
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Etude pour la conception d'unités de traitements
d'impluviums routiers et travaux d'accompagnement
écologique au droit du barrage du Cébron



VERDI Designer de territoires

Tuteur entreprise :

Aurélien HERMOUET
Responsable Pôle Eau et Assainissement

Arthur GUIBERT
IMA

Tuteur académique :

Vincent ROTGE

2022-2023

Table des matières

Introduction.....	1
1 – Présentation de VERDI Ingénierie	2
1.1 - Histoire	2
1.2 - Organisation	2
1.3 - VERDI Ingénierie - Territoire Sud-Ouest.....	3
2 - Présentation des missions détaillées	3
2.1 – Mission de maîtrise d’œuvre : bassins de rétention et renaturation	3
2.1.1 - Contexte de l’opération	3
2.1.2 – Déroulé de la mission	6
2.1.3 – Programme et budget de l’étude.....	6
2.1.4 – Les livrables de la mission	7
2.1.4.1 - Aménagements hydrauliques	7
2.1.4.2 – Détermination des débits de crues – ruisseau du marais Bodin.....	9
2.1.4.3 - Aménagements d’accompagnements écologiques	11
2.1.5 - Retour réflexif	17
2.2 – Missions annexes.....	17
2.2.1 – Révision du zonage d’assainissement (CC – Cœur de Charente).....	17
2.2.1.1 – Contexte de l’étude	17
2.2.1.2 – Les livrables	19
2.2.1.3 – Retour réflexif	20
2.2.2 – Etude de transfert de compétences AEP et EU (CC – Pays Dunois).....	21
2.2.2.1 – Contexte de l’étude	21
2.2.2.2 – Livrable de l’étude	21
2.2.2.3 – Retour réflexif	22
Conclusion	23
Annexes	24

Table de figures

Figure 1 : les agences VERDI en France métropolitaine	2
Figure 2 : localisation des sites travaux.....	5
Figure 3 : enveloppe prévisionnelle	6
Figure 4 : plan du secteur du marais Bodin.....	8
Figure 5 : propositions des différents aménagements - secteur marais Bodin	12
Figure 6 : profil en travers du marais Bodin	13
Figure 7 : reméandrage du ruisseau du marais Bodin	14
Figure 8 : buses circulaires à l'aval du marais Bodin	15
<i>Figure 9 : coupe et profil en travers de la buse cadre</i>	<i>16</i>
Figure 10 : localisation géographique de l'étude	18
Figure 11 : secteur du bourg de Villejésus	19
<i>Figure 12 : secteur du bourg de Verdille.....</i>	<i>20</i>

Introduction

Entre 2019 et 2024, le budget investi dans les actions de restauration des cours d'eau par les Agences de l'Eau s'élève à plus de 740 millions d'euros soit environ 120 millions d'euros par an.

Afin de compléter mon cursus d'ingénieur, j'ai réalisé un stage de fin d'études au sein de la société VERDI Ingénierie. J'ai rejoint l'agence de La Roche-sur-Yon spécialisée dans le domaine de l'Adduction en Eau Potable et les Eaux Usées. Le stage s'est déroulé sur un peu moins de 6 mois, du lundi 06 février 2023 au vendredi 28 juillet 2023. L'objectif était de découvrir le métier d'ingénieur chargé d'études au sein d'un bureau d'études, tout en mobilisant perfectionnant, et complétant les connaissances acquises à l'université.

Le travail réalisé lors de ce stage a porté sur plusieurs projets aux domaines variés sollicitant majoritairement des connaissances en hydraulique, assainissement et renaturation de cours d'eau. La mission principale du stage concernait l'aire d'alimentation et de captage du Cébron. En effet dans le cadre de protéger la ressource en eau du lac de Cébron, le département des Deux-Sèvres souhaite mettre en œuvre des bassins de collecte des eaux de ruissellements routiers. Une tranche du marché est également dédiée à la renaturation écologique d'un tronçon de cours d'eau. Ainsi j'ai été amené à proposer et dimensionner divers aménagements hydrauliques et écologiques.

Diverses tâches m'ont été confiées, telles que la rédaction partielle ou complète de notices/rapports/comptes rendus, la réalisation de supports graphiques réalisés sur les logiciels QGIS (logiciel cartographique) et Autocad (logiciel de Dessin Assisté par Ordinateur). J'ai également eu l'occasion de participer à des réunions de lancement, des réunions de chantiers et à des visites de sites.

En vue de présenter le travail effectué durant ces mois de stage, ce rapport présentera dans un premier temps l'organisme d'accueil, ensuite les missions confiées seront détaillées.

1 – Présentation de VERDI Ingénierie

1.1 - Histoire

La société, dénommée à l'origine B&R Conseils, a été créée à Lille en 1987 par Yves Renaud. Cette société est un bureau d'étude spécialisé dans les domaines de l'aménagement, de l'environnement et du bâtiment. En 1998, la société change de nom et devient VERDI qui en 2010 fusionne avec « Groupe Ingénierie » pour devenir le groupe « VERDI Ingénierie ». Le groupe a continué à se développer et compte 28 sites et 400 collaborateurs : planeurs, ingénieurs, consultants, écologues, spécialistes techniques, architectes. Depuis plusieurs années, VERDI s'étend à l'international avec la présence croissante du groupe en outre-mer et en Afrique.

1.2 - Organisation

VERDI Ingénierie est décomposée en six territoires : Auvergne Rhône Alpes, Cœur de France, Grand Est, Méditerranée, Nord de France et Sud-Ouest. La figure n°1, ci-après, présente la répartition des agences Verdi sur le territoire français. Chaque agence locale est dotée d'une excellente connaissance de son secteur, ce qui lui procure un avantage de proximité et lui permet de répondre au mieux aux demandes des affaires qui lui sont confiées.

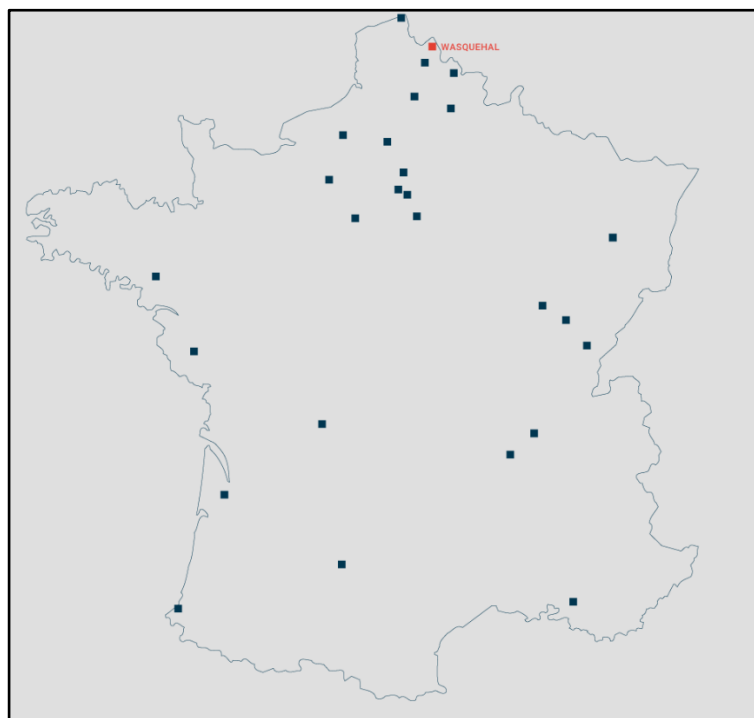


Figure 1 : les agences VERDI en France métropolitaine

Le conseil d'administration de l'entreprise est composé de 8 membres, avec Olivier Renaud, président ayant succédé à son père Yves Renaud. Le groupe VERDI est aujourd'hui dirigé par Anne-Sophie Renaud. Le siège social se situe à Wasquehal (territoire Nord de France).

La société VERDI détient la majorité de ses actions et est composée de sociétés territoriales distinctes les unes des autres mais qui présentent des règles d'organisation et de gestion communes.

1.3 - VERDI Ingénierie - Territoire Sud-Ouest

Trois sociétés VERDI se partagent le territoire Sud-Ouest français : la société VBSO (VERDI Bâtiment Sud-Ouest) spécialisée dans l'urbanisme, la société VCMA (VERDI Conseil Midi Atlantique) réalisant notamment des expertises environnementales et VISO (VERDI Ingénierie Sud-Ouest). Le siège social de ces sociétés est basé à Mérignac (33).

- VERDI Ingénierie Sud-Ouest

Le stage s'est déroulé au sein de l'agence de La Roche-sur-Yon appartenant à la société VISO. L'agence, bien que rattachée au siège social, est composée de 5 collaborateurs et est gérée par M. HERMOUET, responsable du Pôle Eau et Assainissement. Ainsi, l'agence est experte du domaine de l'eau (Adduction en Eau Potable et Eaux Usées). L'entreprise intervient sur des dossiers « loi sur l'eau », des schémas directeurs, des études de transfert de compétences et des études de faisabilité. La société intervient également sur des missions de maîtrise d'œuvre (MOE) et d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO).

2 - Présentation des missions détaillées

Dans cette partie, seront détaillées les missions effectuées durant le stage. La mission principale du stage porte sur la création de bassins de rétention des eaux de ruissellements d'origine routière avec une tranche axée sur la renaturation d'un tronçon de cours d'eau. J'ai également eu l'occasion de travailler sur plusieurs affaires portant en partie sur mon cursus Génie de l'eau, précédemment réalisé à Polytech Nice Sophia Antipolis avant de rejoindre Polytech Tours en septembre 2022.

Pour chaque mission, une présentation du contexte et des livrables est rédigée, suivie d'une conclusion sur les compétences acquises.

2.1 – Mission de maîtrise d'œuvre : bassins de rétention et renaturation

2.1.1 - Contexte de l'opération

Le Département des Deux-Sèvres est engagé au travers de la révision de la Déclaration d'Utilité Publique (D.U.P.) des périmètres de protection de la prise d'eau du Cébron au titre des servitudes. En effet, par arrêté de 2016, l'État a prescrit des mesures de protection de captages d'eau destinés à la consommation humaine. Lors de la réunion du 9 mars 2022, l'Agence Régionale de la Santé (ARS) identifie des valeurs importantes en Carbone Organique Total (COT) et en phosphores. Parmi les prescriptions, figure l'effacement d'un plan d'eau anthropique : le marais Bodin, ainsi que la construction d'unités de traitement des impluviums routiers. Les bassins permettront d'endiguer une éventuelle pollution accidentelle sur deux routes départementales au trafic important. Le Maître d'Ouvrage, le département des Deux-Sèvres, souhaite la construction de plusieurs bassins de collecte des eaux de ruissellement sur deux sites :

➤ *Le secteur n°1 : le marais Bodin*

Le site est localisé sur la commune de Louin (79), aux abords de la route départementale D46 reliant les communes d'Amailloux et de Saint-Loup-Lamairé. Entre 1946 et 1966, le propriétaire des parcelles avait initié la construction d'un plan d'eau. L'étang s'est avéré impactant pour l'environnement :

- Discontinuité écologique à l'aval du plan d'eau : ouvrage infranchissable par la faune piscicole et le transport sédimentaire perturbé
- Fort apport de matière organique (COT) dans la retenue

Les normes de qualité de l'eau fixées par l'ARS n'étaient plus respectées. Ainsi en 2017, le département des Deux-Sèvres s'est porté acquéreur du site et a partiellement démonté la digue à l'aval de l'ouvrage. Cette digue engendre aujourd'hui un effet de seuil perturbant la continuité écologique. Depuis l'effacement du plan d'eau, aucune action de restauration n'avait été initiée, une végétation typique de zones humides s'est développée et le lit mineur s'est plus ou moins dessiné.

