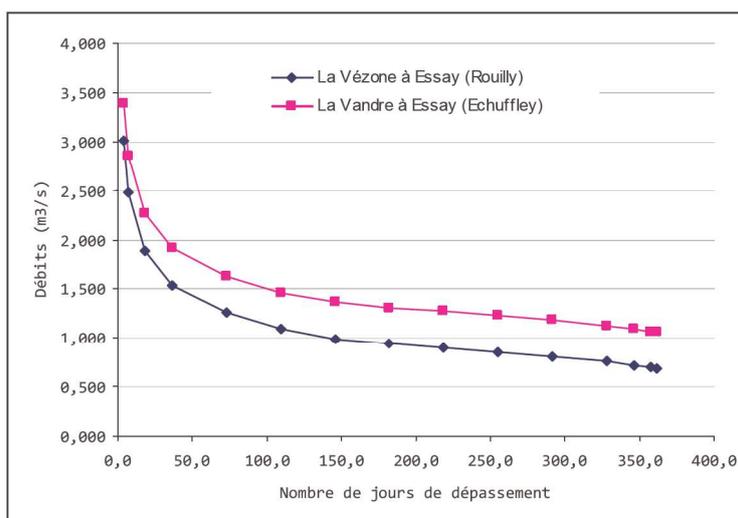
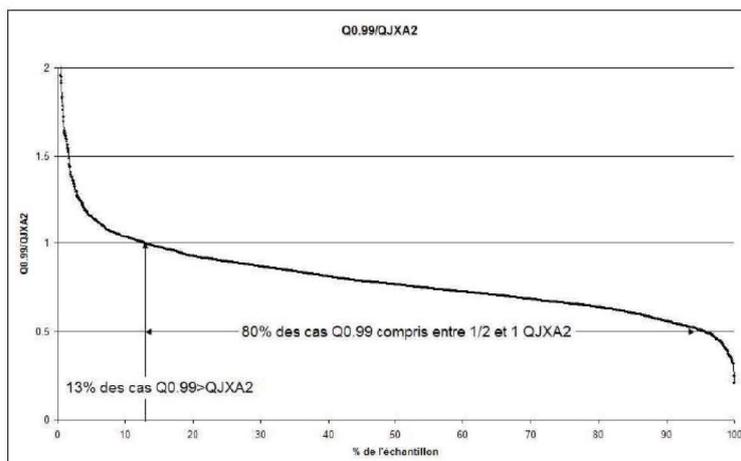


Figure 57 : Courbes des débits classés extrapolés sur la Vézone et la Vandre à partir des données de l'Hoëne (M0014110).

Les études de l'ONEMA et du CEMAGREF dans le cadre de la construction de l'outil SYRAH-CE ont montré que le débit classé de fréquence 0,99 (dépassé 1% du temps, noté  $Q_{0,99}$ ) était un débit significatif d'un point de vue hydromorphologique car dans 80% des cas on constate qu'il est compris entre  $Q_2$  et  $\frac{1}{2} Q_2$  ( $Q_2$  étant la crue biennale en débit moyen journalier).



D'après VALETTE L., CUNILLERA A. 2010

La connaissance de ce  $Q_{0,99}$  permettrait donc d'avoir une valeur approchée de  $Q_2$  car on a **80% de chance pour que la « vrai » valeur  $Q_2$  soit située entre 1 fois et 2 fois la valeur du  $Q_{0,99}$ .**

Dans le cadre des travaux de recherche au sein de l'ex-CEMAGREF de Lyon, un modèle d'interpolation des courbes de débits classés a été développé. Il a été utilisé dans le cadre de l'outil SYRAH-CE pour fournir une valeur de « débit spécifique de crue » ( $Q_{0,99}$  interpolé / superficie bassin) sur chaque tronçon du réseau théorique (tronçons SYRAH)

Malheureusement le modèle retravaillé dans SYRAH ne livre pas des valeurs correctes pour les tronçons, car dans le cas de l'Hoëne par exemple, si on utilise les données SYRAH pour calculer le  $Q_{0,99}$  on obtient une valeur de  $1,46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  alors que les données de la Banque Hydro (issues de mesures réelles) annoncent  $2,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . L'écart est important.

On se basera donc plutôt sur les données de la banque hydro, extrapolée sur le bassin de la Vézère et de la Vandré.

## 5.6. Hydraulique et dimensionnement

Nous avons utilisé l'approche hydraulique en l'absence de portions de cours d'eau pouvant servir de référence dans ce bassin ou un bassin proche.

Dans cette approche, la détermination du **gabarit hydraulique** consiste à dimensionner le lit mineur, à recréer en fond de vallée, de sorte à permettre un **écoulement à pleins bords de la crue morphogène**, considérée comme étant équivalente au **débit moyen journalier de temps de retour 1 à 2 ans**.

Pour rappel les débits de projets retenus sont :

- Pour le nouveau lit de la **Vézone**, un débit de l'ordre de **1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**
- Pour le nouveau lit de la **Vandre**, un débit de l'ordre de **2,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**

Dans le cadre de ce projet, la question est simplifiée à la détermination de la section d'écoulement moyenne (larguer, profondeur), car le tracé en plan, et donc la pente du futur lit mineur (voir chaoitres suivants), n'est plus une inconnue dans l'équation ; le futur lit mineur suivra l'ancien lit dont on voit encore très nettement les traces sur le terrain.

Pour ce dimensionnement, nous avons réalisé les calculs hydrauliques avec la formule de Manning-Strickler en considérant un **coefficient de rugosité (K) de 25 m<sup>1/3</sup>.s<sup>-1</sup>** (tableau ci-dessous).

**Figure 58 : Ordre de grandeur du coefficient de rugosité selon le type de chenal (d'après DEGOUTTE G. 2012)**

Nature des parois	Valeur de K en m <sup>1/3</sup> / s
Béton lisse	75
Canal en terre, non enherbé	60
Canal en terre, enherbé	50
Rivière de plaine, sans végétation arbustive	35-40
Rivière de plaine, large, végétation peu dense	30
Rivière à berges étroites très végétalisées	10-15
Lit majeur en prairie	20-30
Lit majeur en vigne ou taillis	10-15
Lit majeur urbanisé	10-15
Lit majeur en forêt	<10

### 5.6.1. Nouveau lit de la Vézone (zone 1)

En suivant l'ancien lit naturel, dont les traces sont nettement visibles dans les parcelles en fond de vallée, et compte-tenu de la topographie mesurée, **la pente du nouveau lit est évaluée à 0,105%, pour un linéaire développé de 1470m.**

Dans ces conditions, le **gabarit moyen** à prévoir dans les **zones d'inflexions** (points hauts du profil en long après aménagement, correspondant à des zones de contrôle hydraulique) pourrait être de **4,50 m de largeur pleins bords par 60 à 65 cm de hauteur pleins bords.**

En effet :

Point de départ à Z=142,61 m NGF-IGN69 (cote fond de lit profil PT2).

Point d'arrivée à Z=141,06 m NGF-IGN69 (cote fond de lit profil PT10)

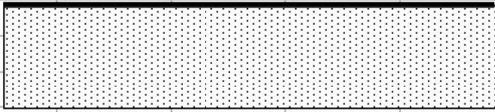
**Dénivelé = 1,55 m**

La longueur de l'axe de l'enveloppe de méandrage étant de 1160m, le **coefficient de sinuosité sera de 1,27.**

Vérification du gabarit par le calcul de Manning-Strickler :

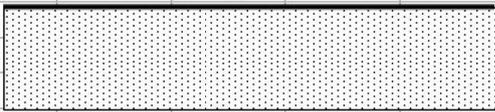
**Simulation gabarit de 4,5m x 0,60m :**

Calcul du débit de pleins bords pour une section rectangulaire à partir de Largeur (W) et profondeur (D)	
W	4,5 m
D	0,60 m
i	0,00105 m.m <sup>-1</sup>
K <sub>s</sub>	25 m <sup>1/3</sup> .s <sup>-1</sup>
S	2,70 m <sup>2</sup>
P	5,70 m
R <sub>h</sub>	0,47 m
<b>Q<sub>b</sub></b>	<b>1,33 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup></b>



**Simulation gabarit de 4,5m x 0,65m :**

Calcul du débit de pleins bords pour une section rectangulaire à partir de Largeur (W) et profondeur (D)	
W	4,5 m
D	0,65 m
i	0,00105 m.m <sup>-1</sup>
K <sub>s</sub>	25 m <sup>1/3</sup> .s <sup>-1</sup>
S	2,93 m <sup>2</sup>
P	5,80 m
R <sub>h</sub>	0,50 m
<b>Q<sub>b</sub></b>	<b>1,50 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup></b>



Ce profil est tout à fait aménageable compte de la pente relativement constante du fond de vallée le long de cette trace (voir profil en long ci-dessous).

Dans cette hypothèse, le toit du matelas alluvial du nouveau lit se situerait en moyenne à 0,63 m sous le TN, ce qui laisse la possibilité d'envisager une hauteur pleins bords de 60-65cm.

**Une largeur pleins bords de 4,5m est en adéquation avec le lit existant juste en amont.**

La projection de ce gabarit (hauteur pleins bords de 65cm ; (trait pointillé cyan - - - - niv-HB) sur une vue en coupe du TN actuel le long du futur tracé (trait plein noir \_\_\_ ZTN) est représentée sur la Figure 59 ci-dessous, avec une recharge d'environ 30cm d'épaisseur (trait plein cyan \_\_\_ ZFOND).

