

Projet de restauration du ruisseau de Vy-le-Ferroux, sur la commune de Raze (70)



Ruisseau de Vy-le-Ferroux dans la traversée du village

Phase 1 : Etat des lieux



EAUX CONTINENTALES

Mars 2024

Alain Cuinet - Julien Rahon - Nicolas Bertrand

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
1. Introduction	4
2. Localisation	5
3. Bassin versant - Géologie et hydrogéologie	7
4. Contexte environnemental	8
4.1. Occupation du sol	8
4.2. Inventaire des milieux humides	11
4.3. Zonage naturel	12
5. Hydrologie	13
5.1. Matériel et méthode	13
5.2. Résultats	15
6. Etat hydromorphologique	17
6.1. Historique, Recherche des anciens linéaires	17
6.1.1. Carte de Cassini (1757)	17
6.1.2. Carte d'Etat Major (1839)	18
6.1.3. Atlas cantonal (1858)	18
6.1.4. Cadastre Napoléonien (1879)	19
6.1.5. Carte IGN historique (1950)	21
6.1.6. Photographies aériennes anciennes	21
6.1.7. Synthèse des tracés historiques	23
6.2. Profils en long et en travers	24
6.3. Description physique par tronçons homogènes	25
6.3.1. La Méthode Tronçon	25
6.3.2. Résultats de la méthode Tronçon	27
6.4. Caractérisation de l'Hydomorphologie du Cours d'Eau (CarHyCE)	31
6.4.2. Résultats CARHYCE sur la station	38
7. Station d'étude pour l'hydrobiologie et la physico-chimie	47
8. Qualité physico-chimique	48
8.1. Matériel et méthodes	48
8.2. Dates et conditions de prélèvement	50
8.3. Résultats de chimie de l'eau	51
9. Thermie	53
10. Qualité du peuplement Diatomées	55
10.1. Méthode	55
10.2. Résultats IBD	57
11. Qualité du peuplement macroinvertébré	59
11.1. Méthode d'échantillonnage	59
11.1.1. Conditions d'échantillonnage	59
11.1.2. Principes et objectifs de la méthode	59
11.1.3. Application sur le terrain	59
11.1.4. Analyse en laboratoire	60
11.1.5. Calcul des indices et interprétation	60
11.2. Résultats	63
11.3. Synthèse de l'étude des macroinvertébrés	67
12. Niveau typologique	68
12.1. Objectif et méthode	68
13. Qualité du peuplement piscicole	69
13.1. Matériels et méthodes	69
13.1.1. Echantillonnage	69

13.1.2.	Méthode d'interprétation : comparaison au référentiel typologique	69
13.2.	Résultats de l'inventaire piscicole	70
14.	Synthèse de l'état des lieux.....	72
ANNEXES.....		76

1. Introduction

Le Ruisseau de Vy-le-Ferroux, a fait l'objet de travaux anciens de recalibrage et de rectification. A l'heure actuelle dans la traversée de Raze, il présente un tracé très linéaire, un gabarit surdimensionné, associé à une grande homogénéité des écoulements.

Compétente dans le domaine de la GEMAPI, la Communauté de Communes des Combes souhaite réaliser un diagnostic de ce tronçon de cours d'eau et développer un programme de restauration qui d'une part lui permette de retrouver, au moins pour partie son potentiel biologique, et un équilibre suffisant pour limiter les proliférations végétales estivales qui nuisent fortement à son écoulement.

Le linéaire de ruisseau à prendre en compte est d'environ 500m.

La première étape vise à réaliser un état des lieux biologique, physico-chimique et hydromorphologique du ruisseau. La phase diagnostic fait l'objet de ce rapport.

A l'échelle du tronçon, nous présenterons un travail de reconnaissance hydromorphologique et de levé topographique. Sur une station de suivi, placée en aval du village, nous analyserons la qualité biologique, par des inventaires piscicoles, macroinvertébrés et diatomiques ; la qualité physicochimique par 4 campagnes de prélèvement d'eau ainsi que la qualité morphologique du lit par la méthode CarHyCe.

La seconde étape sera de construire l'Avant Projet d'aménagement du ruisseau. Nous intégrerons les éléments clés du diagnostic pour dégager les contraintes et les enjeux du projet.

A terme des travaux sont envisagés pour reconstituer l'hydro-morphologie du cours d'eau.