Sur ce secteur est envisagée la construction de deux bassins de rétention des eaux ainsi que la renaturation sur l'emprise de l'ancien plan d'eau. L'annexe n°1 présente l'emprise du projet sur le site du marais Bodin. L'emprise disponible est relativement faible et représente la principale contrainte.

➤ *Le secteur n°2 : le Cébron*

Le secteur du Cébron est situé le long de la route départementale D938 à la jonction des communes de Lageon et de Viennay (79). Pour ce secteur, il est prévu uniquement la construction d'une ou deux unités de traitement des eaux de ruissellements. Toutefois plusieurs contraintes sont présentes sur le site : à l'aval du pont de la RD938, le site est très fortement encaissé, la rive droite est une falaise granitique de plusieurs mètres de hauteurs. Seule une ligne et plusieurs poteaux électriques sont présents sur la parcelle.

La figure ci-après présente la localisation des sites. Ces derniers se situent dans le département des Deux-Sèvres à 25 kilomètres au sud de Thouars et à 15 kilomètres au nord de Parthenay. Les secteurs sont localisés au cœur d'un important réseau agricole bocager.

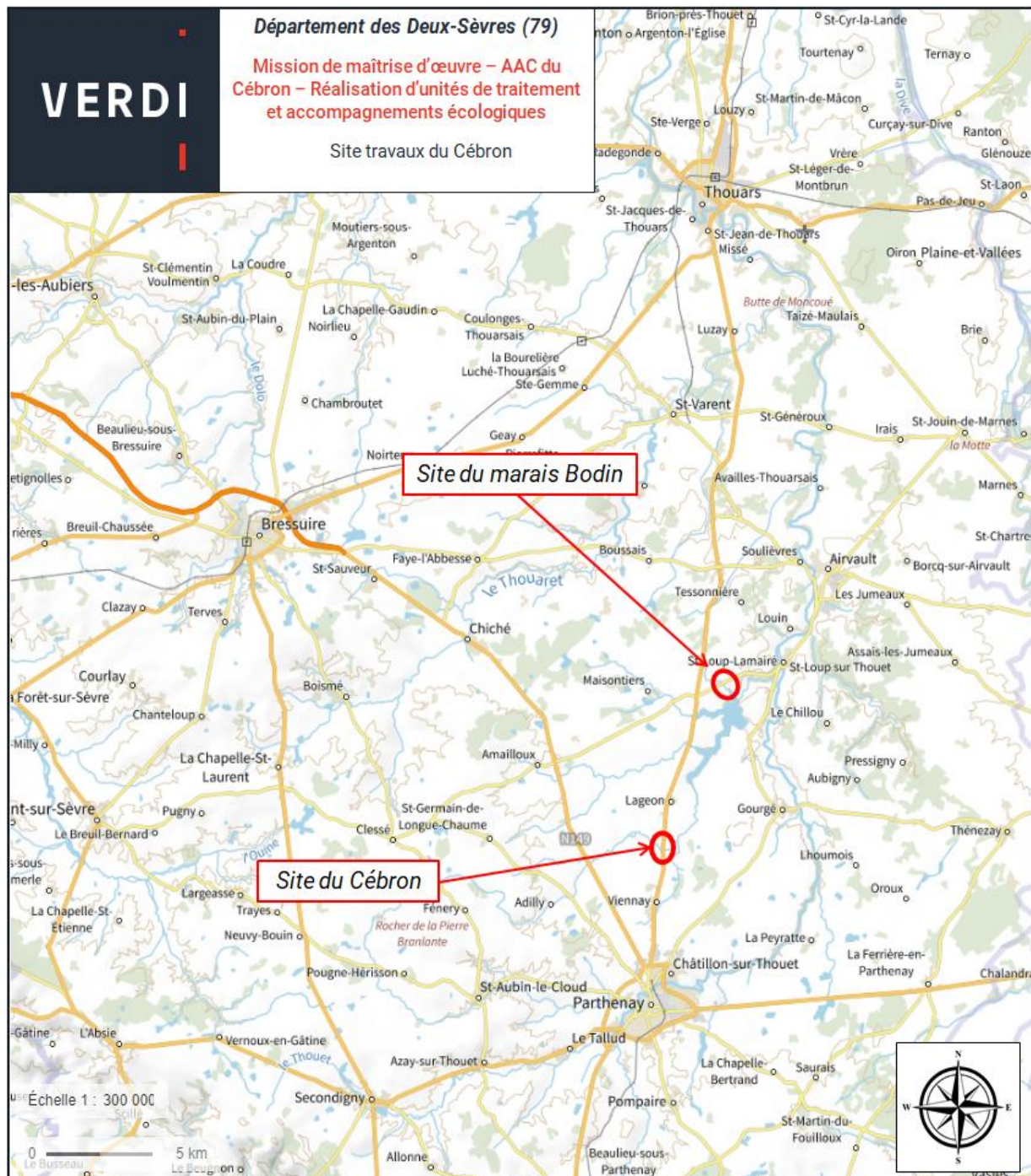


Figure 2 : localisation des sites travaux

La retenue d'eau du Cébron, d'une surface en eau de 180 hectares, est une ressource stratégique du département des Deux-Sèvres. Située sur la partie en aval de la rivière Cébron, elle est alimentée par 4 cours d'eau : le Cébron, le ruisseau du marais Bodin, la Taconnière et la Raconnière. Le barrage du Cébron-Puy Terrier donnant naissance à la retenue d'eau est doté d'une capacité de stockage de 11,5 millions de m³ dont l'utilisation de la ressource se répartit de la façon suivante :

- 7 millions de m³ pour l'eau potable, soit 100 000 foyers répartis sur 155 communes ;
- 3 millions de m³ pour l'irrigation ;
- 1,5 millions de m³ pour le débit réservé.

Cette retenue d'eau offre également un milieu d'exception pour de nombreuses espèces animales et végétales, c'est également un lieu de loisir où la pêche, la promenade et diverses activités nautiques

sont possibles. La construction du barrage a toutefois modifié significativement les débits naturels de la zone.

2.1.2 – Déroulé de la mission

Le marché public a été attribué à VERDI Ingénierie en fin d'année 2022. Ainsi le stage s'est déroulé entièrement durant la phase EP (études préliminaires) du projet. Cette dernière correspondant à un diagnostic environnemental assorti de propositions d'aménagements hydrauliques et écologiques.

2.1.3 – Programme et budget de l'étude

Le programme des travaux prévoit :

- Un diagnostic de l'environnement de la zone du projet
- La construction d'unités de traitement des eaux de ruissellements,
- La renaturation du ruisseau du marais Bodin

Le marché est composé d'une tranche ferme comprenant la construction de trois unités collectrices des eaux ainsi que la renaturation d'un tronçon de 270 mètres sur le ruisseau du marais Bodin. Deux tranches optionnelles complètent l'étude avec l'éventuelle construction d'un bassin sur le secteur du Cébron, et l'amélioration de la continuité piscicole et sédimentaire à l'aval de l'ancien plan d'eau du marais Bodin. La figure ci-après présente l'enveloppe prévisionnelle affectée aux travaux par le Maître d'Ouvrage.

<i>Travaux</i>	<i>Site travaux</i>	<i>Prix</i>
Tranche ferme : études générales, études ciblées, travaux		
Unité de traitement «OUEST»	<i>Marais Bodin</i>	<i>400 000, 00 € HT</i>
Unité de traitement «EST»	<i>Marais Bodin</i>	<i>450 000, 00 € HT</i>
Unité de traitement «SUD»	<i>Cébron</i>	<i>600 000, 00 € HT</i>
Renaturation	<i>Marais Bodin</i>	<i>50 000, 00 € HT</i>
Tranche optionnelle n°1 : études et travaux (4^e unité de traitement)		
Unité de traitement «NORD»	<i>Cébron</i>	<i>350 000, 00 € HT</i>
Tranche optionnelle n°2 : études et travaux (continuité écologique)		
Continuité	<i>Marais Bodin</i>	<i>50 000, 00 € HT</i>
TOTAL		1 900 000, 00 € HT

Figure 3 : enveloppe prévisionnelle

2.1.4 – Les livrables de la mission

La phase Etudes Préliminaires (EP) consistait en la rédaction d'une notice présentant l'environnement physique et environnemental des deux secteurs d'études. Des relevés faunes et flores sont en cours de réalisation par le service environnemental VCMA (Verdi Conseil Midi Atlantique), des sorties sur le terrain sont prévues pour les agents de terrain jusqu'à fin septembre.

2.1.4.1 - Aménagements hydrauliques

La notice comprend également la proposition d'aménagements hydrauliques avec notamment le dimensionnement des bassins de rétention des eaux. En ce qui concerne ces aménagements, les préconisations du Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements (SETRA) et du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire Bretagne ont été prises en compte lors du dimensionnement des bassins à l'aide la note de calcul de VERDI Ingénierie.

➤ Bassin EST – marais Bodin

	Période de retour (année)	Superficies du bassin de collecte				Débit de fuite (l/s)	Coefficient de ruissellement (-)	Volume bassin (m³)	Carastéristiques du bassin							
		batiments (m²)	chaussée (m²)	espaces verts (m²)	TOTALE (ha)				Longueur (m)	Largeur (m)	Pente talus (-)	Hauteur utile (m)	Hauteur morte (m)	Volume utile (m³)	Volume mort (m³)	Diamètre d'ajutage (m)
BASSIN EST	2	0	6 000	52 500	5,85	17,6	0,282	331	30	10	1/2	1	0,5	340	150	0,102
	5							408	37,5	10				423	187,5	
	10							518	47,5	10				533	237,5	

Ainsi, pour une période de retour de 2 ans, le bassin de rétention « EST » serait de 30x10 mètres. Les services instructeurs ont opté pour le niveau de protection de 2 ans pour des raisons d'emprise au sol disponible sur le site du marais Bodin.