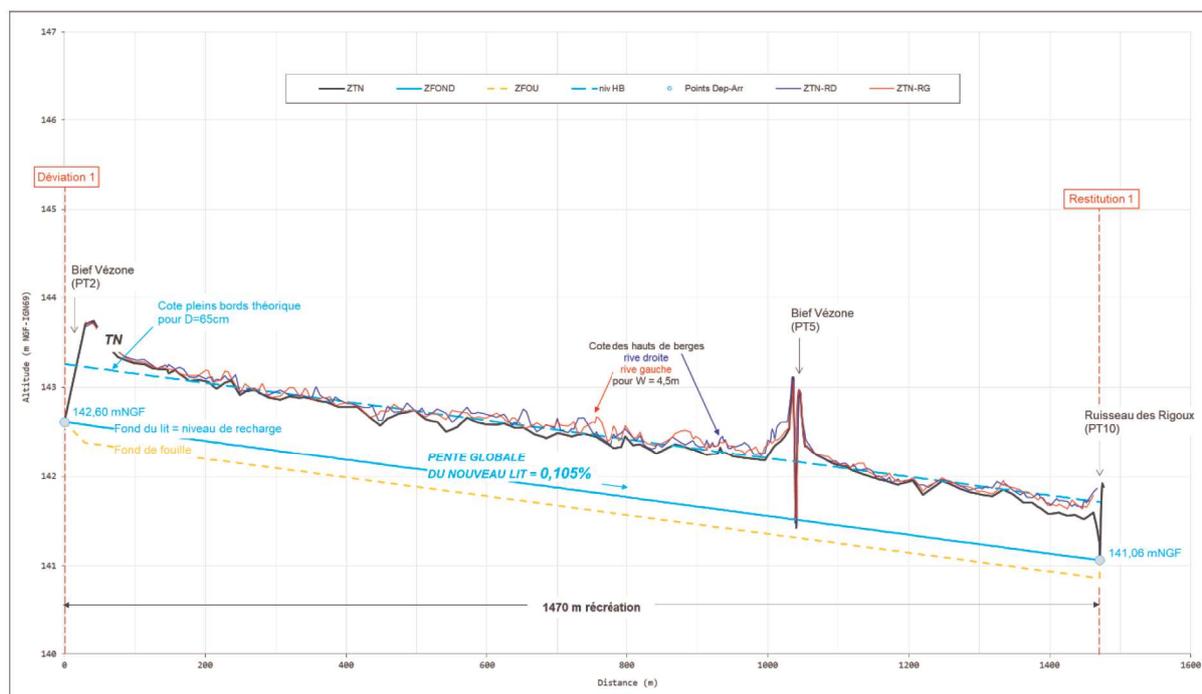


Figure 59 : Profil en long projet – Zone 1 – Remise en fond de vallée du bief de la Vézone

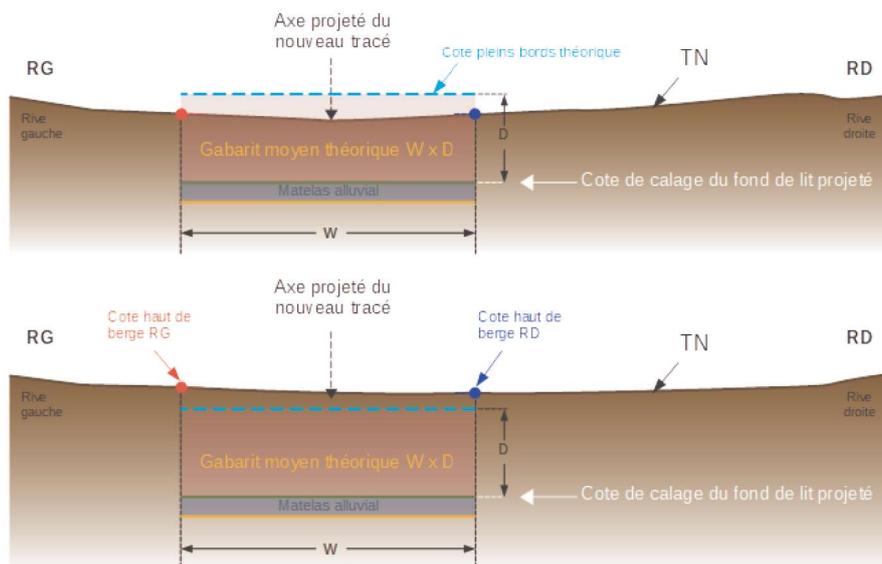


Figure 60 : Schématisation des notions de cotes pleins bords théoriques et de cotes réelles en haut de berges RG et RD

La Figure ci-dessous représente les écarts qu'il y aurait entre la hauteur de berge calculée (ou souhaitée) avec  $D = 65$  cm et la hauteur de berge réelle (en rive droite et en rive gauche) obtenue suite au terrassement du lit avec une largeur d'ouverture de 4,5m. On voit que mis à part les

passages particuliers où c'est inévitable (zone de la déviation, zone de la restitution et zone de franchissement du bief, de par la présence des merlons de berges), pour le reste du tracé, les écarts sont contenus dans une gamme de  $\pm 20\text{cm}$  maximum.

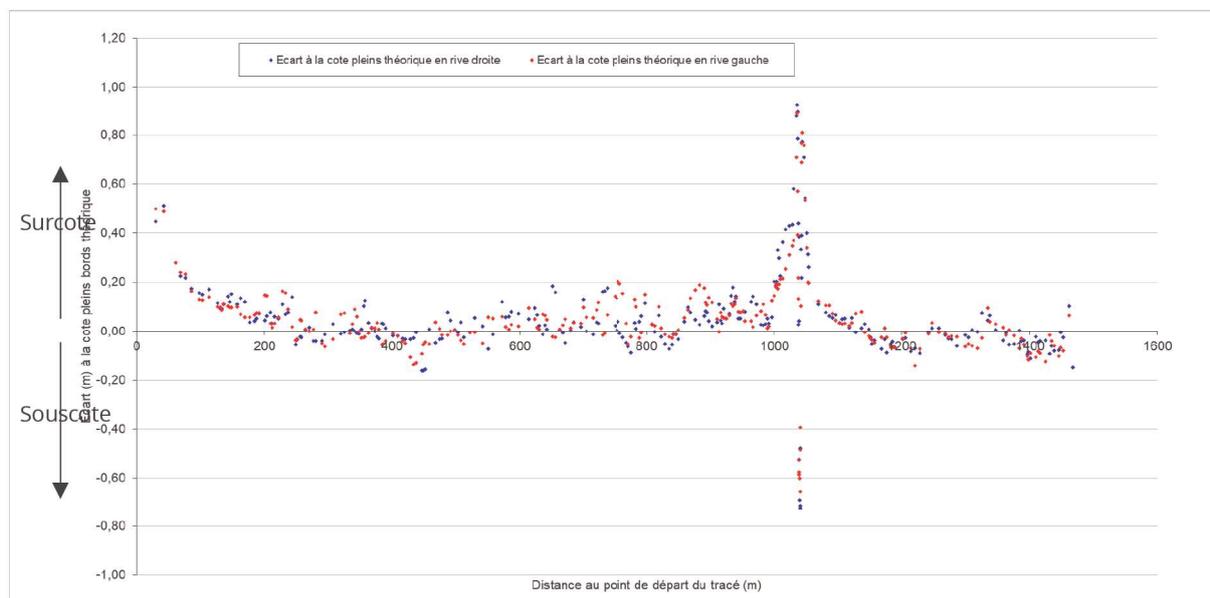


Figure 61 : Estimation des écarts de hauteurs de berges sur le nouveau tracé de la Vézère (zone 1)

Cette autre représentation montre qu'une majorité des écarts est en définitive de l'ordre de 10cm.

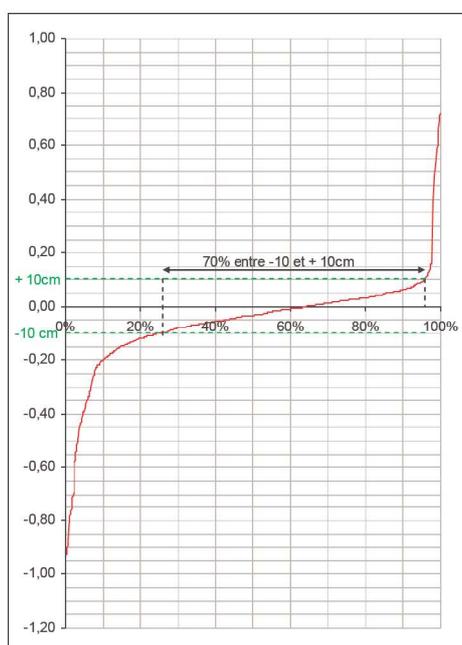


Figure 62 : Estimation des écarts de hauteurs de berges sur le nouveau tracé de la Vézère (zone 1)