2. Localisation

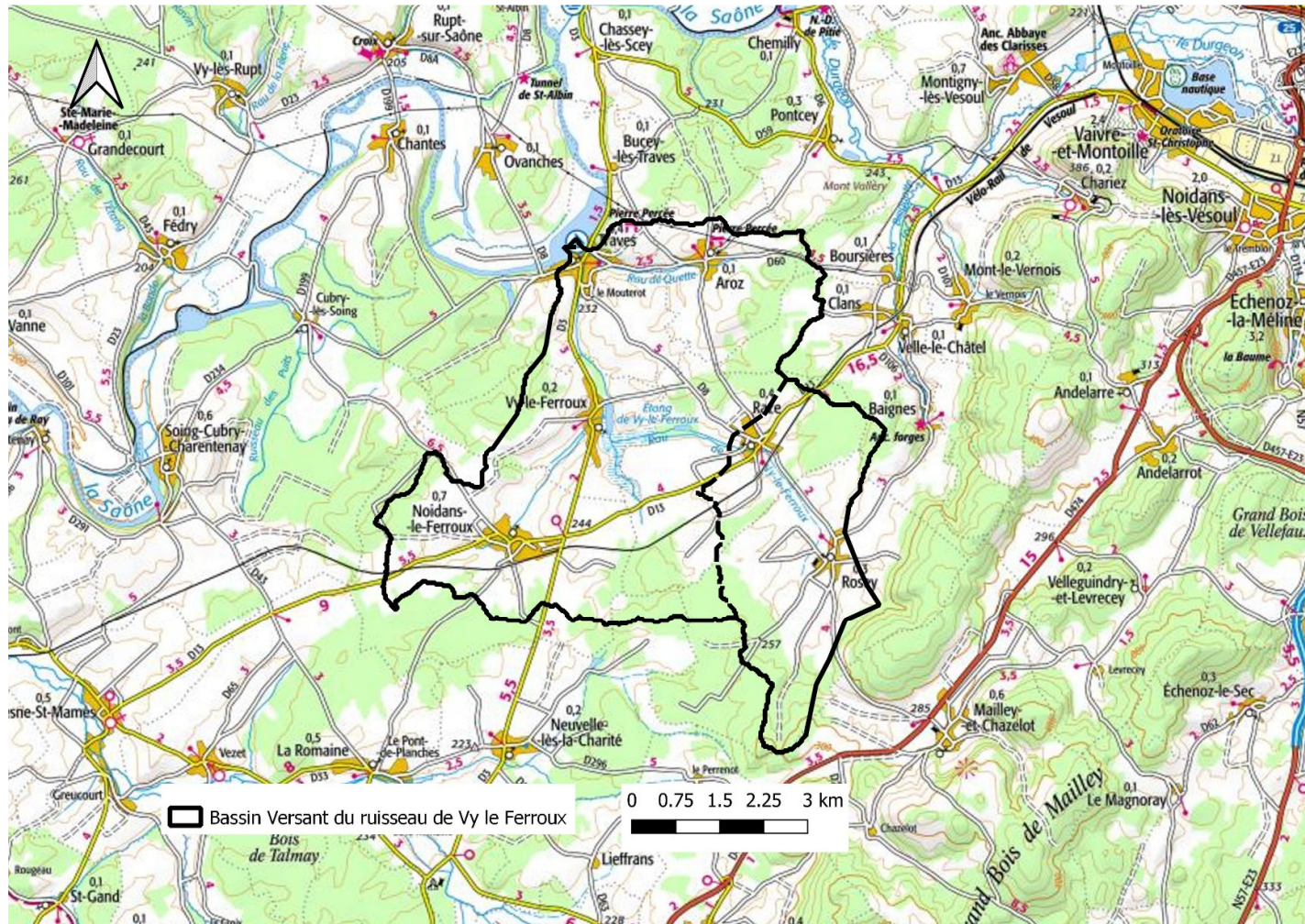


Figure 1 : Localisation ruisseau et Bassin versant du ruisseau

Le ruisseau de Vy le Ferroux prend sa source sur la commune de Rosey. Il traverse les villages de Raze et Vy le Ferroux avant de confluer avec la Saône à Traves. Son linéaire est de 9.4 km. A Vy le Ferroux, le ruisseau traverse les étangs du même nom et reçoit les eaux du ruisseau de Noidans le Ferroux.