➤ Bassin OUEST – marais Bodin

	Période de retour (année)	Superficies du bassin de collecte				Débit de fuite (l/s)	Coefficient de ruissellement (-)	Volume bassin (m³)	Carastéristiques du bassin							
		batiments (m²)	chaussée (m²)	espaces verts (m²)	TOTALE (ha)				Longueur (m)	Largeur (m)	Pente talus (-)	Hauteur utile (m)	Hauteur morte (m)	Volume utile (m³)	Volume mort (m³)	Diamètre d'ajutage (m)
BASSIN OUEST	2	0	13 000	111 900	12,49	37,5	0,283	711	65	10	1/2	1	0,5	725	325	0,15
	5							877	80	10				890	400	
	10							1 113	102	10				1 132	510	

Les dimensions du bassin OUEST seraient de 65x10 mètres. La figure ci-après présente un plan Autocad à l'échelle du secteur du marais à l'issue des travaux.

Profil en travers :

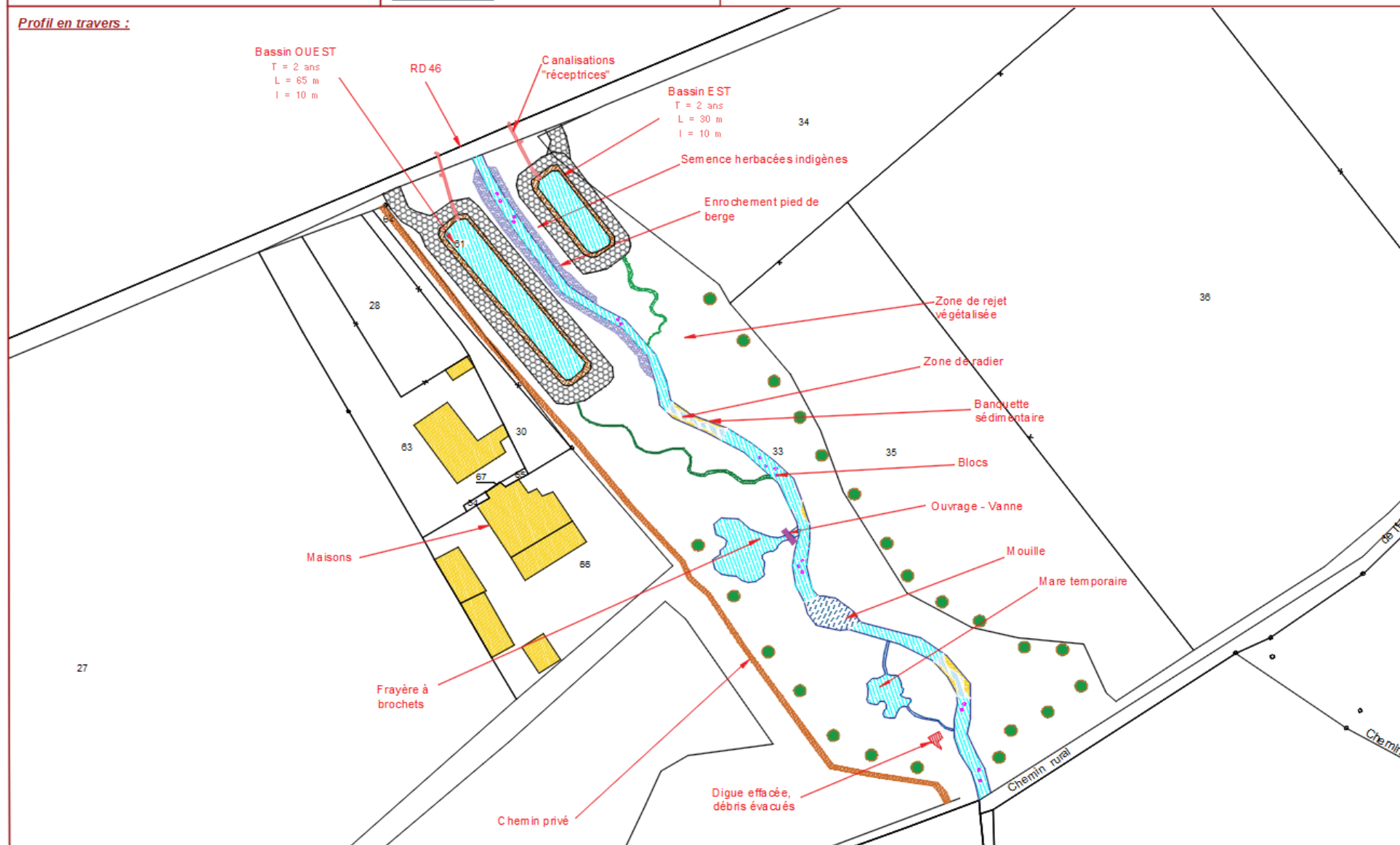


Figure 4 : plan du secteur du marais Bodin

➤ *Bassin unique SUD – Cébron*

Deux scénarios ont été étudiés sur le secteur du marais Bodin : un unique bassin au Sud du site, et deux bassins au Sud et au Nord du site. Dans ce rapport ne sera présenté que le premier scénario, ce dernier étant le plus probable.

	Période de retour (année)	Superficies du bassin de collecte				Débit de fuite (l/s)	Coefficient de ruissellement (-)	Volume bassin (m³)	Carastéristiques du bassin							
		batiments (m²)	chaussée (m²)	espaces verts (m²)	TOTALE (ha)				Longueur (m)	Largeur (m)	Pente talus (-)	Hauteur utile (m)	Hauteur morte (m)	Volume utile (m³)	Volume mort (m³)	Diamètre d'ajutage (m)
BASSIN SUD	5	0	6 600	7 100	1,37	4,11	0,585	264	20	12	1/2	1	0,5	272	120	0,05
	324							25	12	337				150		

Aucune contrainte d'emprise au sol est à prendre en considération sur ce secteur, ainsi, les dimensions du bassin SUD seraient de 25x12 mètres.

2.1.4.2 – Détermination des débits de crues – ruisseau du marais Bodin

Le ruisseau du marais est un cours d'eau intermittent, c'est-à-dire que le ruisseau cesse de couler une partie de l'année. Ce dernier ne dispose d'aucune station hydrométrique. Ainsi, plusieurs formules de calculs ont été utilisées afin d'estimer les débits relatifs aux crues biannuelle (Q_2), quinquennale (Q_5), décennale (Q_{10}), cinquantennale (Q_{50}) et centennale (Q_{100}). Le bassin versant du marais Bodin au droit du site d'étude est de 6,82 km².

➤ *La méthode de Myer :*

La méthode Myer (ou analyse régionale) est une méthode déterministe de débits à partir de débits connus sur des bassins versants jaugés et proches. La formule de Myer est la suivante :

$$Q_{recherché} = Q_{connu} * \left(\frac{S_{bv}}{S_{réf}}\right)^{\alpha}$$

Avec :

S_{bv} : la surface du bassin étudié

$S_{réf}$: la surface du bassin versant de référence

Le coefficient régional α varie de 0,5 à 1 selon les régions, le climat, le type de sol. En France métropolitaine, une valeur moyenne de 0,8 est généralement employée dans la littérature.

➤ *La méthode relationnelle :*

La méthode rationnelle est assez fiable pour les petits bassins versants (inférieur à 1 km²). Elle utilise les caractéristiques du bassin versant, à savoir :

- La surface du bassin versant
- L'occupation du sol et les coefficients de ruissellements associés
- Le temps de concentration des écoulements
- L'intensité de la pluie

La valeur de débit est obtenue à l'aide la formule suivante :

$$Q_{recherché} = 2,78 * Cr * i * S$$

Avec :

Cr : le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant

i : l'intensité de la pluie en mm/h

S : la surface du bassin versant

Le tableau ci-après présente la détermination du coefficient de ruissellement du bassin versant du secteur du marais Bodin.

Type de surface	Surface (ha)	Coeff. de ruissellement	Surface active (ha)
Cultures / Bocages	672,4	0,15	100,9
Surface imperméables	9,6	1	9,6
TOTAL	682 ha	0,162	110,5 ha

Ainsi le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant est d'environ 0,162, en effet le projet est situé sur un bassin versant agricole et relativement plat.

Pour déterminer l'intensité de la pluie, nous utiliserons la relation de Montana suivante :

$$i = a * tc^{-b}$$

Avec :

i : l'intensité de la pluie

tc : le temps de concentration du bassin en minutes

a et b : paramètres de Montana (Parthenay – données de 1998 à 2021)

Le temps de concentration d'un bassin versant (tc) correspond au temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin jusqu'à son exutoire. Ce temps de concentration peut être déterminé par plusieurs méthodes selon la taille et le type de bassin étudié.

Dans le but d'obtenir une valeur de temps de concentration optimale, il a été choisi de procéder à une moyenne de cinq méthodes de calcul. Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

Formule	Temps de concentration (minutes)
Passini	173
Giandotti	158
Kirpich	70
Ventura	162
Turraza	170
MOYENNE	147 minutes

Le temps de concentration obtenu est de 147 minutes. Les différentes formules utilisées sont répertoriées dans l'annexe n°4. Ainsi il est possible de calculer les intensités de pluie pour les événements pluvieux de retour 10, 50 et 100 ans, les coefficients de Montana utilisés sont présentés dans l'annexe n°5.

Période de retour	Intensité de pluie (mm/h)
2 ans	10,4
10 ans	15
50 ans	21,9
100 ans	25,3

➤ La méthode CRUPEDIX

La méthode CRUPEDIX est régulièrement employée afin d'estimer les débits de crue de fréquence décennale de bassins versants ruraux de 10 à 100 km².

$$Q_{recherché} = S^{0,8} * (P/80)^2 * R$$

Avec :

S : la surface en km² du bassin versant d'apport, soit 6,82 km² dans notre cas

P : la pluie décennale ou centennale sur 24 heures en mm

R : coefficient régional

Le coefficient pour la zone étudiée est égal à 1. Le paramètre P est obtenu à l'aide de la formule de hauteur de Montana :

$$Pluie = a * tc^{1-b}$$

Avec :

tc : le temps en minutes (24 h = 1440 minutes)

a et b : les paramètres de Montana (Parthenay – données de 1998 à 2021)

Période de retour	Hauteur de pluie (mm)
10 ans	65,9
50 ans	84
100 ans	90,9

➤ *Formule de « transition »*

Afin d'obtenir un débit plus cohérent vis-à-vis de la surface du bassin versant du ruisseau, il existe une formule de transition impliquant les méthodes rationnelles et CRUPEDIX.

$$Q_{recherché} = \alpha * Q_{xRationnelle} * \beta * Q_{xCrupedix}$$

Avec

$$\alpha = \frac{10 - \text{Surface BV}}{9}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits de pointe en fonction de la méthode utilisée :

Méthode	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Myer	2,3	4,9	/	8,8
Rationnelle	3,2	4,6	6,7	7,8
CRUPEDIX	/	3,2	5,3	6
Transition	/	3,7	5,8	6,6

Ainsi le débit centennal estimé est d'environ 9 m³/s.

2.1.4.3 - Aménagements d'accompagnements écologiques

Plusieurs propositions d'aménagements écologiques en faveur de la biodiversité et de la continuité piscicole et sédimentaire sont également fournies dans la notice. Afin d'offrir diverses options au Maître d'Ouvrage, un unique scénario de renaturation a été étudié. La figure ci-après présente le scénario. Le Maître d'Ouvrage et les services instructeurs du projet pourront alors choisir les aménagements qu'ils souhaitent avoir sur le secteur du marais Bodin.