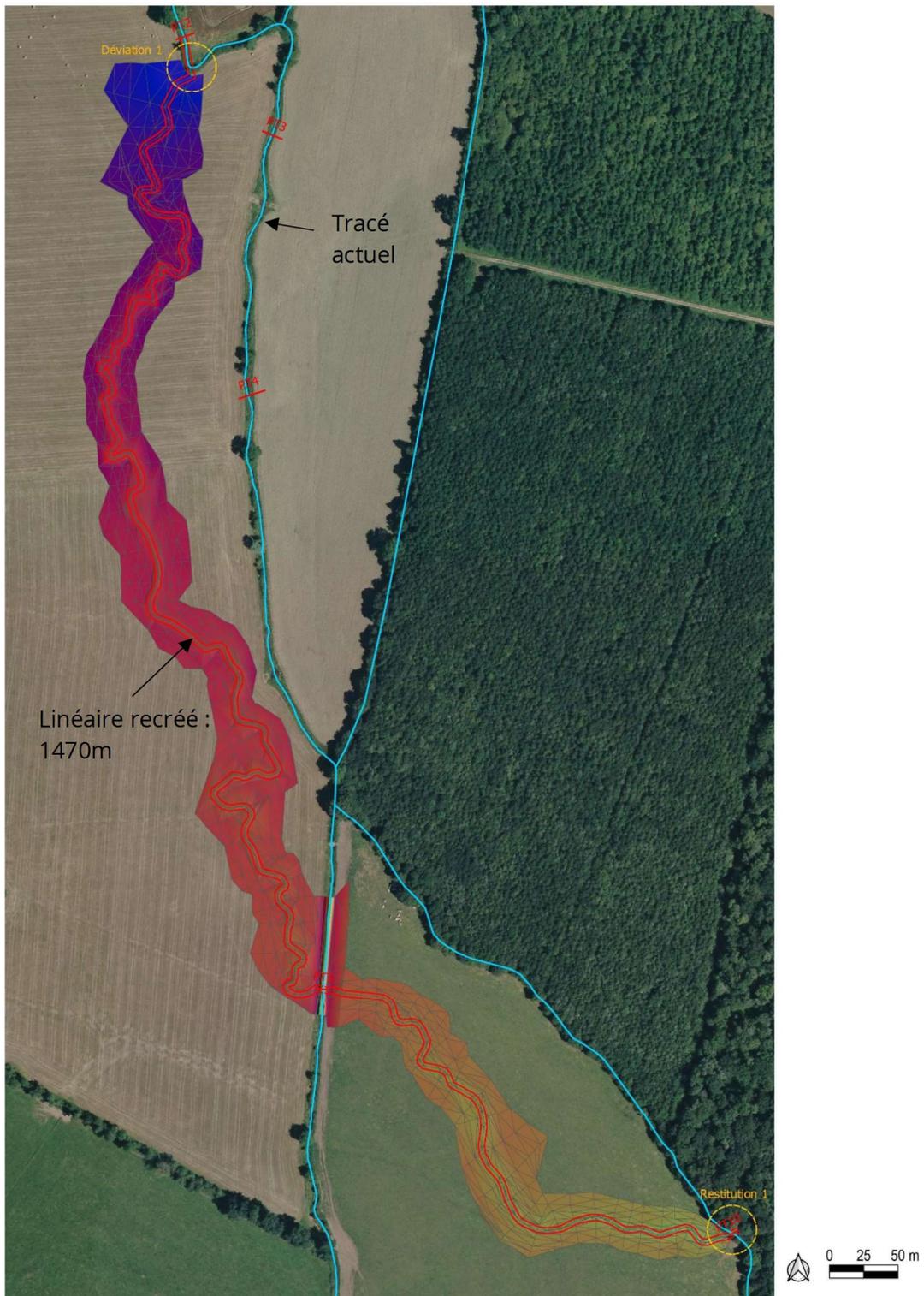


Figure 63 : Tracé en plan du nouveau lit de la Vézone (zone 1)

La portion en aval de ce segment de la Vézone remise en fond de vallée correspond au ruisseau des Rigoux, identifié comme le lit naturel historique de la Vézone. Il se situe le long du bois de la Boyère avec un tracé sinueux. Le segment du ruisseau des Rigoux actuel situé entre la restitution 1 (arrivée du nouveau lit de la Vézone) et la restitution 2 (arrivée du nouveau lit de la Vandre ; voir chapitre suivant) doit logiquement s'inscrire hydrauliquement et morphologiquement dans la continuité du nouveau lit de la Vézone. Dans ce cadre, nous renvoyons le lecteur aux chapitres 5.4.4 Figure 48 et 5.4.5 Tableau 15 pour constater que le gabarit existant est déjà très similaire ( $W$  de l'ordre de 4,5m et  $D$  de l'ordre de 70cm) ainsi que la pente très proche (0,12%).

On estime ainsi que **le ruisseau des Rigoux en aval de la remise en fond de vallée de la Vézone (zone 1) n'aura pas à subir de modifications de géométrie hydraulique importante**, voire aucune, car son gabarit actuel et sa pente sont déjà en adéquation avec les caractéristiques du lit restauré en amont (voir PT11, 12, 13).

Toutefois, une diversification des habitats avec un peu de recharge sera réalisée afin de diversifier les écoulements.

### 5.6.2. Nouveau lit de la Vandre (zone 2)

En suivant l'ancien lit naturel, dont les traces sont nettement visibles dans les parcelles en fond de vallée, et compte-tenu de la topographie mesurée, **la pente du nouveau lit est évaluée à 0,23%, pour un linéaire développé de 570m.**

Dans ces conditions, le **gabarit** moyen à prévoir dans les **zones d'inflexions** (points hauts du profil en long après aménagement, correspondant à des zones de contrôle hydraulique) pourrait être de **4,80 m de largeur pleins bords par 70 cm de hauteur pleins bords.**

En effet :

Point de départ à  $Z=141,30$  m NGF-IGN69 (cote fond de lit profil PT16).

Point d'arrivée à  $Z=140,00$  m NGF-IGN69 (cote fond de lit en aval du profil PT12 – 20cm)

**Dénivelé = 1,30 m**

La longueur de l'axe de l'enveloppe de méandrage étant de 450m, le **coefficient de sinuosité sera de 1,22.**

Vérification du gabarit par le calcul de Manning-Strickler :

Calcul du débit de pleins bords pour une section rectangulaire à partir de Largeur ( $W$ ) et profondeur ( $D$ )

$W$	4,8 m							
$D$	0,70 m							
$i$	0,0023 $m.m^{-1}$							
$K_s$	25 $m^{1/3}.s^{-1}$							
$S$	3,36 $m^2$							
$P$	6,20 m							
$R_h$	0,54 m							
$Q_b$	2,68 $m^3.s^{-1}$							



La projection de ce gabarit (hauteur pleins bords  $D$  de 70cm ; trait pointillé cyan - - - - niv-HB) sur une vue en coupe du TN actuel le long du futur tracé (trait plein noir \_\_\_ ZTN) est représentée sur la Figure 64 ci-dessous, avec une recharge d'environ 30cm d'épaisseur (trait plein cyan \_\_\_ ZFOND).

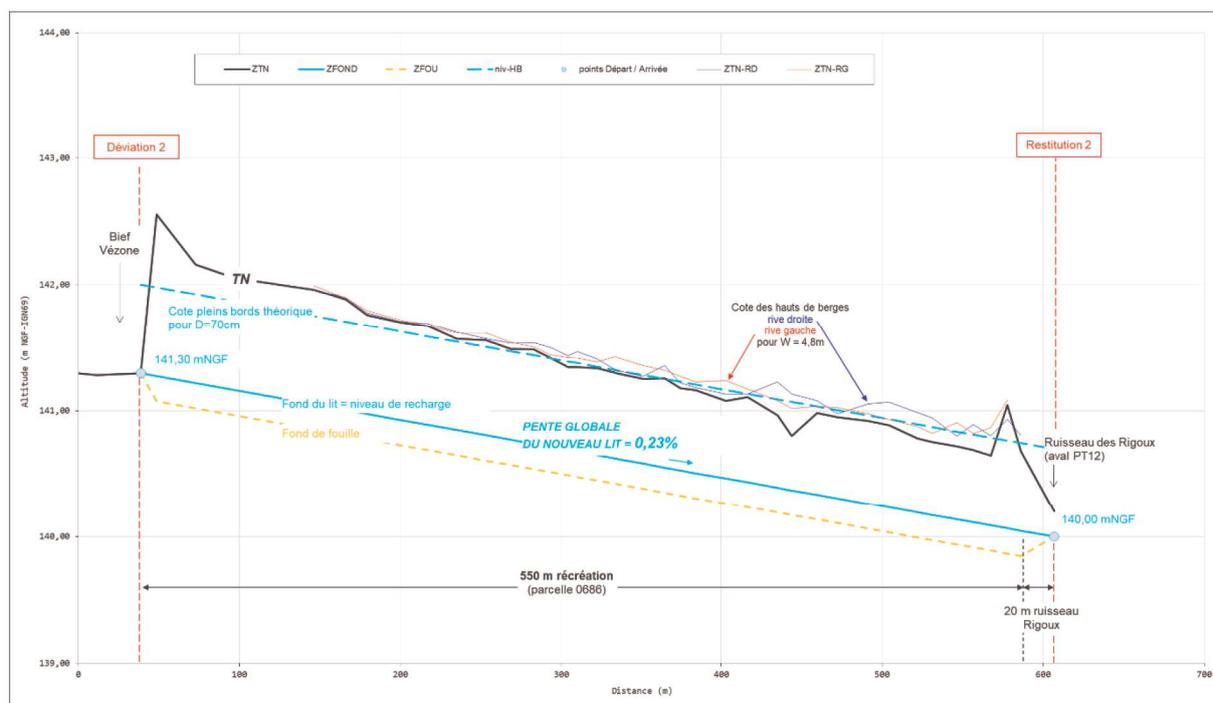


Figure 64 : Profil en long projet – Zone 2 – Remise en fond de vallée de la Vandre dans la parcelle 0686

On remarque à la lecture de ce profil en long, que la partie supérieure (amont) présente un « excès de terrain » par rapport à une hauteur de berges « cible » de 70cm. Cela est dû notamment à la berge rive gauche du bief actuel de la Vézone présentant un merlon (vraisemblablement issu de d'anciens curages).

La Figure 65 ci-dessous montre que les hauteurs de berges obtenues après ouverture du lit seront suffisantes par rapport à la hauteur pleins bords souhaitée (70cm). Elles seront globalement, et en moyenne, plus hautes de l'ordre de 5-10cm. En phase travaux elles pourront être légèrement rabotées, localement, pour ramener la hauteur pleins bords du lit final à 70cm, notamment dans la partie amont (berge gauche du bief actuel de la Vézone).