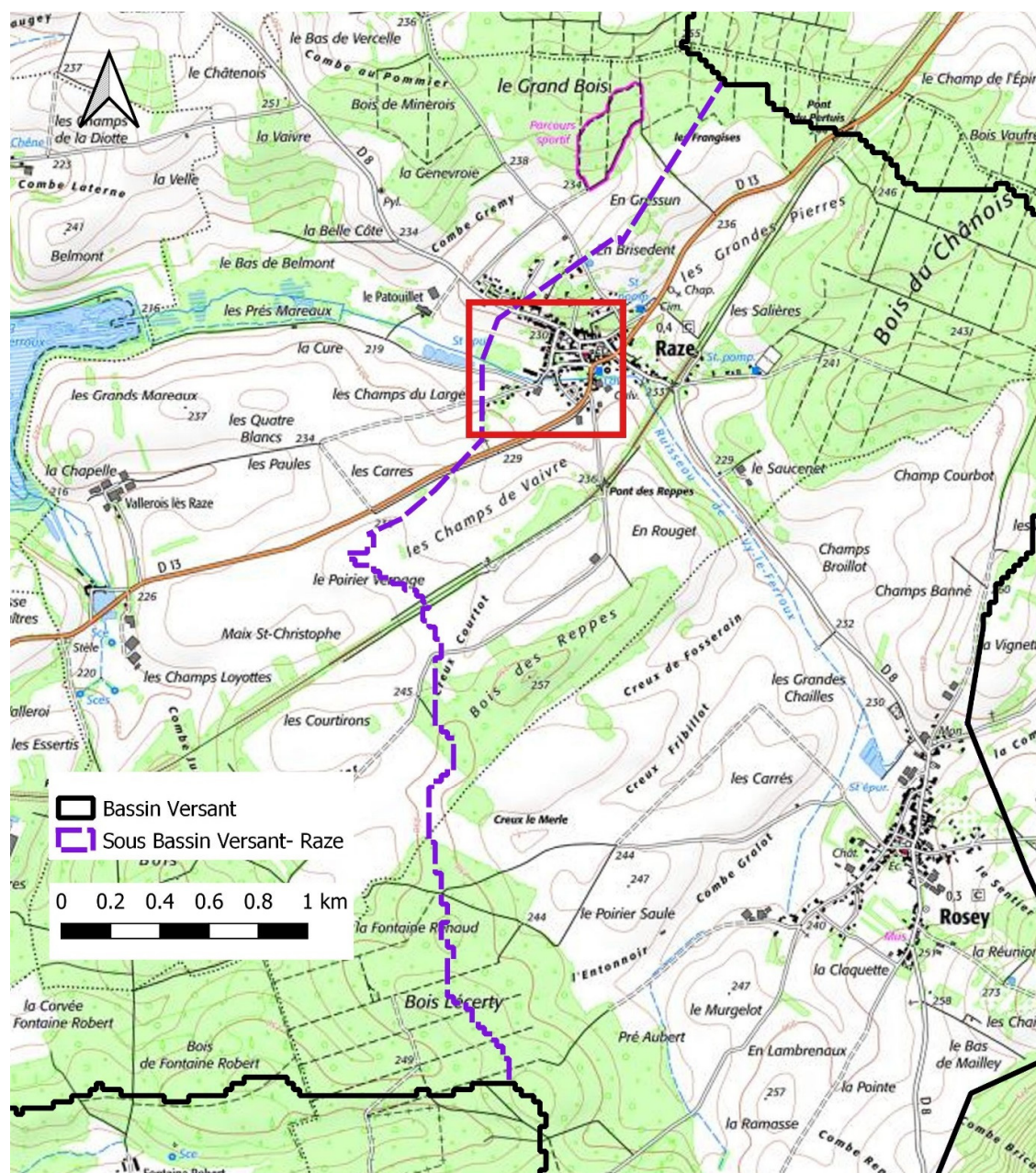


Figure 2 : Localisation du tronçon d'étude

Le tronçon d'étude ciblé pour le projet d'aménagement hydromorphologique est localisé dans le village de Raze. Il mesure 500m.