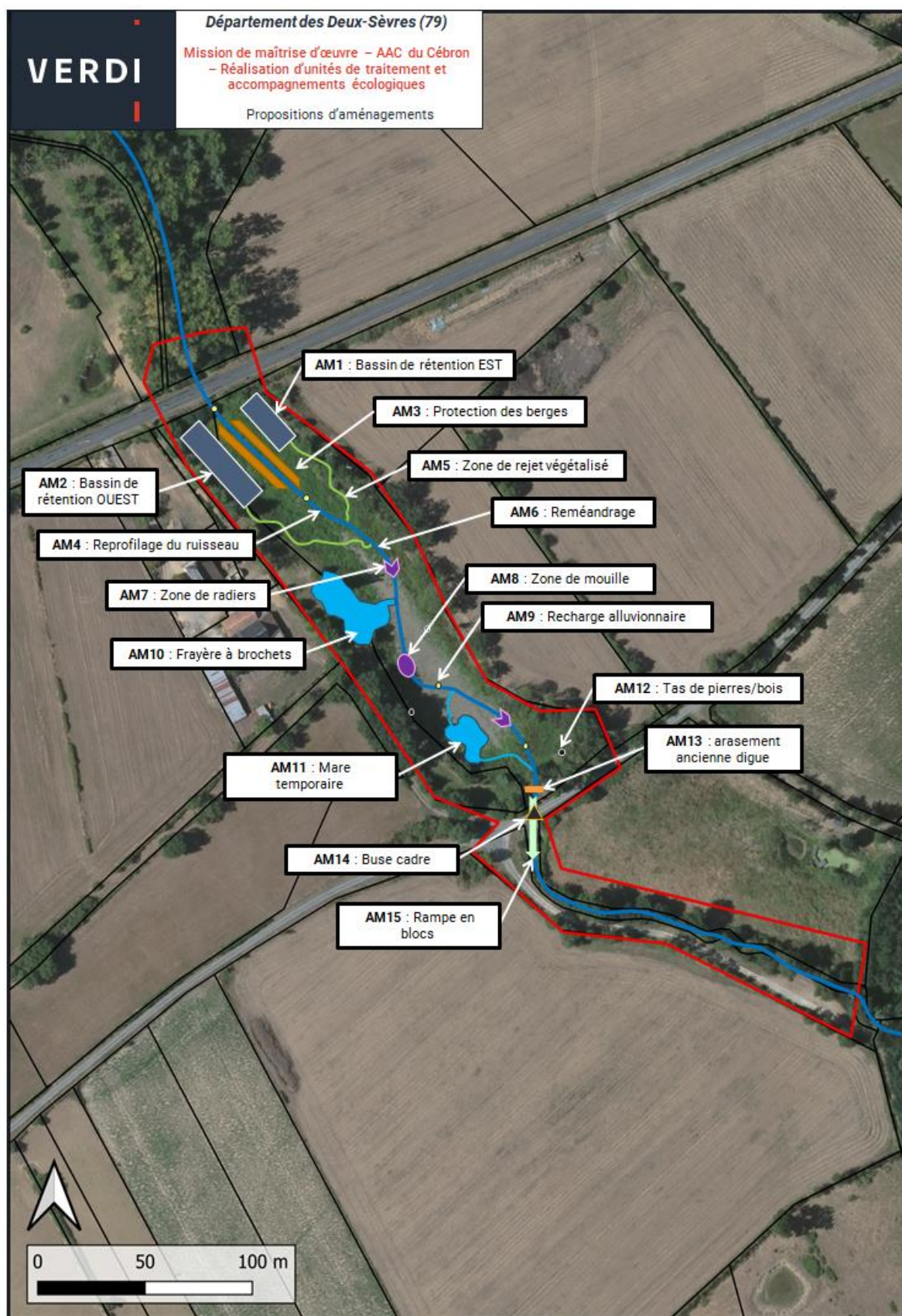


Figure 5 : propositions des différents aménagements - secteur marais Bodin

Les aménagements AM1 et AM2 ont été développés préalablement. De ce fait, les aménagements en faveur de la biodiversité seront brièvement développés avec les livrables qui leurs sont associés. Des schémas, plans, coupes ou profils de principes réalisés par mes soins seront présentés dans cette partie du rapport. Ces plans seront repris et modifiés par les projeteurs professionnels VERDI après le retour de la phase EP par le Maître d'Ouvrage en vue de la phase AVP (phase AVant-Projet).

- **AM3 : Protection des berges** : il est nécessaire de mettre en place un enrochement de berge afin qu'aucune interconnexion n'ait lieu entre le ruisseau du marais Bodin et les deux bassins EST et OUEST.
- **AM4 : Reprofilage du cours d'eau** : pour redonner au cours d'eau un aspect naturel, il est indispensable de reprofiler ce dernier. Le débit annuel moyen a été obtenu à l'aide de la formule de Myer et est de 82,4 L/sec. La figure n°5, aussi présente en annexe (Annexe n°2) ci-dessous présente le schéma de principe du futur lit du ruisseau.

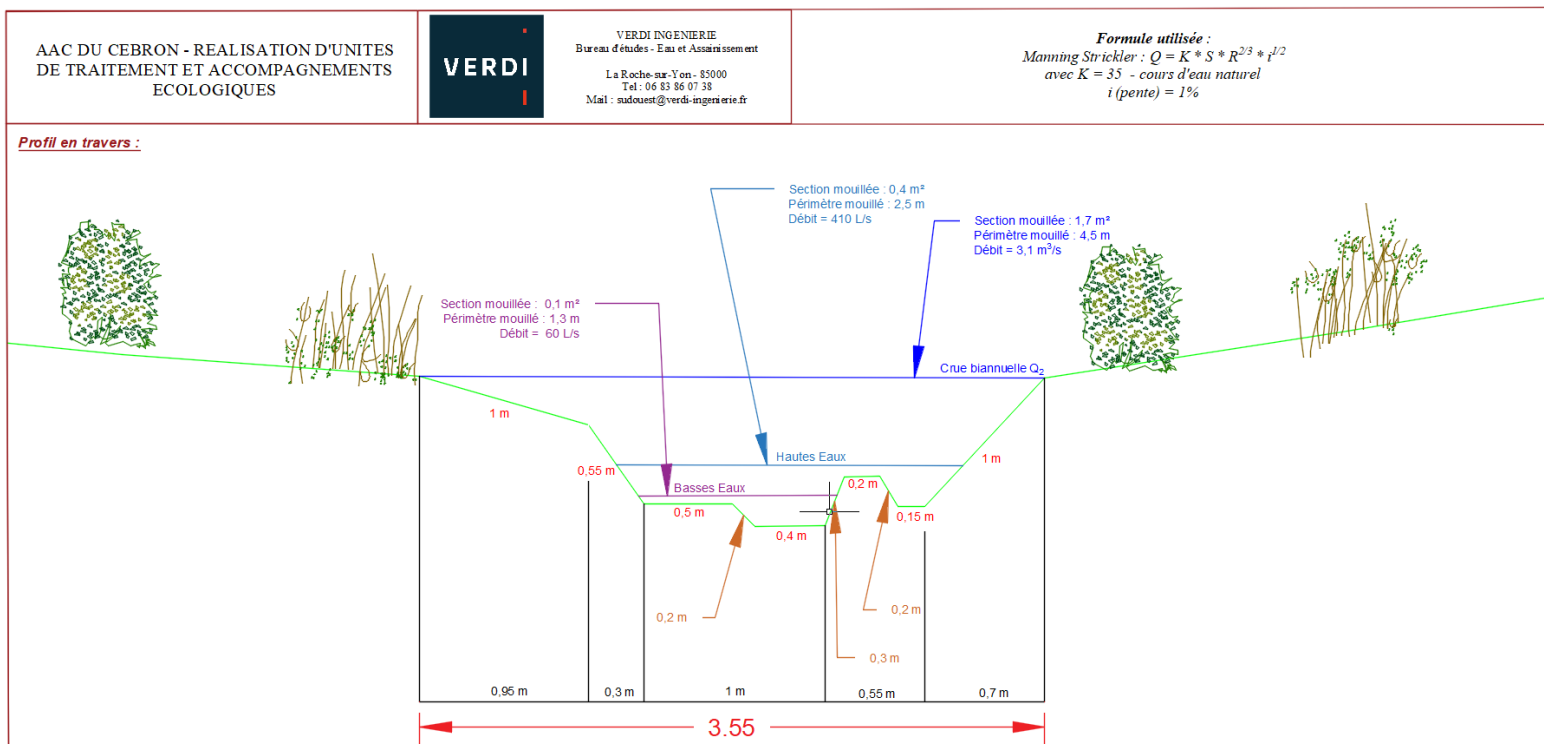


Figure 6 : profil en travers du marais Bodin

- **AM5 : Zones de rejets végétalisées (ZRV)** : les zones de rejets végétalisées sont des espaces aménagés ne faisant pas partie du dispositif de traitement des eaux mais contribuent à la réduction des impacts des rejets sur le milieu récepteur. L'aménagement de ZRV à l'exutoire des bassins de rétention permet de purifier l'effluent rejeté, mais également de protéger les berges du rejet ainsi que de créer des milieux humides fonctionnels. Ce sont des zones propices à l'accueil de la biodiversité.
- **AM6 : Reméandrage** : le reméandrage consiste à remettre le cours d'eau dans ses anciens méandres ou à créer un nouveau tracé avec des profils en travers diversifiés afin de redonner au cours d'eau une morphologie sinueuse se rapprochant de son style fluvial naturel. De ce fait, le tracé sera allongé et la pente réduite, de nouveaux habitats y verront le jour (zone de dépôts alluvionnaires...). Toutefois, l'historique des vues aériennes ne permet pas de remonter suffisamment dans le temps pour retrouver les méandres et le tracé d'origine du ruisseau.

Le secteur du marais Bodin se situe dans une région relativement plane, les cours d'eau sont majoritairement classés comme « sinueux ». Le coefficient de sinuosité est le rapport entre la longueur curviligne et la distance entre deux extrémités. La figure ci-après présente en rouge l'ancien tracé du ruisseau et en bleu le tracé que pourrait prendre le ruisseau à l'issue du projet.