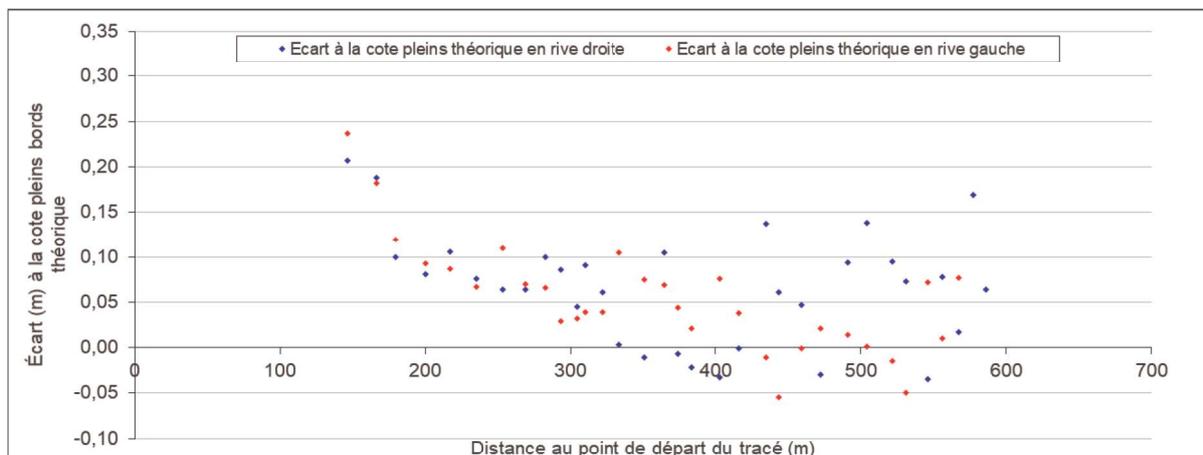


Figure 65 : Estimation des écarts de hauteurs de berges sur le nouveau tracé de la Vandre (zone 2)

### 5.6.3. Lit aval nouvelle confluence (zone 3)

Les remises en fond de vallée de la Vézone et de la Vandre vont conduire à déplacer la confluence Vézone-Vandre sur le « ruisseau des Rigoux » actuel, ancien lit de la Vézone actuellement comblé (atterri) en partie, en raison du détournement ancien des eaux ; Il faudra donc rétablir le gabarit par extraction des sédiments fins accumulés (vases, humus...) pour permettre l'écoulement normal. Ainsi, la portion comprise entre cette nouvelle confluence (restitution 2) et la confluence actuelle avec les bras de décharge et de fuite du moulin (amont immédiat du pont) devra être ajustée en gabarit afin qu'elle soit adaptée à ces nouvelles conditions de débit liquide (variable de contrôle majeure de l'hydromorphologie) (Figure 66).

Le bassin versant au droit de la nouvelle confluence projetée est de **95,5 km<sup>2</sup>**.

Ainsi, par extrapolation des débits de l'Hoëne (voir chapitre 5.5.2 page 722), le débit de dimensionnement (débit moyen journalier de temps de retour 1,5 ans) est évalué à **3,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>** comme le montre le Tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Débits de crues estimés à la confluence Vézone-Vandre

Temps de retours (années)	Débit moyen journalier maximum (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
1	0,30
<b>1,5</b>	<b>3,58</b>
<b>2</b>	<b>4,29</b>
5	6,03
10	7,19
20	8,30
50	9,74
100	10,81

Compte tenu du tracé général à maintenir sur ce tronçon (linéaire développé : **330 m**), de la cote de départ (toit du matelas alluvial reconstitué) projetée à **140mNGF-IGN69** et de la cote d'arrivée (amont immédiat du pont) qui peut être calée à **139,70 mNGF-IGN69** pour correspondre au premier point

haut du profil actuel en aval du pont (situé 90m en aval du pont), la pente du tronçon peut être amenée à **0,09%** en reprenant le profil en long.

Dans ces conditions, le **gabarit moyen** à prévoir serait donc de **6,70 m de largeur pleins bords par 90 cm de hauteur pleins bords**. (Rappel : le gabarit actuel du cours d'eau en aval du pont, profils 8 et 9, est de l'ordre de 10 à 12m de large pour une profondeur de 1,3 à 1,5m et de pente identique 0,10% ; voir chap. 5.4.5 page 66).

Calcul du débit de pleins bords pour une section rectangulaire à partir de **Largeur (W)** et **profondeur (D)**

W	6,7 m								
D	0,90 m								
i	0,0009 m.m <sup>-1</sup>								
K <sub>s</sub>	25 m <sup>1/3</sup> .s <sup>-1</sup>								
S	6,03 m <sup>2</sup>								
P	8,50 m								
R <sub>h</sub>	0,71 m								
Q <sub>b</sub>	3,60 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>								

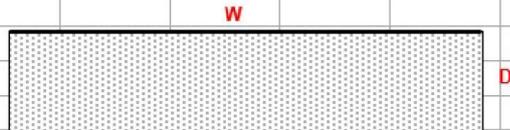


Figure 66 : Portion à reprofiler

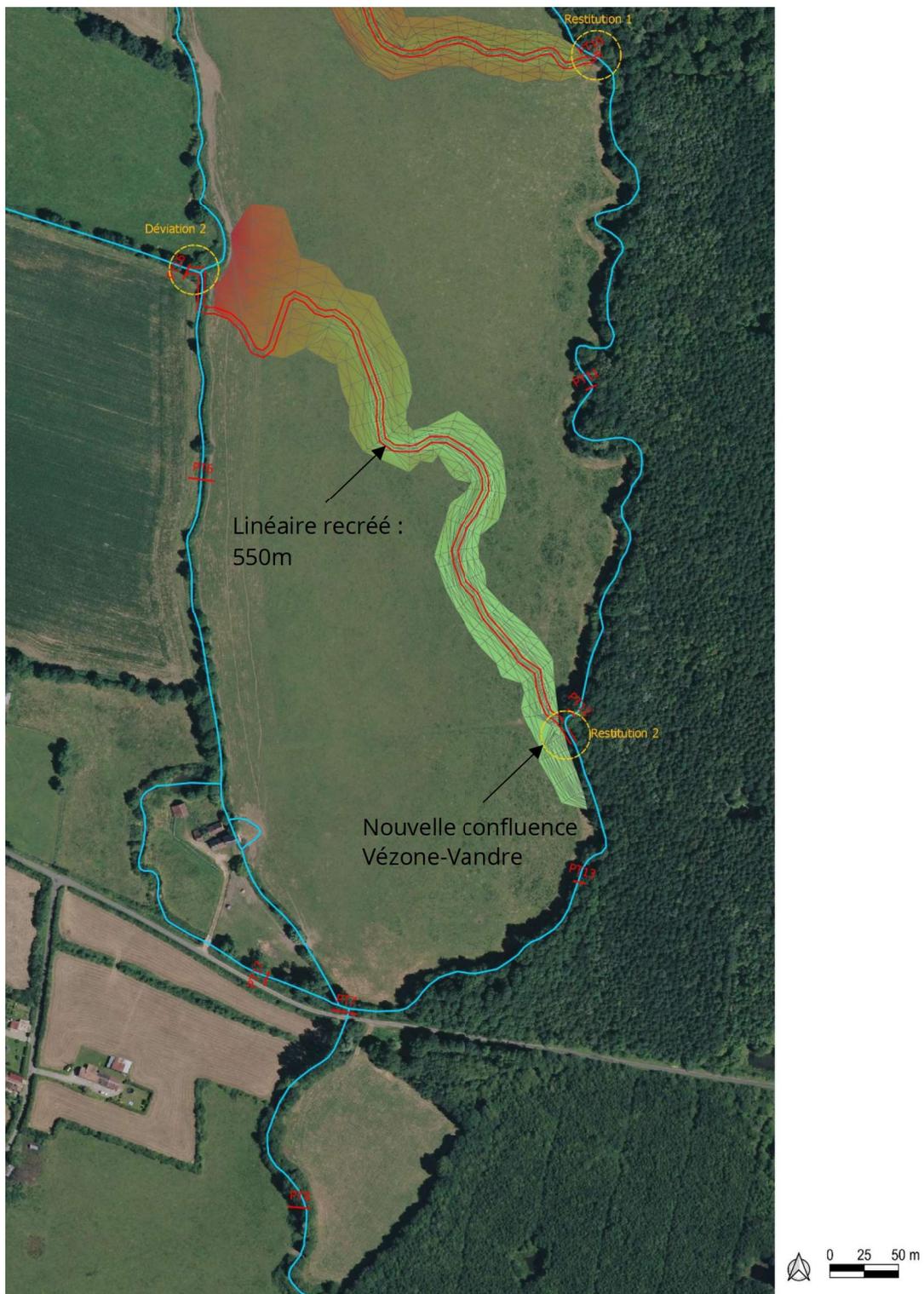


Figure 67 : Tracé en plan du nouveau lit de la Vandre (zone 2)

## 6. Détail du projet

### 6.1. Logique d'intervention retenue

Le projet consiste en une **remise en état des lieux** après arrêt définitif de l'exploitation des installations de l'ancien moulin des Rigoux. Il s'agit de redonner aux tronçons de cours d'eau concernés une position logique et cohérente, en fond de vallée, et permettre, par le re-façonnage des lits (fonds, berges, tracés...) le retour des conditions d'un fonctionnement hydromorphologique normal et naturel, pour l'amélioration de la qualité biologique des eaux.

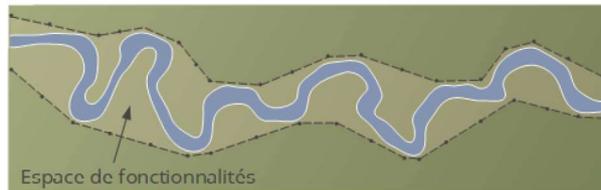
**La logique d'intervention** sur ce projet est de **suivre les emprises et les tracés donnés par le terrain**, qui correspondent aux anciens lits naturels en fond de vallée, **d'y rouvrir une section d'écoulement permettant aux petites crues fréquentes (dites « morphogènes ») de retravailler et d'entretenir naturellement** et de manière autonome ces lits mineurs rouverts, en s'écoulant à un niveau proche du « pleins bords » (processus d'érosion/transport/dépôts qui façonnent le lit et entretiennent les habitats). Dans cette même logique, **la reconstitution du matelas alluvial se fera à l'aide d'un mélange hétérogène de matériaux granulaires dans une gamme de taille adaptée à la puissance du cours d'eau, donc remobilisable en partie, dans l'optique de faciliter l'auto-ajustement du cours d'eau** (repositionnement des matériaux selon leur taille en fonction des conditions hydrodynamiques, affinage des différents faciès d'écoulement ...). Le matériau choisi est du **0-63mm** car il nous semble adapté à la granulométrie observée en amont sur la Vézone. La recharge sera intégrale et non ponctuelle, c'est-à-dire que **l'ensemble le fond du lit sera garni d'une couche de granulats d'environ 30cm afin de laisser travailler le cours d'eau ultérieurement**. Il n'y aura pas d'aménagements destinés à être figés (hormis les aménagements connexes, voir paragraphe suivant). Par ailleurs, **en phase travaux, ces granulats exogènes ne seront effectivement mis en œuvre que si l'ancien matelas alluvial n'a pu être exhumé par le terrassement de fond de forme**.