3. Bassin versant - Géologie et hydrogéologie

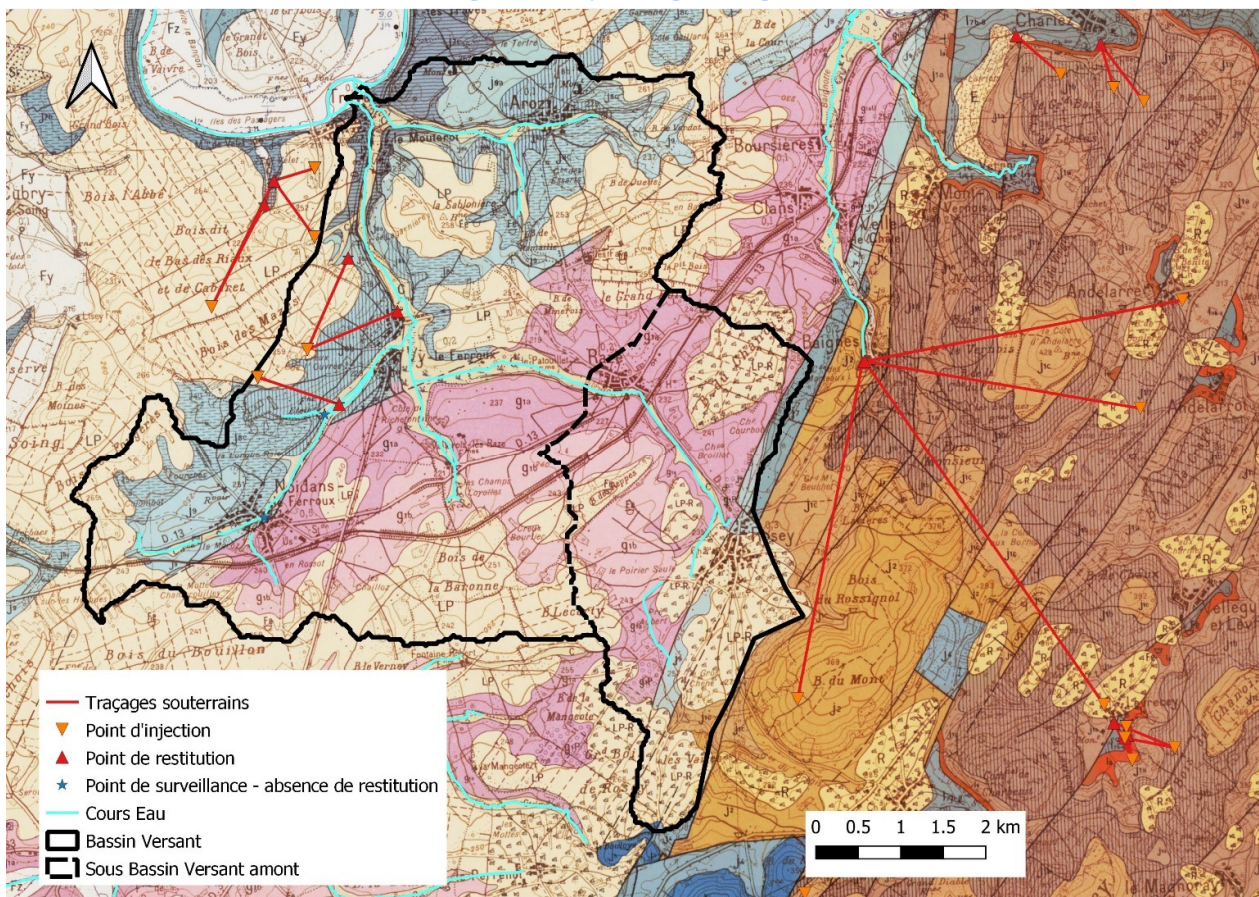


Figure 3 : Délimitation du bassin versant, Géologie et circulation d'eau souterraine

La notice géologique de Port sur Saône indique que « le fossé de Raze » est dominé par des affleurements de l'Oligocène. Il s'agit entre Raze et Rosey, de dépôts calcaires lacustres (en rose G1 a et G1b) ainsi que des Limons des Plateaux (LP en beige). A l'Est d'une ligne Rosey – Baignes, les affleurements sont calcaires avec de nombreuses failles. Il s'agit d'un système karstique avec des circulations d'eau souterraine. Les résultats de traçage montrent des circulations d'eaux souterraines alimentant la résurgence de Baignes.

Le bassin d'alimentation en eau du ruisseau de Vy le Ferroux ne suit pas les limites du relief.

De fait la **limite amont du bassin du ruisseau de Vy le Ferroux est incertaine et difficile à préciser. Les surfaces de BV calculées sont à prendre avec précaution.**

Le bassin versant total du ruisseau à la confluence avec la Saône serait de 42 km².

Le sous bassin versant en aval de Raze (limite aval de notre projet) aurait une surface de 11.2 km².