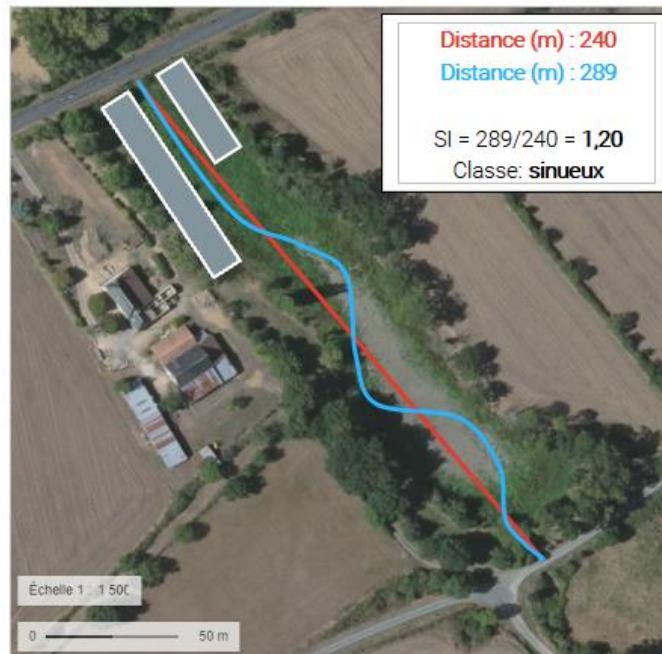


Figure 7 : reméandrage du ruisseau du marais Bodin

- **AM7/AM8 : Zone de radiers et zones de mouilles** : aujourd'hui le ruisseau est très rectiligne et sans variation de ses faciès d'écoulements, l'aménagement du lit en succession de radiers (zones peu profondes au courant rapide) et de mouilles (zones profondes à faible courant) permettrait d'offrir aux organismes aquatiques de nouveaux habitats.
- **AM9 : Recharge alluvionnaire** : cet aménagement consiste à recharger ponctuellement le cours d'eau avec des blocs de tailles diverses pour favoriser le dépôt d'éléments fins à l'aval. A termes, les faciès d'écoulements seront variés.
- **AM10 : Frayère à brochets** : le brochet (*Esox lucius*) est une espèce à fort intérêt patrimonial mais subit toutefois les impacts de l'Homme. Les zones humides temporairement inondées, lieu de vie des brochets, subissent des pressions anthropiques altérant la qualité de l'eau.

Ainsi, voici les dimensions et caractéristiques de la frayère en fonction des contraintes présentes sur le site.

Surface : aux alentours de 200 m²

Hauteur d'eau : 20 à 100 cm

Ouvrage : type vanne - régulation manuelle : l'annexe n°4 présente le calendrier de manœuvre préconisé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne concernant la régulation du niveau d'eau dans une frayère à brochet.

- **AM11 : Mare temporaire** : la proposition de cet aménagement a pour but de favoriser et de permettre la colonisation d'amphibiens sur le site. Plusieurs espèces de tritons et de crapauds ont été observées sur la zone.

Ci-dessous sont présentées les caractéristiques de l'éventuelle mare :

Surface : minimum 35 m², à l'aval du site, l'emprise au sol est disponible pour un ouvrage de cette taille

Profondeur : entre 30 et 100 cm

Alimentation : dérivation et connexion avec le ruisseau du marais Bodin

- **AM12 : Tas de pierres et tas de bois** : l'aménagement de macrostructures va permettre de favoriser la renaturation et la colonisation d'autres espèces tels que les reptiles, les petits mammifères ou encore les insectes.
- **AM13 : Arasement de l'ancienne digue** : l'ancienne digue nécessite d'être totalement détruite afin de rétablir une continuité piscicole et sédimentaire saine.
- **AM14 : Nouvelle buse cadre** : l'ouvrage est situé sur un chemin public carrossable. Les riverains et les agriculteurs l'empruntent afin de rejoindre leurs habitations ou leurs parcelles agricoles. La photographie ci-après présente l'ouvrage composé de trois buses circulaires.



Figure 8 : buses circulaires à l'aval du marais Bodin

Diamètres des buses :

- Buse 1 : 500 mm
- Buse 2 : 1000 mm
- Buse 3 : 300 mm

La buse supplémentaire, notée FC sur la figure précédente correspond au rejet du fossé du chemin communal, son diamètre est de 300 mm. L'ouvrage actuel, sous dimensionné, ne permet pas l'évacuation des eaux dans le cas d'une crue majeure. De plus, aussi bien à l'amont qu'à l'aval de ce dernier, des seuils plus ou moins naturels nécessiteront un arasement total, permettant ainsi à l'ichtyofaune de remonter le cours d'eau.

Une buse cadre modulable est l'option proposée au Maître d'Ouvrage. Le tableau suivant présente les dimensionnes retenues pour cet aménagement.

Caractéristiques	Dimensions
Hauteur	175 cm
Largeur	200 cm
Longueur	500 cm
Epaisseur des parois	20 cm
Pente	1%

Tableau I : dimensions de la future buse

Afin de s'assurer que l'ouvrage soit pérenne vis-à-vis d'une crue décennale, il a été nécessaire de calculer et de faire varier chacune des dimensions présentées ci-dessus.

Le débit capable de la buse peut être estimé à l'aide de la formule de Manning-Strickler suivante :

$$Q_{recherché} = K * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{1/2}$$

Avec :

K : le coefficient de rugosité, dans notre cas nous prendrons $K = 70$

S : la section hydraulique en

R : le rayon hydraulique (Section / Périmètre mouillé) en m

i : la pente en m/m

Ainsi le débit maximal pouvant s'écouler à travers l'ouvrage est de **11,9 m³/s** en considérant une pente de 1% et une section mouillée de 3m². Le débit capacitaire est ainsi supérieur au débit centennal précédemment présenté. La figure ci-après présente une coupe du futur aménagement ainsi que son profil en travers.

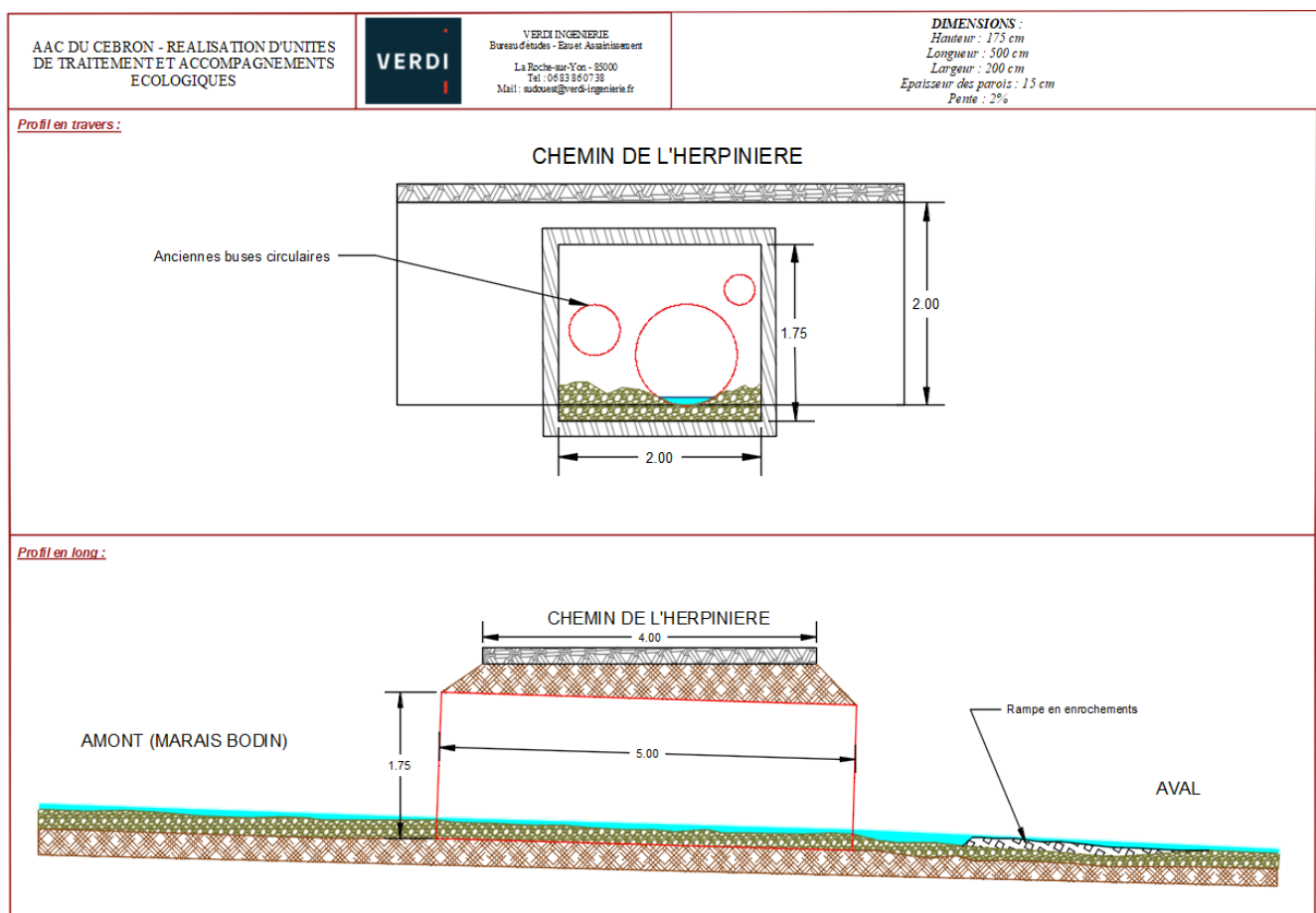


Figure 9 : coupe et profil en travers de la buse cadre

- **AM15 : Rampe en enrochement** : l'aménagement de la nouvelle buse cadre vise à restaurer la continuité piscicole et sédimentaire. Il est possible et tout à fait normal qu'à l'extrémité aval de la buse cadre s'opère un phénomène de fosse. La création d'une rampe en enrochement permettrait de s'assurer que les espèces piscicoles puissent remonter vers le marais. Cette technique contribue à rehausser la lame d'eau.

Tous ces éléments permettront par la suite au Maître d’Ouvrage de choisir les aménagements souhaités et en excluant les indésirables.

2.1.5 - Retour réflexif

Cette mission a occupé entre 50% et 60% de mon temps lors des 6 mois stages. J’ai pu mettre en évidence mes connaissances acquises en hydraulique, renaturation de zones humides, et assainissement de l’eau.

Grâce à ce projet, j’ai enrichi mes connaissances générales sur les logiciels de supports cartographiques : QGIS et également Autocad sur lequel je n’avais aucune base.

2.2 – Missions annexes

Durant ces 6 mois de stage en bureau d’études, j’ai eu l’occasion de travailler sur plusieurs dossiers aux domaines variés. En effet certaines études nécessitaient la mobilisation de connaissances acquises précédemment à Polytech Nice Sophia notamment sur le traitement et le devenir des eaux usées. Des notions sur les stations d’épuration se sont révélées être utiles pour l’accomplissement de ces missions annexes.

Les missions annexes ont représenté environ 40% du temps de stage. Durant cette partie, seulement deux missions annexes seront détaillées. Une brève présentation du contexte de l’étude sera présentée pour chacune d’entre elles, suivi d’une présentation des livrables. Un retour personnel complètera la mission.

2.2.1 – Révision du zonage d’assainissement (CC – Cœur de Charente)

2.2.1.1 – Contexte de l’étude

La Communauté de Communes Cœur de Charente est située à 50 kilomètres au nord-est d’Angoulême dans le département de la Charente. Cette dernière est issue de la fusion des Communautés de Communes de la Boixe, du Pays d’Aigre ainsi que du Pays Manslois. Sa superficie est de 603 km².