Toujours dans cette logique, **la protection des lits restaurés (mise en défens) se fera en éloignant les clôtures des hauts de berges à l'intérieur des méandres, laissant ainsi une espace de fonctionnalités**, voire de liberté, au cours d'eau : cette technique consiste en fait à clôturer non pas le lit mineur mais un espace proche de l'enveloppe de méandrage (voir schéma ci-dessous). Dans cet espace non géré, la végétation (notamment la ripisylve) pourra se développer librement. Enfin, afin de maintenir les usages dans les parcelles, des points d'abreuvements (abreuvoirs) et de franchissement (passerelles) seront aménagés.

Mise en place « classique » des clôtures



Technique alternative de mise en place des clôtures



La restauration hydromorphologique de la Vézone et de la Vandre sera réalisée sur un **linéaire cumulé de 3070 m dont 2020 m de réouverture des anciens lits naturels en fond de vallée**.

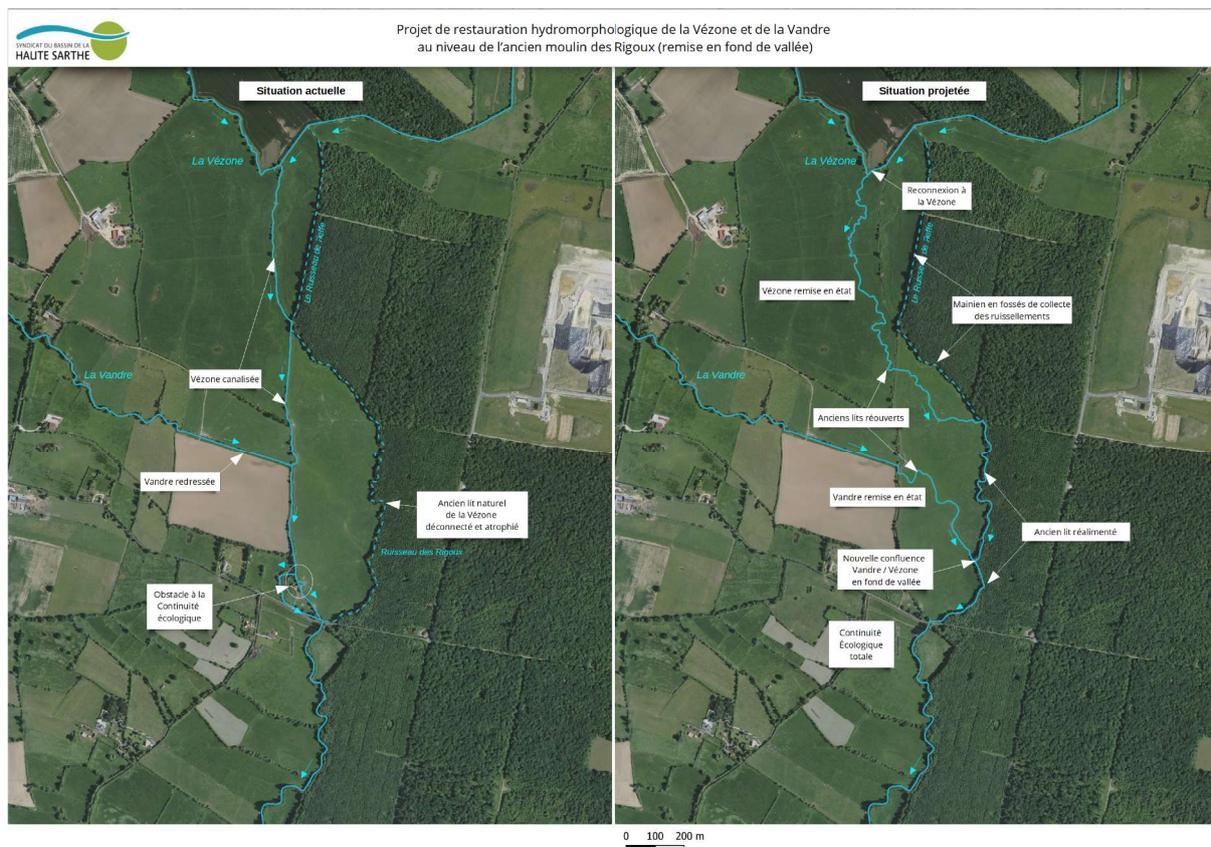


Figure 68 : Vue en plan générale du projet

Les détails et dimensionnements sont données ci-après.

## 6.2. Remise en fond de vallée de la Vézère (zone 1)

### Restauration par réouverture de l'ancien lit de la Vézère (segment amont ; Zone 1-A)

- Déviation de la **totalité du débit** de la Vézère dans un **nouveau lit sinueux** à créer dans les parcelles n°611560000E0684, 611560000E0685 et 611560000E0686, depuis la pointe Sud-Est de la parcelle n°611560000ZK0007 (zone de **dévi**ation 1) jusqu'à 41m en aval de l'angle Sud de la parcelle n°614990000F0003 (zone de **rest**itution 1), dans l'actuel « ruisseau de Rigoux » (ancien lit non alimenté en temps normal actuellement), pour un **linéaire total développé de 1470 m ( $\pm 50$ m)** (Figure 69).
- Ce nouveau lit, dont la cote de calage (fond) amont sera de **142,60 mNGF** (niveau actuel du lit de la Vézère dans cette zone) et la cote de calage aval de **141,06 mNGF** (niveau actuel du lit du ruisseau des Rigoux dans cette zone) permettra de franchir les **1,54 m de dénivelé** selon une pente globale de **0,105%** en suivant les méandres subsistant dans les parcelles (tracé visible de l'ancien lit). Le coefficient de sinuosité constaté sur cet ancien lit et de **1,27**.

- Il sera ouvert selon une **section moyenne (gabarit hydraulique moyen) de 4,5m de largeur et 0,65m de profondeur**, ce gabarit étant dimensionné pour écouler à pleins bords le **débit moyen journalier maximum de temps de retour 1,5 ans estimé à  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$**
- La section d'écoulement sera modifiée dans les méandres afin de diversifier la morphologie du lit (voir **chap. 6.5** ci-dessous).
- Le matelas alluvial sera reconstitué par apport d'une couche de **30cm de matériau de carrière (granulats) dans la gamme 0-63mm** afin de permettre les ajustements naturels ultérieurs, compte-tenu de la puissance limitée du cours d'eau.

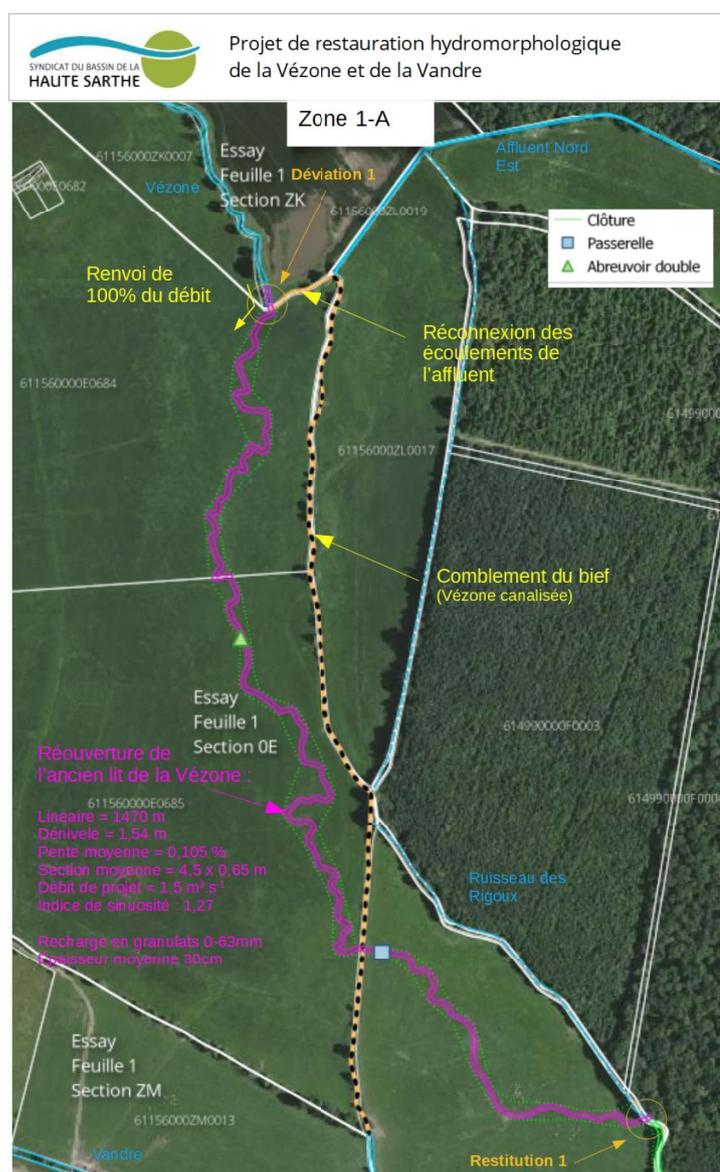


Figure 69 : Vue en plan des aménagements – zone 1-A

- Aménagements complémentaires :
  - Au Nord-Est du site, un petit affluent (fossé) arrive dans la Vézone. Cette dernière devant être détournée de son cours artificiel actuel en amont de ce point de connexion, il s'agira donc de **reconnecter ce fossé à la Vézone** remise en fond de vallée (voir **Figure 69**). Cette nouvelle confluence se fera au point de déviation 1 : l'ancien fossé sera alors prolongé de 80m, par l'ancien lit de la Vézone, qui devra alors être réaménagé afin d'inverser le sens de la pente et d'ajuster (réduire) la section d'écoulement (remblai).
  - Afin de garantir le libre écoulement et d'assurer les usages liés à la pratique de l'élevage, il sera aménagé une **passerelle engin** pour franchissement de berge à berge et un **abreuvoir double** avec descente au cours d'eau (voir **Figure 69**). Une mise en défend par pose de **clôtures** (sur les deux rives) sera effectuée sur l'ensemble du linéaire restauré avec un retrait conséquent afin de préserver les berges, les plantations de hautes tiges et favoriser également le développement naturel de la végétalisation rivulaire.