4. Contexte environnemental

4.1. Occupation du sol

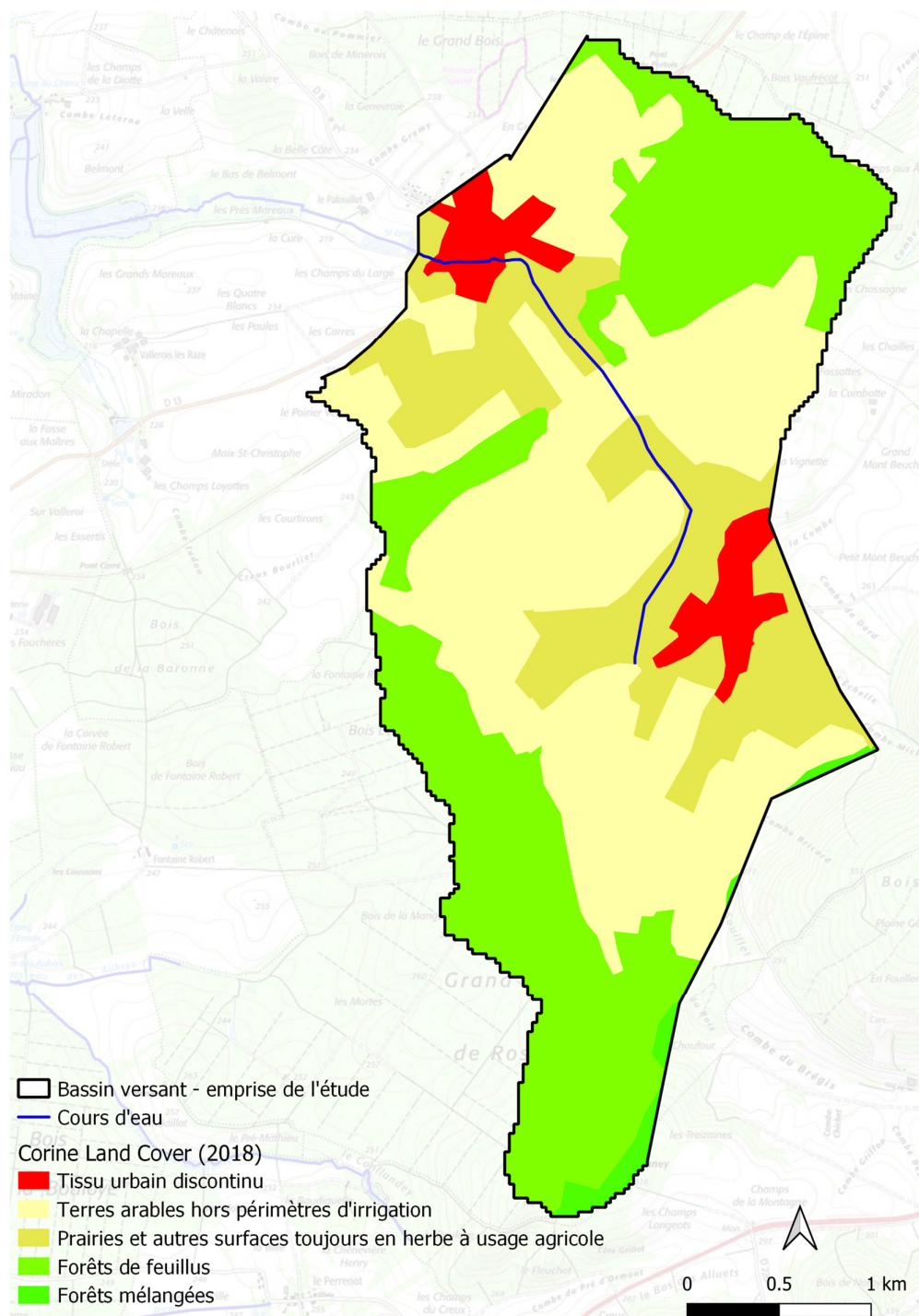


Figure 4 : Occupation du sol du bassin versant (CLC2018) dans l'emprise de l'étude

Tableau 1 : Surfaces de chaque type d'occupation du sol selon le CLC

Libellé Corine Land Cover	surface (ha)	% du BV
Terres arables hors périmètres d'irrigation	474	42.3%
Forêts de feuillus	372	33.2%
Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole	206	18.4%
Tissu urbain discontinu	55	4.9%
Forêts mélangées	15	1.3%
Total	1121	100.0%

Le bassin versant concerné par notre étude (fermeture de ce bassin en amont des lagunes, fin du périmètre d'étude, Figure 4) est composé, en se basant sur les fonds Corine Land Cover (2018), de 61% de zones agricoles, 34% de forêts, et 5% de tissu urbain (représenté par 2 villages, Rosey et Raze).

Le Référentiel Parcellaire Graphique (RPG) permet l'identification des parcelles agricoles. D'après le RPG 2022, un total de 605 ha de parcelles agricoles sont recensées, soit 54% du bassin considéré (Figure 5 suivante).

La culture céréalière représente 64% des parcelles. Les prairies (permanentes et temporaires) comptabilisent 35%.

Tableau 2 : Surfaces de chaque type de parcelles agricoles selon le RPG

Libellé groupe RPG	Surface agricole (ha)	% des parcelles agricoles du BV
Prairies permanentes	190	31%
Blé tendre	181	30%
Maïs grain et ensilage	60	10%
Orge	44	7%
Fourrage	45	7%
Colza	28	5%
Prairies temporaires	28	5%
Autres oléagineux (soja)	22	4%
Autres céréales	5	1%
Protéagineux	2	0.3%
Divers	1	0.2%
Estives et landes	0.1	0.02%
Total	605	100%