La Communauté de Communes Cœur du Charente, créée en 2017, compte 51 communes. La révision du zonage d'assainissement porte sur seulement 22 d'entre elles. La figure ci-après présente la Communauté de Communes et les communes dont le zonage va être révisé.

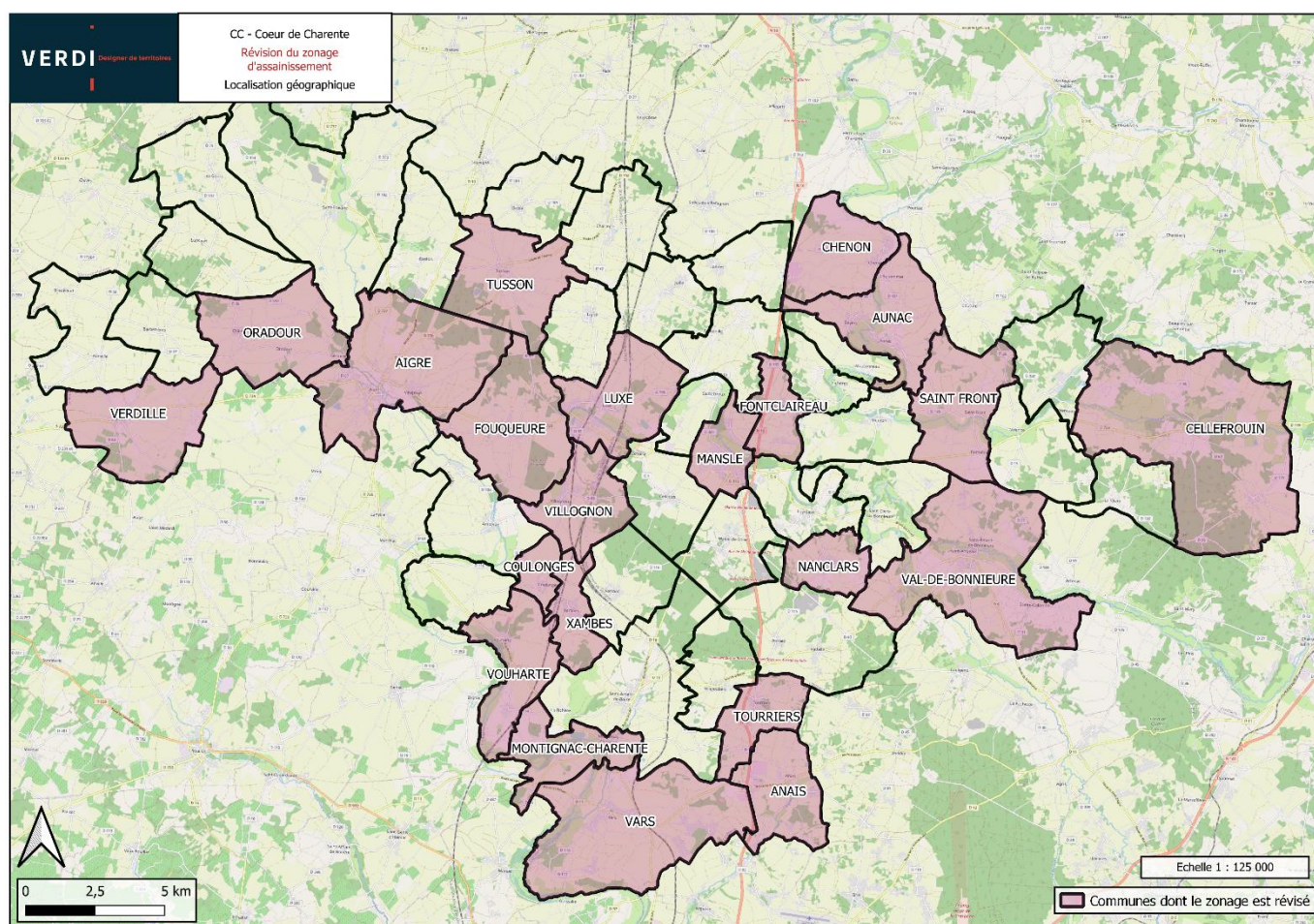


Figure 10 : localisation géographique de l'étude

➤ Zonage d'Assainissement Collectif :

En 2020, le service public d'assainissement collectif public desservait 4 512 abonnés soit une population de 9 638 habitants. Le réseau de collecte et/ou transfert du service public d'assainissement collectif est constitué (hors branchements) de 102,38 km de réseau séparatif d'eaux usées. La communauté de communes possède sur son territoire 23 stations d'épuration d'eaux usées principalement de type filtre planté de roseaux.

➤ Zonage d'assainissement non collectif

Le service public d'assainissement non collectif est exploité en régie. Il assure notamment l'application du règlement du service, mais contrôle également les installations. Le service public d'assainissement non collectif gère 15 172 habitants, pour un nombre total d'habitants résidents sur le territoire du service de 22 336. Le taux de couverture de l'assainissement non collectif (population desservie rapporté à la population totale du territoire couvert par le service) est de 67 % au 31/12/2020. Le service public d'assainissement non collectif couvre un parc d'environ 7 991 installations.

L'objet de la mission porte ainsi sur la mise en cohérence du zonage d'assainissement avec le PLUi.

2.2.1.2 – Les livrables

Les livrables pour cette mission comprennent un rapport portant sur l'assainissement collectif et non-collectif de la Communauté de Communes. Après avoir récupéré les données du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) et les données des réseaux fournis par le commanditaire, l'élaboration de cartes de zonage d'assainissement a pu être réalisée.

La carte de zonage d'assainissement de la commune de Verdille (« CC – Cœur de Charente – Livrable ») est jointe au rapport. Chaque commune possède sa propre carte de zonage au format A0. Des zooms ont été également réalisés pour plusieurs secteurs à enjeux souvent en lien avec des Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP). Les figures ci-dessous présentent les secteurs du Bourg de Villejésus (commune d'Aigre) et du Bourg de Verdille.