#### Restauration par réalimentation et diversification de l'ancien lit de la Vézone (dit « ruisseau de Rigoux ») (segment aval ; **Zone 1-B**) :

- Sur la portion de l'actuel « ruisseau des Rigoux » comprise entre la zone de **restitution 1** (arrivée de la Vézone remise en fond de vallée) et la zone de **restitution 2** (arrivée de la Vandre remise en fond de vallée, constituant *in fine* la nouvelle confluence Vézone-Vandre), d'une **longueur de 640m** (tracé en plan non modifié), des **actions ponctuelles de recharge en granulats (0-63mm)** seront réalisées afin de **diversifier les faciès d'écoulement** (pincements du lit par banquettes en granulats) (**Figure 4170**).
- Par ailleurs, au niveau de la **restitution 2**, afin de ramener le niveau du lit actuel (140,30 mNGF) à la cote de connexion de la nouvelle confluence (140,00 mNGF voir **chap. 6.3** suivant), un « radier » sera aménagé avec un **matériau 0-150mm** après une légère reprise du profil en long sur 50 à 60m (**Figure 421**).
- Aménagements complémentaires :
  - Une **clôture** sera installée **en rive droite** sur l'ensemble des 640m (**Figure 410**).

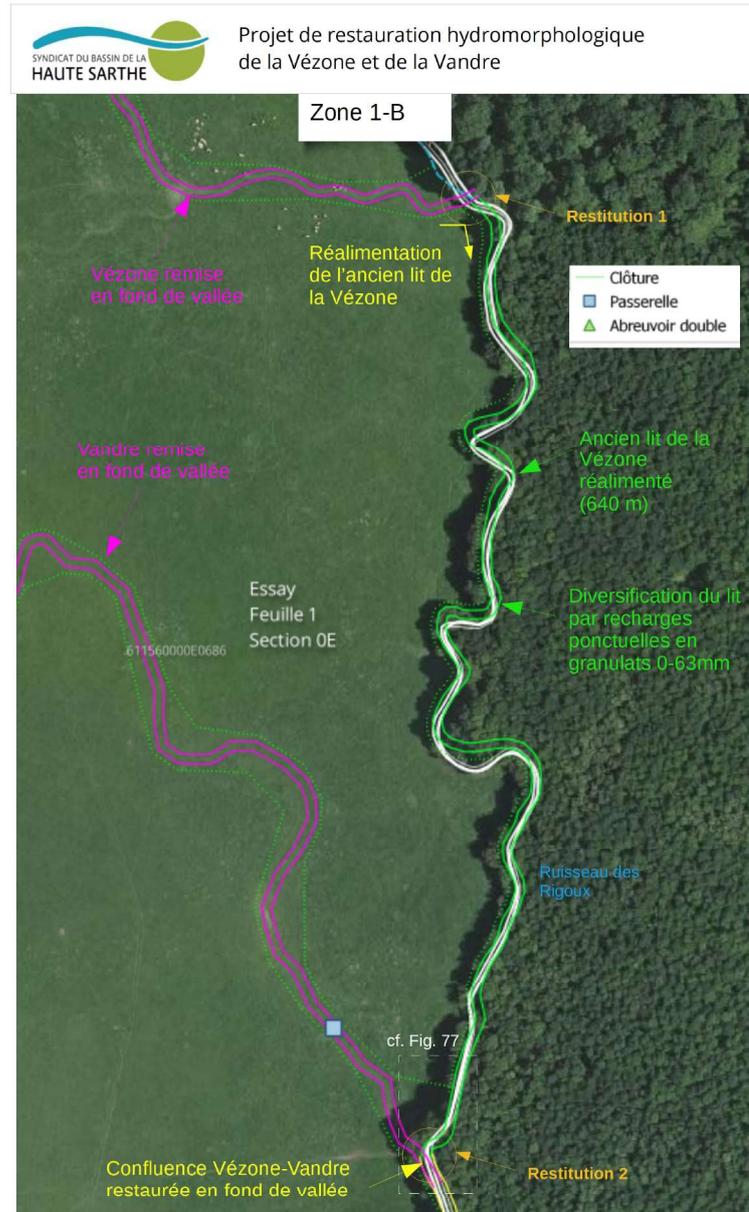


Figure 410 : Vue en plan des aménagements – zone 1-B

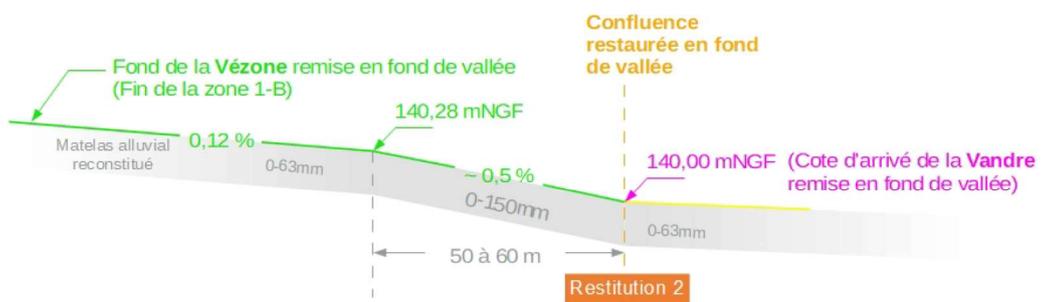


Figure 421 : Schéma de principe d'aménagement de la connexion confluence

### 6.3. Remise en fond de vallée de la Vandre (zone 2)

- Déviation de la **totalité du débit** de la Vandre dans un **nouveau lit sinueux** à créer dans la parcelle n°61156000E0686, depuis l'angle Sud-Est de la parcelle n° 61156000ZM0013 (zone de **déviat**ion 2) jusqu'à 330m en amont du pont (zone de **restit**ution 2), dans l'actuel « ruisseau de Rigoux », pour un **linéaire total développé de 550 m (± 20m) (Figure 432)**
- Ce nouveau lit, dont la cote de calage (fond) amont sera de **141,30 mNGF** (niveau actuel du lit de la Vandre dans cette zone) et la cote de calage aval de **140,00 mNGF** (20cm sous le niveau actuel du lit du ruisseau des Rigoux dans cette zone) permettra de franchir les **1,30 m de dénivelé** selon un pente globale de **0,23%** en suivant les méandres subsistant dans les parcelles (tracé visible de l'ancien lit). Le coefficient de sinuosité constaté sur cet ancien lit et de **1,22**.
- La pente de la Vandre remise en fond de vallée (0,23%) étant légèrement plus importante que de la Vandre (redressée) en amont (0,17%), la zone de connexion (déviation 2) sera stabilisée avec un apport de **0-150mm** afin de limiter les risques d'érosion régressive, et donc d'enfoncement supplémentaire du lit dans cette portion amont rectiligne déjà très profonde (**Figure 443**).
- Le nouveau lit sera ouvert selon une **section moyenne (gabarit hydraulique moyen)** de **4,8m de largeur** et **0,70m de profondeur**, ce gabarit étant dimensionné pour écouler à pleins bords le **débit moyen journalier maximum de temps de retour 1,5 ans** estimé à **2,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**
- La section d'écoulement sera modifiée dans les méandres afin de diversifier la morphologie du lit (voir **chap. 6.5** ci-dessous).
- Le matelas alluvial sera reconstitué par apport d'une couche de **30cm de matériau de carrière (granulats) dans la gamme 0-63mm** afin de permettre les ajustements naturels ultérieurs, compte-tenu de la puissance limitée du cours d'eau.
- Aménagements complémentaires :
  - Afin de garantir le libre écoulement et d'assurer les usages liés à la pratique de l'élevage, il sera aménagé une **passerelle engin** pour franchissement de berge à berge. Une mise en défend par pose de **clôtures** (sur les deux rives) sera effectuée sur l'ensemble du linéaire restauré avec un retrait conséquent afin de préserver les berges, les plantations de hautes tiges et favoriser également le développement naturel de la végétalisation rivulaire.