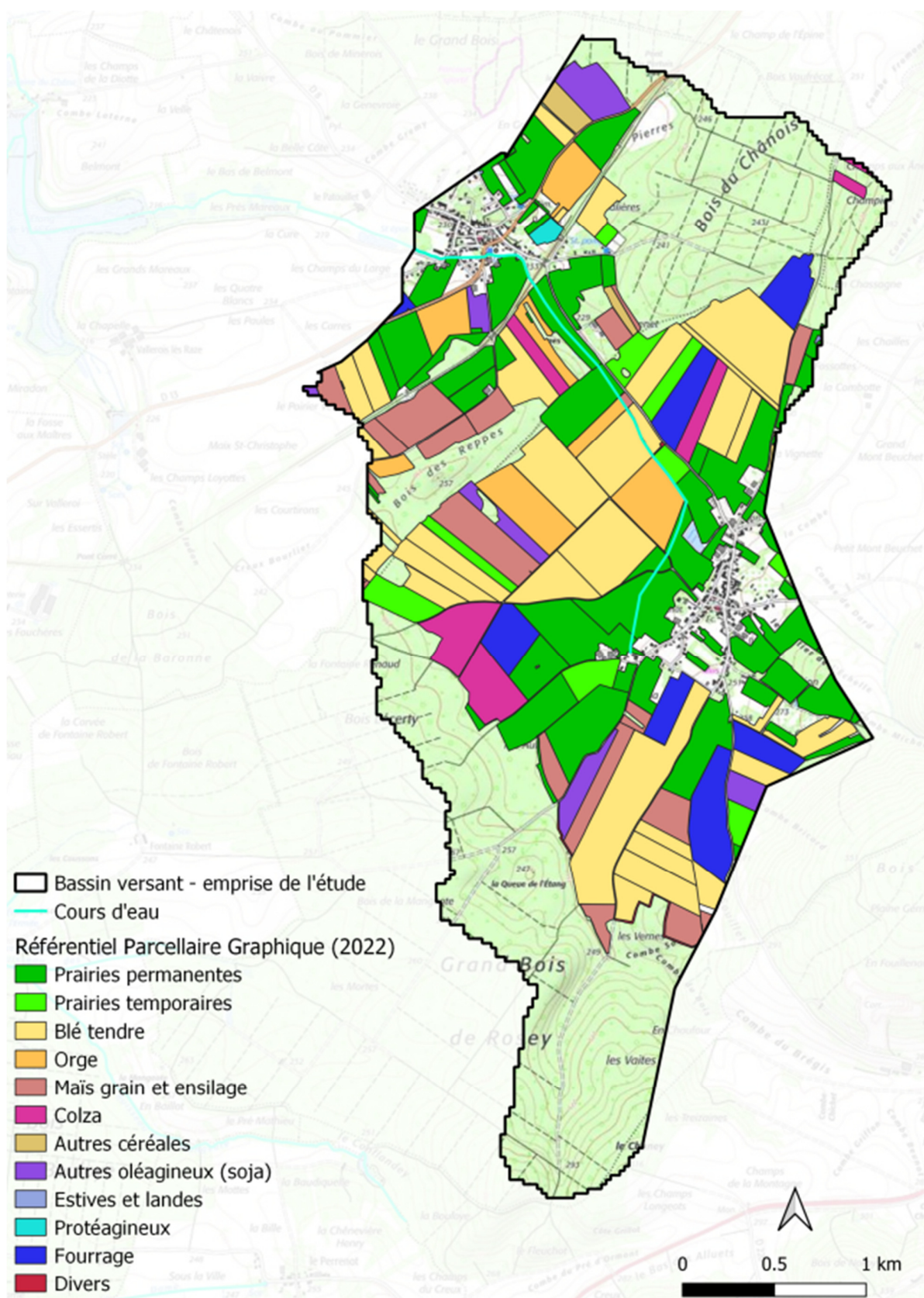


Figure 5 : Référentiel Parcellaire Graphique (RPG 2022) sur le bassin considéré

4.2. Inventaire des milieux humides

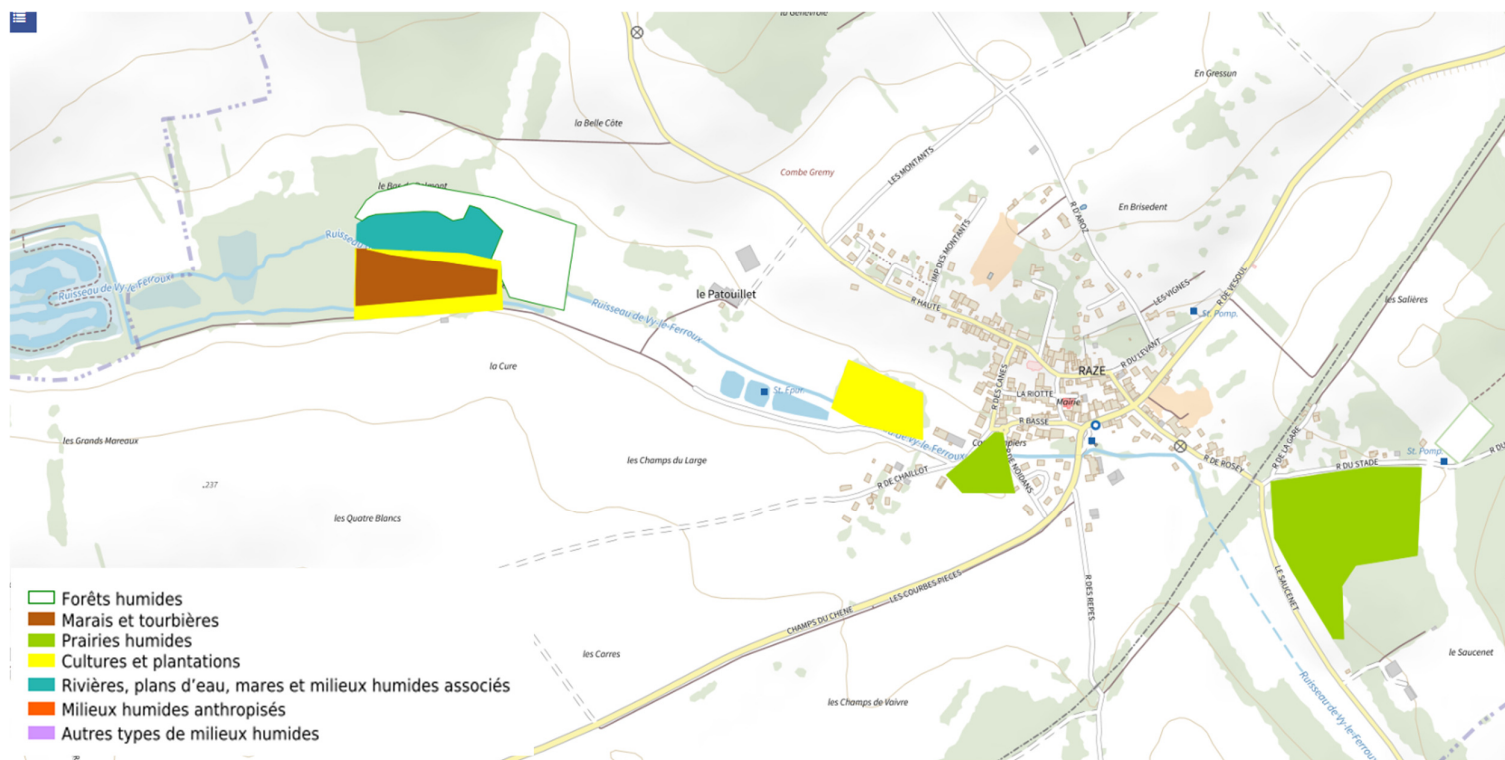


Figure 6 : Inventaire des zones humides

Vers le village de Raze, le ruisseau de Vy le Ferroux est bordé par une prairie humide pâturée, sur sa rive gauche (Id n°D5580) et par une culture humide sur sa rive droite (Id n°D8852). Il s'agit plus précisément d'une peupleraie.