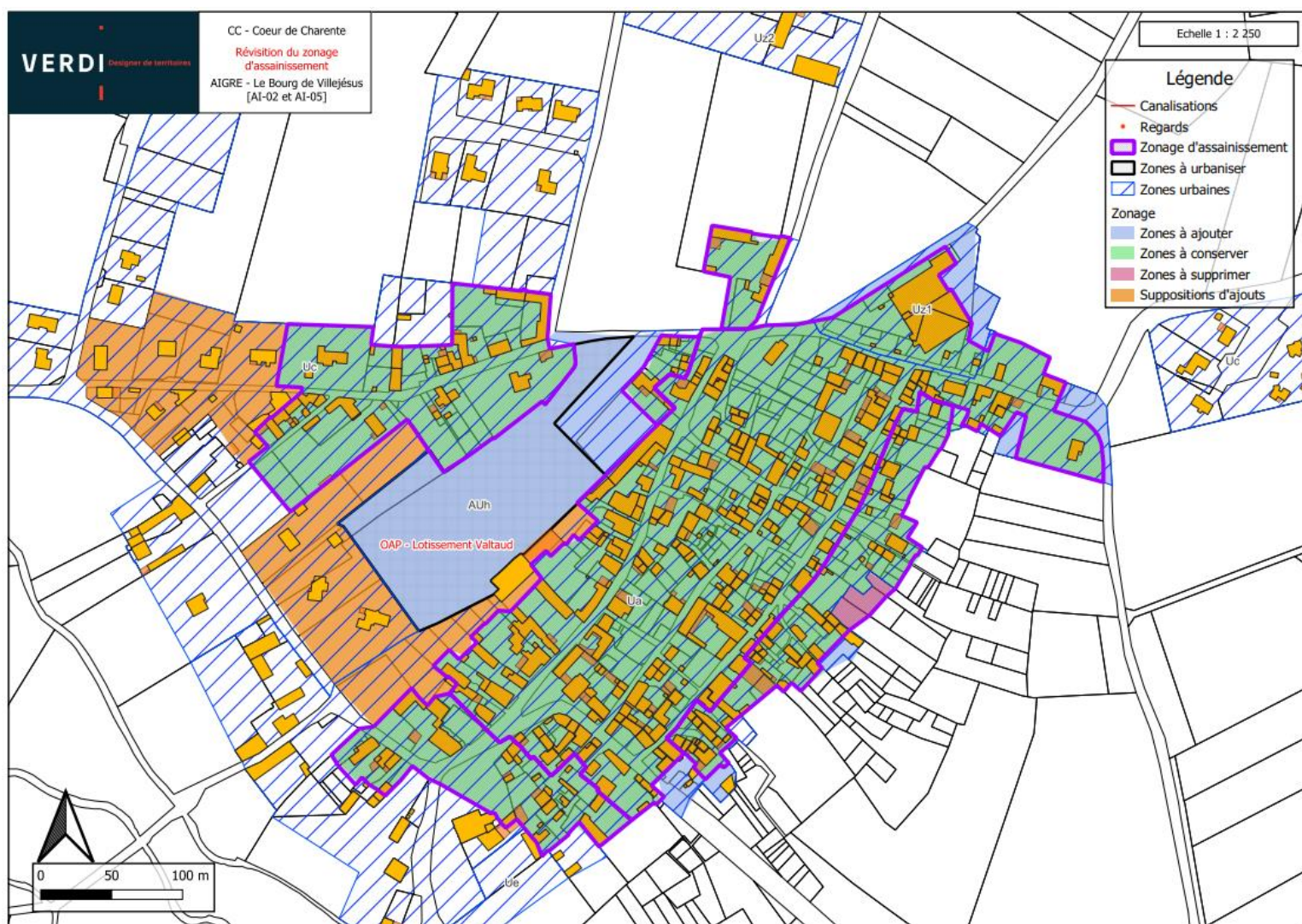


Figure 11 : secteur du bourg de Villejésus

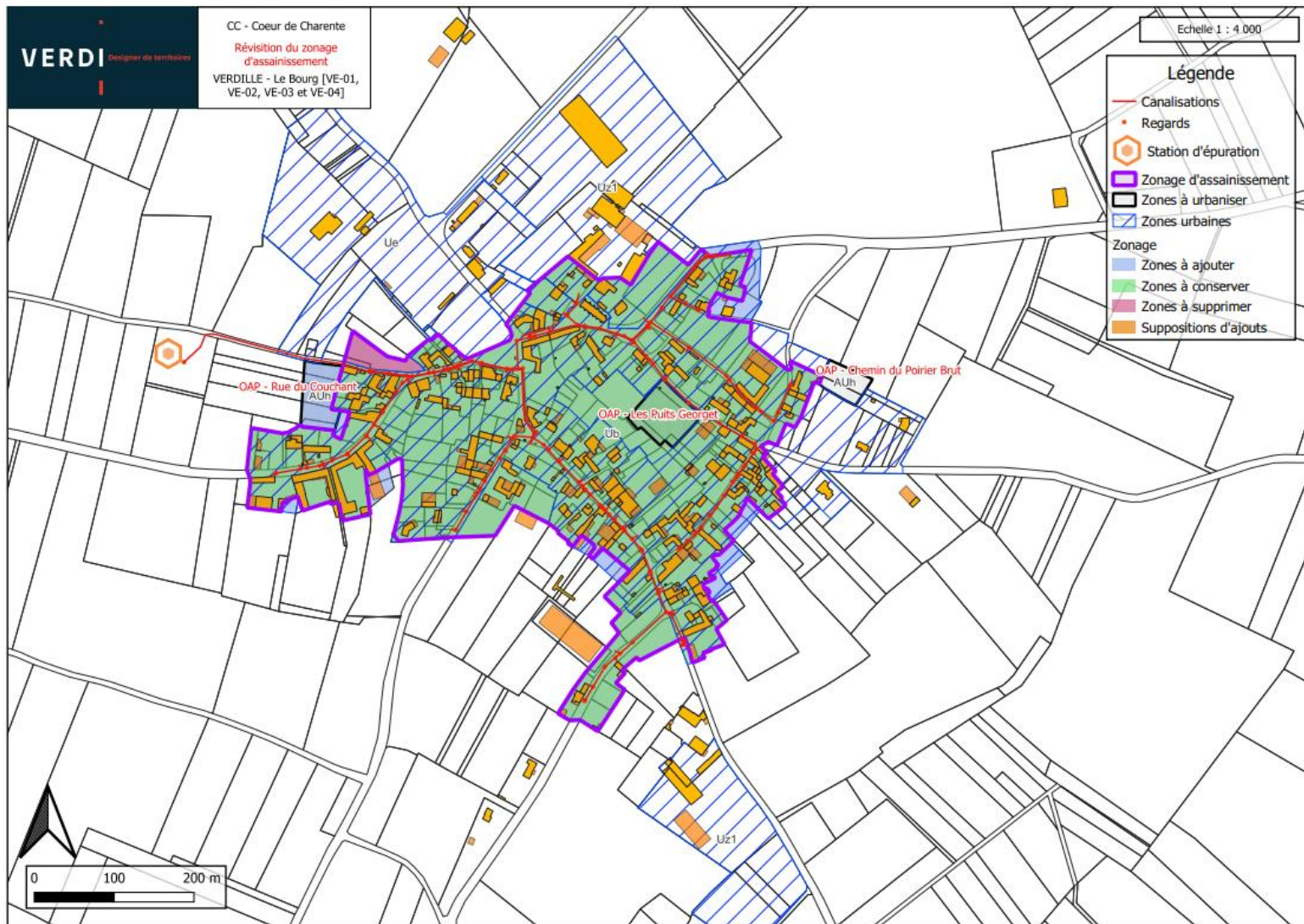


Figure 12 : secteur du bourg de Verdille

Les cartes ci-dessus présentent l'actualisation du zonage d'assainissement actuel vis-à-vis des données du PLUi. Des zones à conserver, à supprimer, et à ajouter ont alors été identifiées. Des suppositions d'ajouts seront également proposées à la Communauté de Communes. Ainsi l'assemblage de toutes ces zones permettra d'obtenir le nouveau zonage d'assainissement définitif.

2.2.1.3 – Retour réflexif

La rédaction du rapport a permis d'enrichir considérablement mes connaissances en assainissement des eaux usées notamment avec la rédaction d'une partie dédiée aux stations d'épuration des eaux des 22 communes sur lesquelles se déroule l'étude.

Une grande partie du travail portait sur la réalisation de cartes communales de zonage d'assainissement au format A0. Ainsi, j'ai pu développer mes compétences sur QGIS.

2.2.2 – Etude de transfert de compétences AEP et EU (CC – Pays Dunois)

2.2.2.1 – Contexte de l'étude

➤ *Règlementation*

La loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant Nouvelle Organisation Territoriale de la République (dite loi NOTRe) a fixé le transfert aux communautés de communes et communautés d'agglomération des compétences alimentation en eau potable (AEP) et eaux usées (EU) au 1er janvier 2020.

La loi n° 2018-702 du 3 août 2018 relative à la mise en œuvre du transfert des compétences eau et assainissement aux communautés de communes a permis aux communes membres d'une communauté de communes de reporter la date du transfert obligatoire de ces compétences ou de l'une d'entre elles au 1er janvier 2026. L'ensemble des communes a délibéré, le report du transfert obligatoire au 1er janvier 2026.

➤ *Communauté de Communes du Pays Dunois*

La Communauté de Communes du Pays Dunois est située dans le département de la Creuse, cette dernière est composée de 17 communes. La population de cette intercommunalité s'élève à environ 7 000 habitants, tandis que sa superficie est de 340 km².

➤ *Compétence Adduction en Eau Potable*

En 2022, la Communauté de Communes compte 14 autorités organisatrices pour la compétence AEP, parmi elles :

- 10 communes gèrent la compétence indépendamment
- 4 syndicats intercommunaux d'alimentation en eau potable (SIAEP)

➤ *Compétence Eaux Usées*

En 2021, la compétence assainissement est exercée par 11 communes qui exploitent un parc de 26 stations d'épuration. Six communes ne possèdent aucune installation d'assainissement collectif.

2.2.2.2 – Livrable de l'étude

Pour la réalisation de cette étude, VERDI Ingénierie est en équipe avec la société Finance Consult spécialisée dans le conseil et l'ingénierie financière. Le stage s'est déroulé durant la première phase du projet. En ce qui concerne la Phase 1 du projet : Finance Consult sera chargé de l'analyse financière et budgétaire des compétences AEP et EU, tandis que VERDI Ingénierie est chargé de réaliser l'état des lieux et le diagnostic des installations présentes sur le territoire de la Communauté de Communes.

Les études diagnostiques ainsi que les schémas directeurs AEP fournis par le commanditaire ont servi de point d'appui. Le travail effectué lors de cette mission consistait à réaliser une synthèse des installations et équipements de chacune des communes.

Un deuxième document joint au rapport nommé « CC – Pays Dunois – Livrable » présente la synthèse de la compétence AEP pour la commune de Colondannes. Les ressources, ouvrages et le réseau y sont présentés, des informations sur leur état, leur usage, leur entretien y sont insérées.

Concernant le volet Assainissement (EU), des visites de stations d'épuration ont été réalisées et des fiches ouvrages ont pu être complétées pour une vingtaine de stations. Le troisième document joint en annexe du rapport présente la fiche de station de la commune de Crozant (« CC – Pays Dunois – STEP »).

2.2.2.3 – Retour réflexif

Cette mission m'a permis d'enrichir grandement mes connaissances dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement.

J'ai également sollicité mes compétences relationnelles et organisationnelles dans le cadre des visites des stations d'épurations : de la prise de rendez-vous, à la réalisation des fiches ouvrages en passant par les visites sur le terrain. Cela m'a également permis de prendre en compte que travailler avec les mairies et leurs élus n'est pas toujours une mince affaire surtout dans le cadre de toutes petites communes comme celles qui composent la Communauté du Pays Dunois. Dans certains cas, il n'y avait aucun employé affecté à la station, ainsi les visites étaient réalisées avec le maire, qui parfois n'avait aucune connaissance dans ce domaine. Vulgariser et faire preuve de pédagogie sont deux compétences que j'ai pu appliquer lors de cette étude.

Conclusion

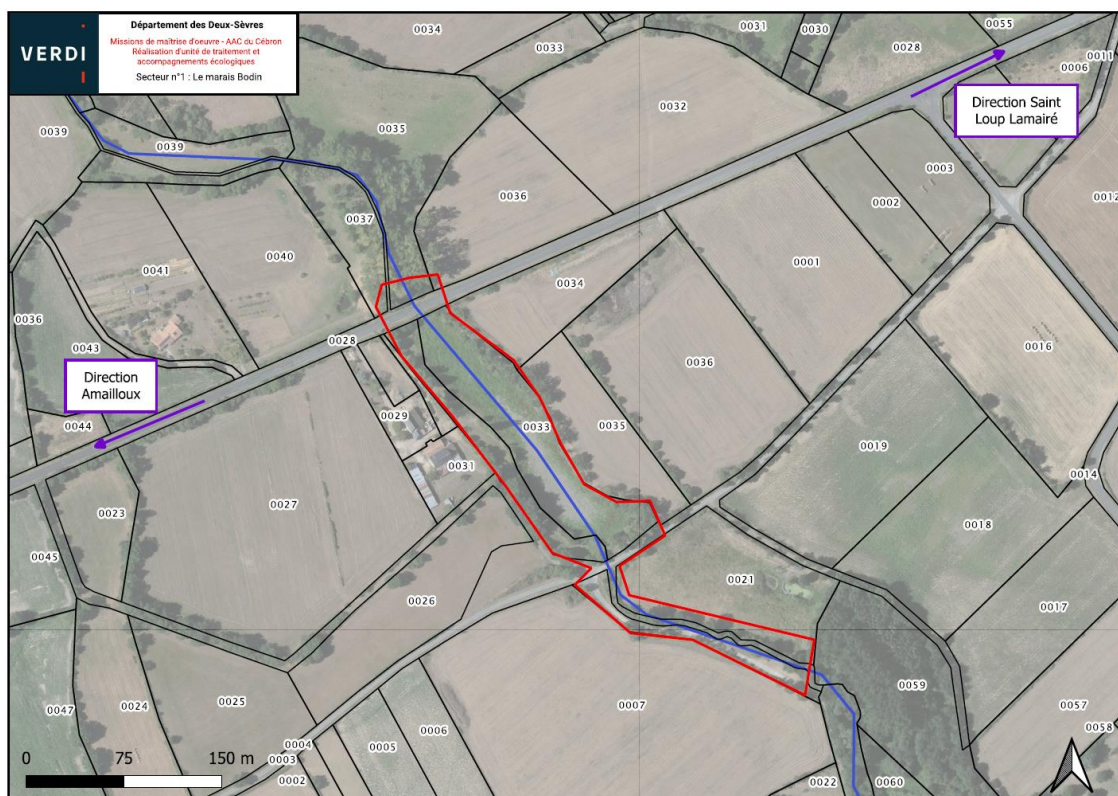
Ces mois de stage au sein de l'agence VERDI La Roche-sur-Yon ont été riches aussi bien sur des aspects techniques que sur des aspects pratiques.

Ce stage a d'abord sollicité et renforcé les compétences et connaissances à la fois acquises à Polytech Nice-Sophia dans le domaine de l'Eau, mais également les compétences acquises lors d'un semestre de cours réalisé à la Haute Ecole du Paysage de l'Ingénierie et de l'Architecture dans le domaine de la Gestion de la Nature, mais aussi celles acquises cette année lors de ma mobilité Inter-Polytech notamment en matière de zones humides et de restauration éco-morphologique des cours d'eau. J'ai également pu m'exercer sur le logiciel Autocad, très utilisé dans les bureaux d'études.