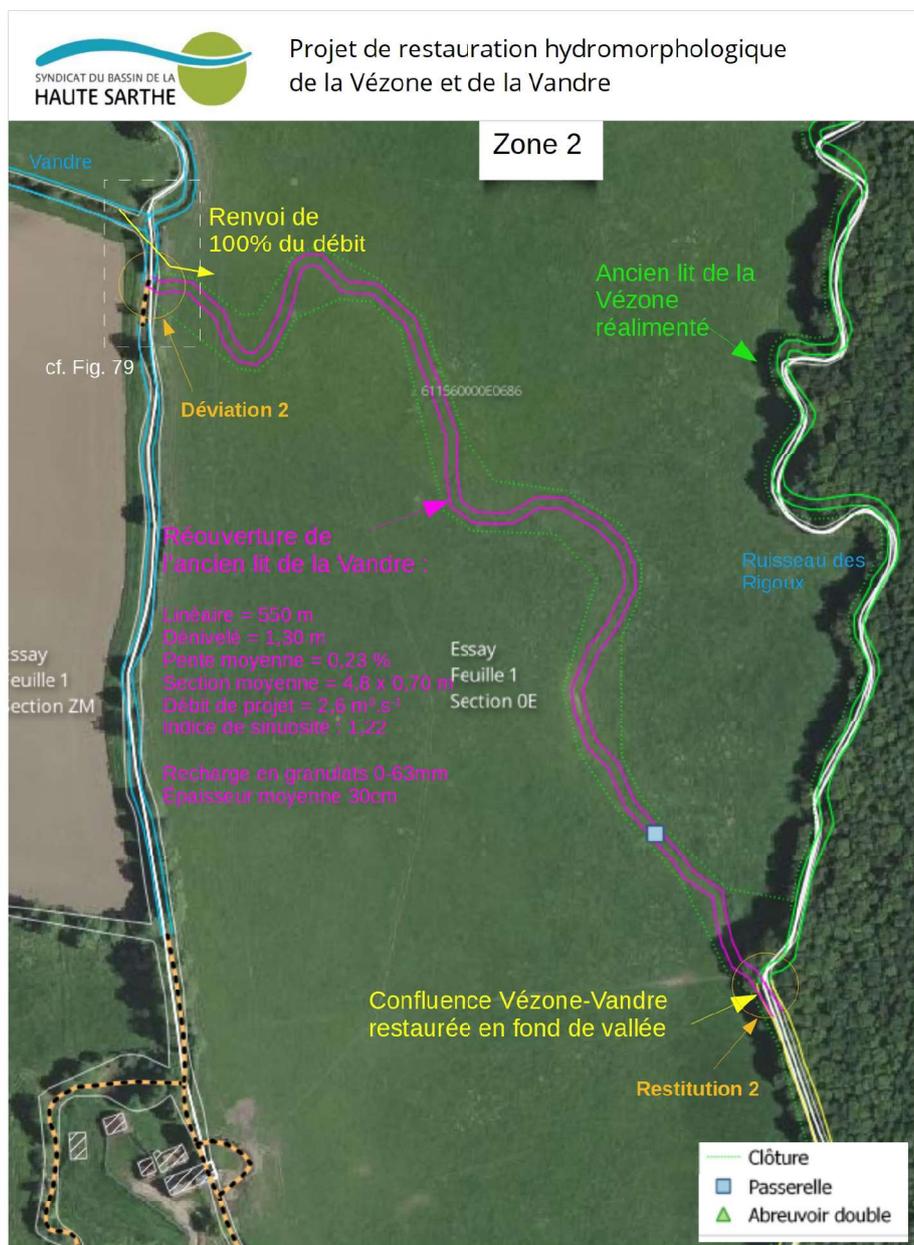


Figure 432 : Vue en plan des aménagements – zone 2



Figure 443 : Schéma de principe d'aménagement de la déviation 2

## 6.4. Restauration hydromorphologique en aval de la confluence restaurée (zone 3)

- Sur le segment compris entre la zone de **restitution 2** (nouvelle confluence Vézone-Vandre) et le pont du V.C. 12, d'une **longueur de 330m** (tracé en plan non modifié), il sera nécessaire de **restaurer le gabarit** (voir **chap. 5.6.3 page 83**) : une reprise du profil en long et de la section d'écoulement devra être opérée afin de redonner au segment sa capacité d'écoulement (conjonction des deux cours d'eau). La cote de calage (fond) amont étant de **140,00 mNGF** au point de **restitution 2** (voir ci-dessus), le profil sera repris le long du tracé actuel avec une **pente globale de 0,09%**, ramenant la cote aval (fond) au niveau du premier point haut en aval du pont, soit la cote **139,70 mNGF**. Ce travail correspond à un approfondissement de 30 à 40cm en moyenne. Compte tenu de la possible nécessité de reconstituer un matelas alluvial sur ce segment, le profil pourrait être décaissé sur 30 cm supplémentaires afin de prévoir l'épaisseur nécessaire au dépôt des **matériaux granulaires (0-63mm)** (**Figure 74**). En phase travaux, les granulats exogènes ne seront mis en œuvre que si on ne retombe pas sur l'ancien matelas alluvial après creusement.
- Par ailleurs, afin d'adapter le gabarit hydraulique de ce segment, selon cette nouvelle pente, à l'écoulement « pleins bords » du débit de crue biennal estimé à **3,6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>** le profil en travers sera également restauré à **6,7m de largeur pour 0,90 m de profondeur**. Ce travail correspond à un élargissement de 1 à 2m en moyenne (la largeur en gueule actuelle ayant été mesurée à environ 4,90m au profil PT13). Le merlon en rive droite sera supprimé sur la partie aval notamment. (Pour rappel, le gabarit du lit existant en aval du pont est de l'ordre de 10 à 12m de large pour une profondeur de 1,3 à 1,5m et de pente identique 0,10%)
- Aménagements complémentaires :
  - Une **clôture** sera installée **en rive droite** sur l'ensemble des 330m. Par ailleurs, un **abreuvoir double** avec descente au cours d'eau sera aménagé (**Figure** ).

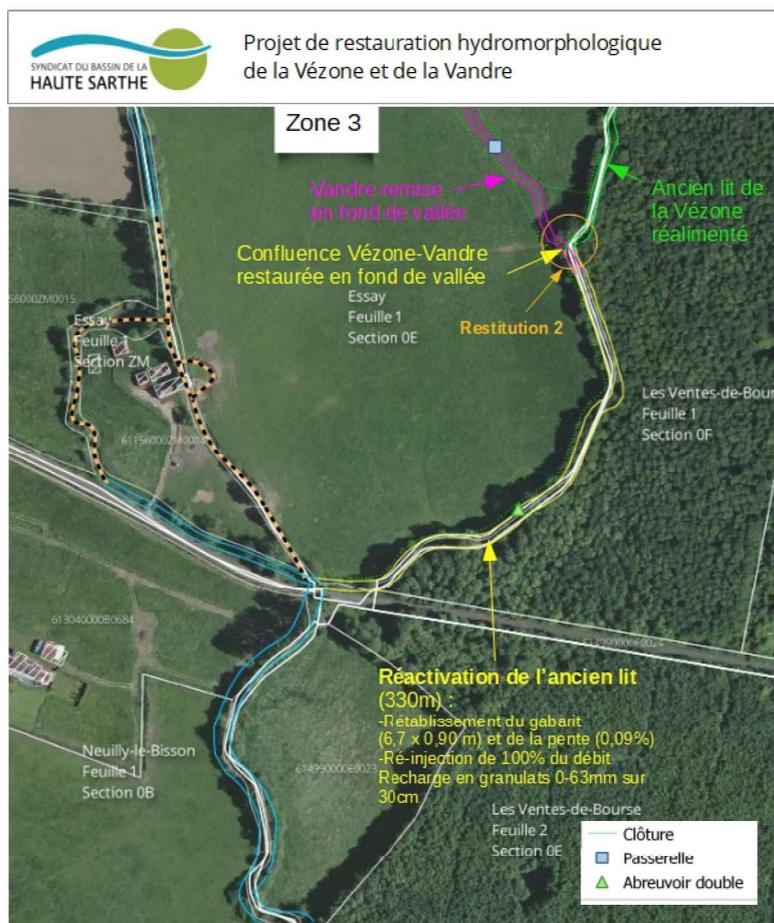


Figure 74 : Vue en plan des aménagements – zone 3

## 6.5. Diversification des profils sur les nouveaux lits remis en fond de vallée

Le dimensionnement hydraulique (chap. 5.6 page 78) consiste à déterminer, pour un tronçon de cours d'eau à créer ou à rouvrir, un gabarit (section d'écoulement) selon des formes simplifiées (ici, largeur et hauteur d'un rectangle) pour permettre, compte de la pente et de la rugosité, d'écouler à pleins bords le débit de projet (débit morphogène). Cependant, un cours d'eau restauré ne saurait avoir cette morphologie transversale très « géométrique » sur l'ensemble du tracé à développer, quel que soit son degré de sinuosité. Pour les petits cours d'eau de plaine, à faible pente, comme c'est le cas ici, nous pouvons prendre exemple sur les différences et l'enchaînement des formes fluviales la plupart du temps observées dans ce type de cours d'eau (méandres libres) dont le fonctionnement hydromorphologique est faiblement contraint : succession de méandres plus ou moins prononcés (virage à droite, virage à gauche ...) reliés les uns autres par des portions subrectilignes plus ou moins longue (dites zones d'inflexion).

Dans les méandres, le profil transversal est asymétrique, la berge située en extrados, davantage soumise aux forces d'arrachement (pouvoir érosif de l'eau) est supportée par un talus à tendance

verticale (faciès d'érosion) souvent très prononcée, au contraire de la berge opposée, dans l'intrados, à l'abri des forts courants la plupart du temps, qui présente un talus plus doux, cette berge à tendance à s'engraisser (sédimentation dominante) ce qui explique et entretient cette morphologie. Par ailleurs, on note quasi systématiquement un déport du thalweg coté extrados (zone plus profonde).

Dans la zone d'inflexion (transition d'un méandre au suivant), des phénomènes hydrodynamiques complexes provoquent une diminution locale de la capacité de transport et la formation d'un dépôt de matériau (arrachés et transportés depuis l'amont) « grossiers » dont ne subsistent in fine plus que les plus gros en surface (tri granulométrique post dépôt, notamment sur la face aval). La morphologie transversale est générale régulière et assez symétrique (en comparaison de ce qui est observé dans les méandres).

Dans le cadre de ce projet, le gabarit simplifié issue de l'étape de dimensionnement hydraulique donnera la morphologie générale des zones d'inflexions. En revanche, dans les méandres, il s'agira d'imprimer volontairement la morphologie asymétrique décrite au-dessus, par des terrassements complémentaires.

Le creusement se fera en tenant compte de l'épaisseur moyenne de granulats à tapisser (30cm) pour reconstituer le matelas alluvial (surcreusement d'une trentaine de centimètres).

Il n'y aura pas de faciès d'écoulements aménagés stricto-sensu, et surtout pas destinés à être figés : l'idée est d'imprimer les formes grossièrement pour donner au maximum la capacité au cours d'eau de retravailler lui-même et installer ses propres faciès d'écoulement.

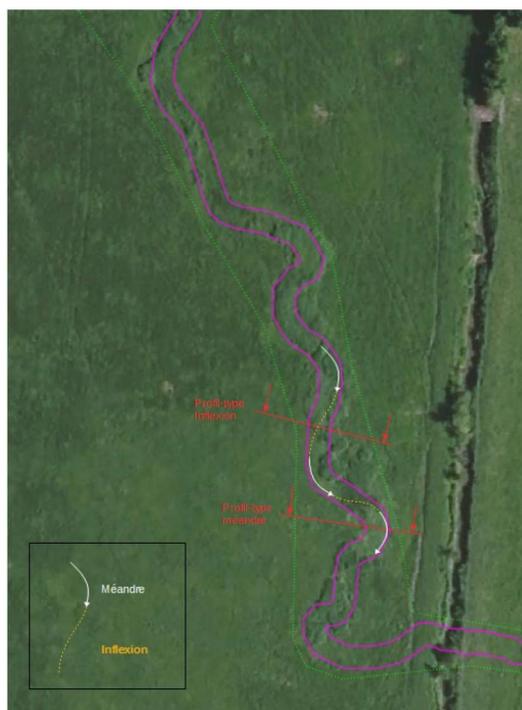


Figure 75 : Profils types : Positionnements

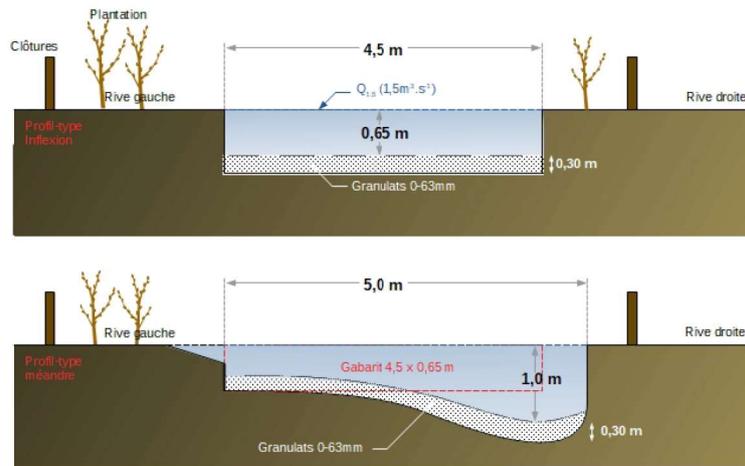


Figure 76 : Profils types zone 1-A

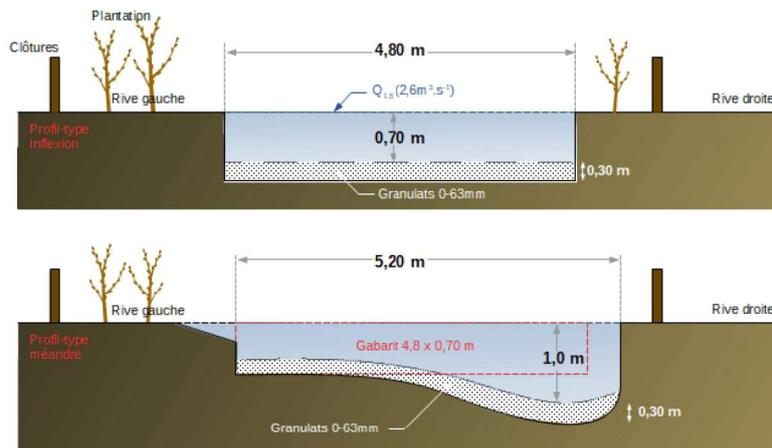


Figure 77 : Profils types zone 2

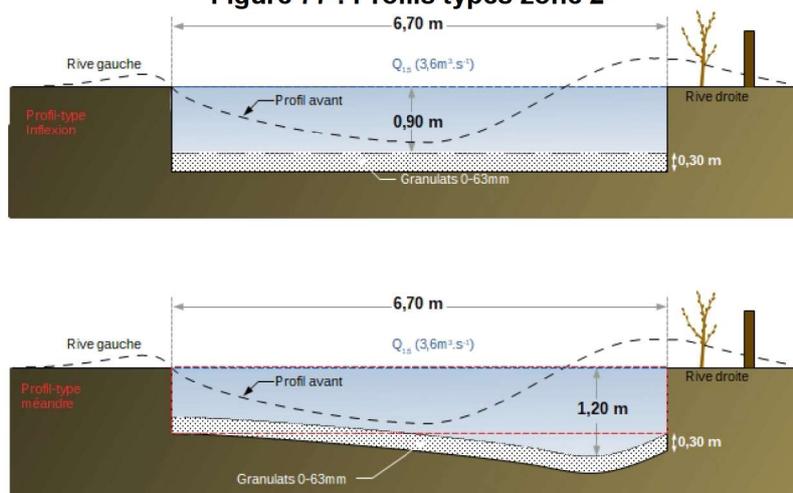


Figure 78 : Profils types zone 3

## 6.6. Devenir du bief, du bras de décharge et du canal de fuite

Les bras (bief, canal d'amenée, bras de décharge et canal de fuite) mis hors d'eau seront **effacés** ; la dépression sera comblée et les terrains au voisinage immédiat seront si besoin nivelés (**Figure 79**) à l'**exception** :

- De la partie de bief longeant la parcelle ZM0013
- De la partie de bief longeant la parcelle ZM0019
- De la partie du bras de décharge longeant le VC n°12

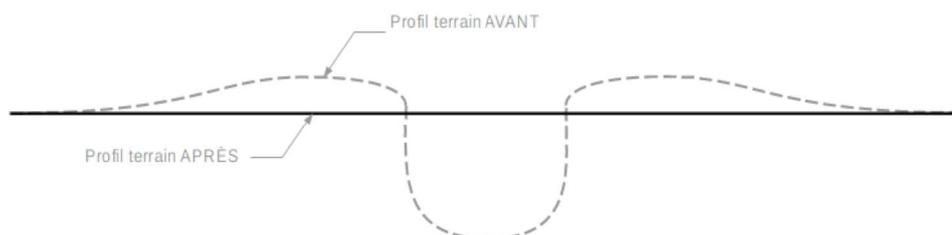


Figure 79 : schéma de principe d'effacement des bras mis hors d'eau

## 6.7. Modalités d'exécution

### Phasage

En phase chantier, il est prévu de dérouler les travaux de la manière suivante :

- Installation du chantier et livraison des matériaux sur zone de stockage
- Retrait clôtures
- Gestion de la ripisylve pour accessibilité engins
- Piquetage du tracé du nouveau lit
- Terrassement fond de forme hors d'eau depuis l'aval afin d'éviter les départs de MES et évacuer les éventuels ruissellements de nappe
- Ouverture tronçon zone 3 (ruisseau rigoux) avec recharge en granulats et dépôt déblais rive gauche bief aval moulin
- Ouverture tronçon zone 1A (vézone aval, entre forêt et rive gauche bief) avec reconstitution matelas alluvial, pose d'un filtre géomembrane pour récupération des MES (lors du retrait du bouchon amont) et dépôt déblais rive gauche bief à proximité
- Ouverture tronçon zone 1A (vézone amont, entre rive droite bief et point de déviation 1) avec reconstitution matelas alluvial, pose d'un filtre géomembrane pour récupération des MES (lors du retrait du bouchon amont) et dépôt déblais rive droite bief à proximité
- Ouverture tronçon zone 2 (vandre) avec reconstitution matelas alluvial, pose d'un filtre géomembrane pour récupération des MES (lors du retrait du bouchon amont) et dépôt déblais rive gauche bief aval moulin
- Diversification faciès d'écoulements tronçon zone 1B (ruisseau rigoux) avec recharge en granulats
- Mise en place passerelles engins, aménagement des abreuvoirs

- Pêche de sauvegarde et déplacement de population *Unio Crassus* sur la Vézère en amont du projet sur site de transplantation sélectionné
- Ouverture progressive du bouchon tronçon zone 1A (vézère aval, entre forêt et rive gauche bief) = assèchement du bief en aval
- Pêche de sauvegarde sur le bief avec relâche en aval du pont au sud du projet pour les poissons et au nord du projet pour les individus *unio crassus* éventuellement oubliés
- Ouverture progressive du bouchon tronçon zone 2 (vandre)
- Ouverture progressive du bouchon tronçon zone 1A (vézère amont, entre rive droite bief et point de déviation 1) = assèchement du bief amont
- Pêche de sauvegarde sur le bief avec relâche en aval du pont au sud du projet
- Remblaiement du bief avec les matériaux issus du décaissement du nouveau lit
- Ensemencement des zones remblayées, plantation ripisylve et pose de clôtures (après mise en eau stabilisée)
- Retrait des filtres géomembrane (après mise en eau stabilisée)
- Remise en état du site et retrait du chantier

### Calendrier

Les Travaux de remise en fond de vallée de la Vézère et de la Vandre sont prévus entre août et fin octobre 2021. Le mois de novembre, si les conditions climatiques sont favorables, peut également constituer une période d'intervention ou alors ils pourront être finalisés en 2022 si retard pour cause d'imprévus ou d'intempéries.

Les services techniques de l'OFB et de la DDT de l'Orne seront avertis 15 jours avant le lancement de l'opération.