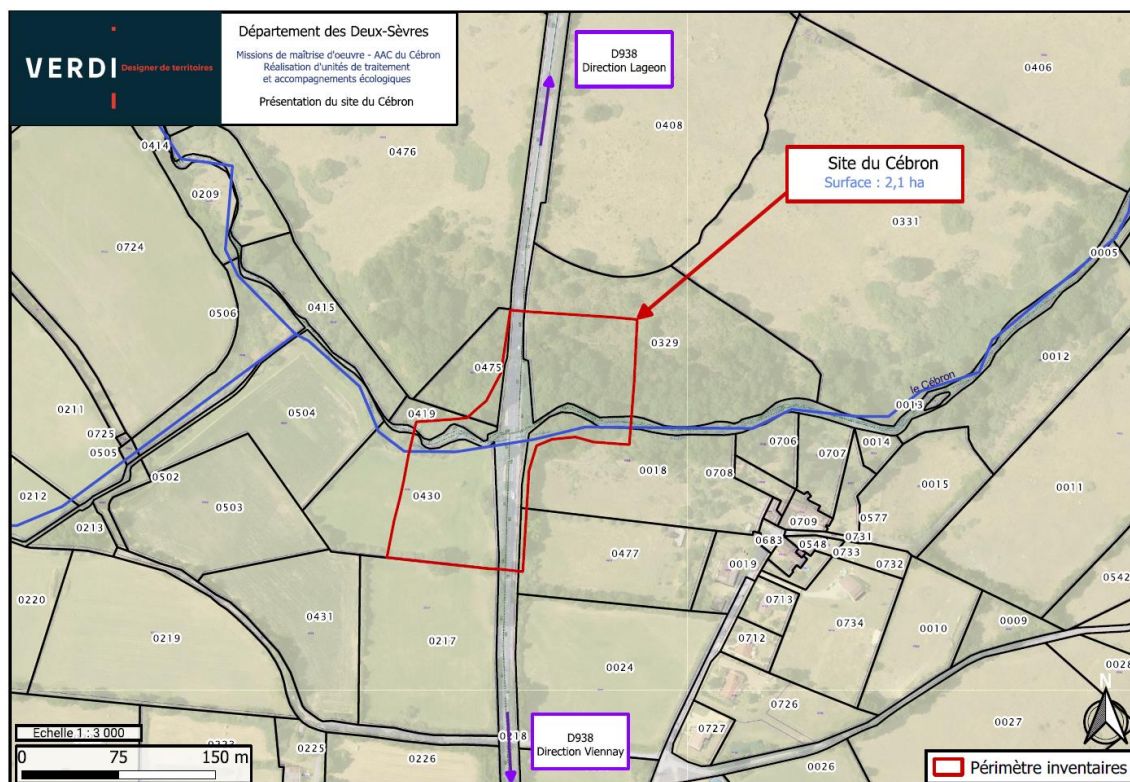
Durant cette période de stage, la diversité des projets, aux contraintes variées, sur lesquels j'ai travaillé m'a beaucoup intéressé. La réglementation en vigueur varie selon les différents territoires et les contraintes géographiques sont nombreuses. Cela oblige donc les bureaux d'études à faire preuve d'ingéniosité et d'adaptabilité, ce qui représente selon moi, les principaux atouts de ce type de structure telle que VERDI Ingénierie. Par ailleurs, le chef de projet doit également s'adapter aux attentes des différentes parties prenantes du projet : Maître d'Ouvrage et entreprises de travaux en charge de la bonne réalisation du projet.

Ce stage représente ma première expérience au sein d'un bureau d'études privés, et ce fut une expérience très enrichissante, tant sur le plan professionnel que personnel. Cela a confirmé mon envie de travailler dans le domaine de l'Eau et l'Environnement mais plus particulièrement sur des thématiques de restauration écologique. Cependant, le fait que l'étude sur le Cébron soit à sa phase préliminaire n'a pas nécessité beaucoup de sorties sur le terrain. Mon souhait actuel serait d'intégrer un poste moins sédentaire.

Annexes

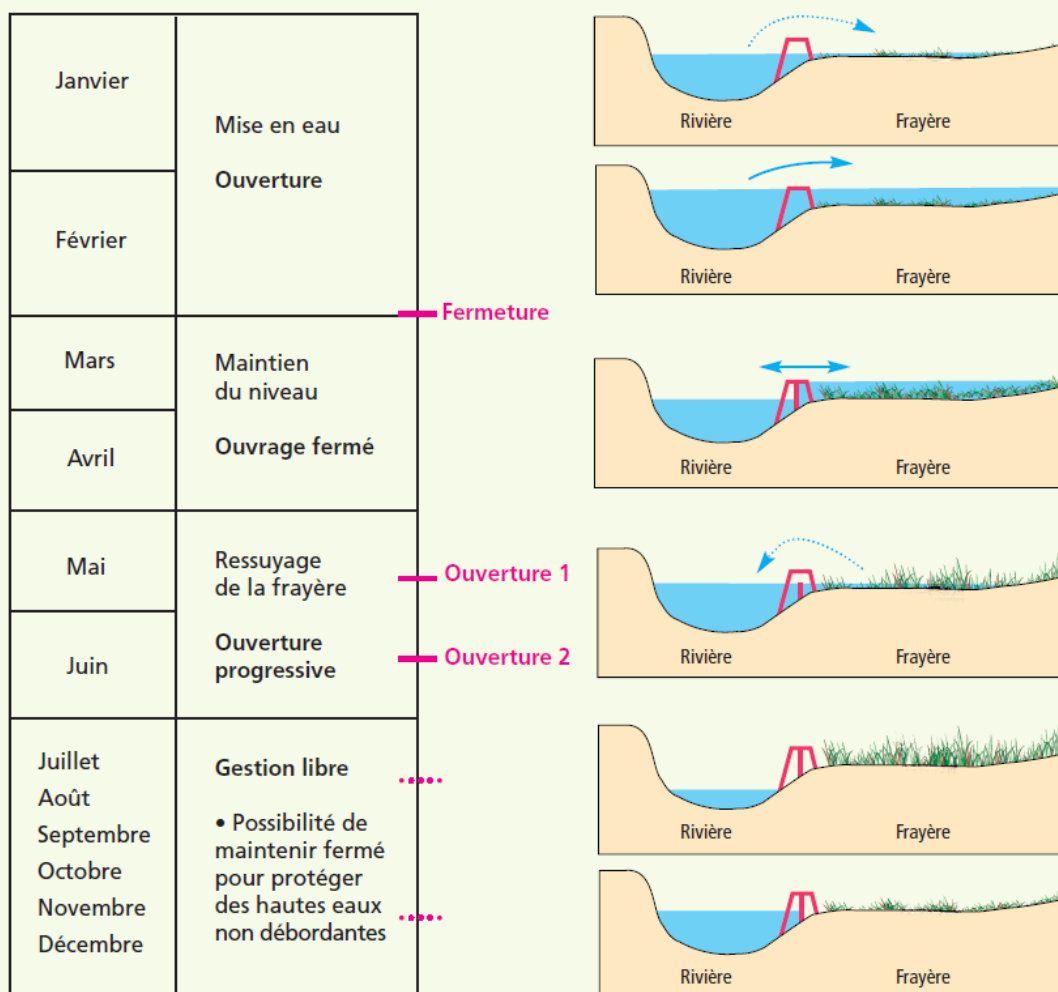


Annexe n°1 : localisation du secteur du marais Bodin



Annexe n°2 : location du secteur du Cébron

Calendrier de manoeuvres d'un ouvrage de gestion des niveaux d'une frayère à brochet



Une attention particulière doit être portée lors du ressuyage de l'annexe car les brochetons ne suivent pas l'eau naturellement, beaucoup restent piégés. En reproduction naturelle aménagée, même si la vidange est très lente et les pentes convenables, il est indispensable d'être présent afin de récupérer les juvéniles piégés.

Annexe n°3 : calendrier de manœuvre de l'ouvrage vanne – frayère à brochet

Formule de Giandotti

$$Tc = 60 \times \frac{0,4\sqrt{S} + 0,0015L}{0,8\sqrt{P \times L}}$$

Tc : en min
 S : Surface en Ha
 L : Plus grande longueur hydraulique en m
 P : Pente en m/m

Formule de Passini

$$Tc = 0,14 \times \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{P}}$$

Tc : en min
 S : Surface en Ha
 L : Plus grande longueur hydraulique en m
 P : Pente en m/m

Formule de Kirpich

$$Tc = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0,77}$$

Tc : en min
 L : Plus grande longueur hydraulique en m
 P : Pente en m/m

Formule de Ventura

$$Tc = 7,62 \times \left(\frac{S}{P} \right)^{0,5}$$

Tc : en min
 S : Surface en km²
 P : Pente en m/m

Formule de Turraza

$$Tc = 65,1 \times \sqrt{S}$$

Tc : en min
 S : Surface en km²

Annexe n°4 : formules de calcul du temps de concentration en zone rurale

**Coefficients de Montana pour des pluies
de durée de 6 minutes à 2 heures**

Durée de retour	a	b
5 ans	286	0.612
10 ans	338	0.605
20 ans	384	0.593
30 ans	413	0.588
50 ans	444	0.578
100 ans	488	0.565

**Coefficients de Montana pour des pluies
de durée de 2 heures à 24 heures**

Durée de retour	a	b
5 ans	447	0.718
10 ans	614	0.744
20 ans	827	0.769
30 ans	979	0.784
50 ans	1211	0.804
100 ans	1608	0.832

**Coefficients de Montana pour des pluies
de durée de 6 minutes à 6 heures**

Durée de retour	a	b
hebdomadaire	0.623	0.636
bi-mensuelle	0.796	0.589
mensuelle	1.134	0.596
bimestrielle	1.514	0.602
trimestrielle	1.817	0.609
semestrielle	2.64	0.636
annuelle	3.469	0.647
bisannuelle	4.346	0.646

Annexe n°5 : coefficient de Montana pour la région de Parthenay (© Météo France)



POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Arthur GUIBERT
2022-2023

Assistant ingénieur chargée d'études - VERDI

Résumé: The work carried out during the course covered several projects in a variety of fields, most of which required knowledge of hydraulics, water sanitation and the renaturation of watercourses. The main assignment concerned the Cébron water supply and catchment area. In order to protect the water resources of Lake Cébron, the Deux-Sèvres department wanted to set up collection basins for road run-off water. One section of the contract is also dedicated to the ecological renaturation of a section of watercourse. I was therefore asked to propose and size various hydraulic and ecological facilities.

I was given various tasks, such as writing partial or complete notices/reports/reports and producing graphics using QGIS (cartographic software) and Autocad (computer-assisted drawing software). I also had the opportunity to take part in launch meetings, site meetings and site visits.

Mots clés : bassin de rétention, ruissellement, renaturation, hydraulique

VERDI Ingénierie Sud-Ouest :
123 Bd Louis Blanc, 85 000 La Roche-sur-Yon

Tuteur entreprise :
Aurélien HERMOUET
Responsable Pôle Eau et Assainissement

Tuteur académique :
Vincent ROTGE