4.3. Zonage naturel

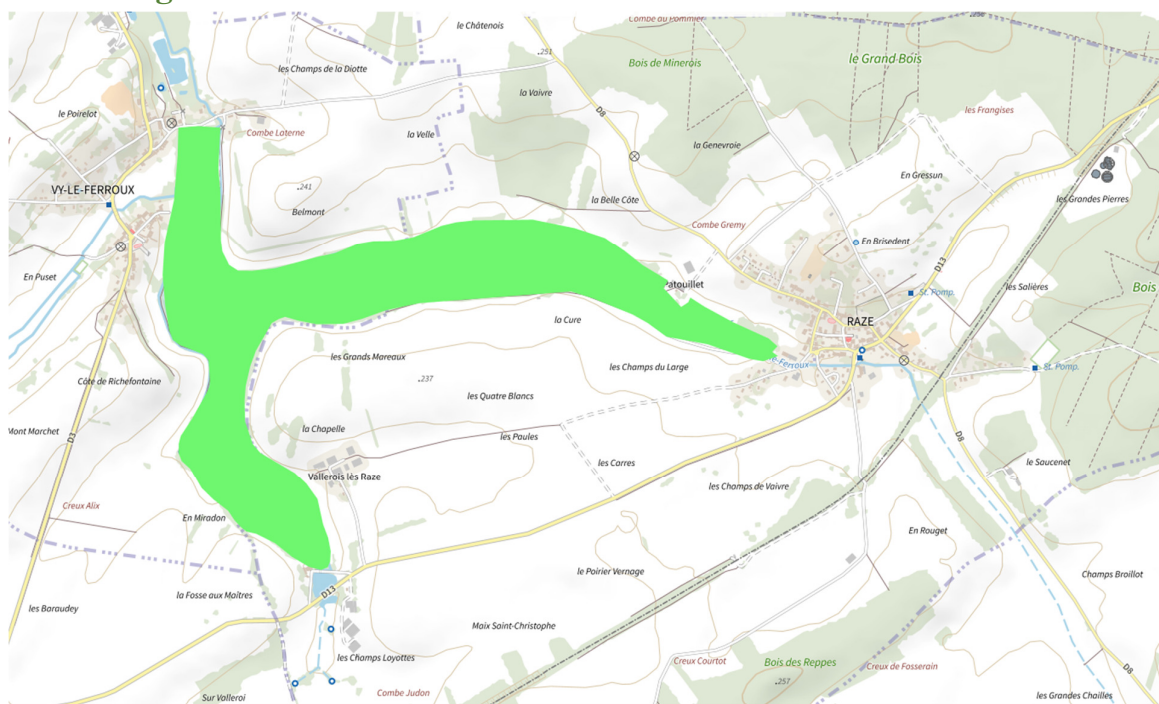


Figure 7 : ZNIEFF Type 1 « Marais de Vy le Ferroux »

ZNIEFF : Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

La partie basse de notre tronçon d'étude intègre la ZNIEFF type 1, du Marais de Vy le Ferroux. (Identifiant national : 430002360).

Cette zone humide présente un intérêt remarquable à l'échelle locale, dans un contexte dominé par les cultures et prairies intensifiées, mais aussi plus globalement à l'échelle de la Haute-Saône, où les marais de plaine sont peu représentés (DREAL BFC Fiche ZNIEFF)

Le marais de Vy-le-Ferroux constitue un site d'accueil pour une avifaune riche et diversifiée, inféodée aux roselières denses et étendues. Plusieurs oiseaux rares, tous inscrits dans le livre rouge des espèces menacées en France, y nichent de façon plus ou moins régulière : le héron pourpré, la rousserolle turdoïde, le busard des roseaux et le blongios nain (le plus petit des hérons de nos régions). Emblématique des roselières, ce dernier subit une régression alarmante. On recense également le fuligule milouin et le râle d'eau en reproduction. Le pic cendré, quant à lui, utilise les boisements environnants pour sa nidification. Le marais constitue également une halte pour les oiseaux migrateurs et joue un rôle incontestable de refuge pour le gibier d'eau en hiver.

Les ruisseaux et suintements sont favorables à la présence de nombreuses libellules, dont l'agrion de Mercure, demoiselle d'intérêt européen, protégée en France, qui affectionne les eaux courantes végétalisées et bien ensoleillées.

Par ailleurs, le site héberge une population de murin de Daubenton, chauve-souris inféodée au milieu aquatique et dont la présence rehausse la valeur faunistique exceptionnelle de ce marais. (DREAL BFC Fiche ZNIEFF).

5. Hydrologie

5.1. Matériel et méthode

L'objectif est de caractériser l'hydrologie du ruisseau durant la période de suivi, afin d'estimer ses débits caractéristiques : QMNA5, débit médian, module, Crue annuelle, biennale.... La connaissance des débits est importante pour dimensionner le projet d'aménagement et étudier son impact hydraulique.

Les campagnes de prélèvements (physico-chimie, biologie) sont également rattachées à une situation hydrologique donnée au jour de l'analyse.

Sonde de suivi de niveau d'eau et baromètre associé

→ Sondes Solinst Levellogger Model 3001 et Barologger Model 3001.

La sonde Levellogger immergée mesure la pression totale qui s'exerce sur son point zéro. Cette pression totale se compose de la pression liée à la colonne d'eau présente au-dessus de la sonde et de la pression atmosphérique s'exerçant sur l'eau. Pour compenser les fluctuations de pression atmosphérique et obtenir la hauteur d'eau mesurée réelle, un Barologger est nécessaire. Ainsi :

Mesure du Levellogger – Mesure du Barologger = Hauteur de la colonne d'eau

Les sondes sont paramétrées pour prendre des mesures toutes les heures. La mesure de hauteur d'eau s'accompagne aussi d'un enregistrement de la température.

La sonde est sur la portion aval de notre zone d'étude. (L93 : X 925895 Y 6724601).

Des campagnes de jaugeage sont réalisés dans différents contextes hydrologiques, avec un courantomètre électromagnétique (Modèle FLUVIA). Les débits jaugés sont corrélés aux hauteurs d'eau enregistrées, pour obtenir dans un premier temps une courbe de tarage et dans un second temps une chronique de débit.

Les débits calculés du ruisseau de Raze au niveau de la sonde sont confrontés à la chronique des débits mesurés sur la station Romaine à Maizière (U062 0530), les plus proches de notre secteur d'étude, avec les données du site Hydroportail.

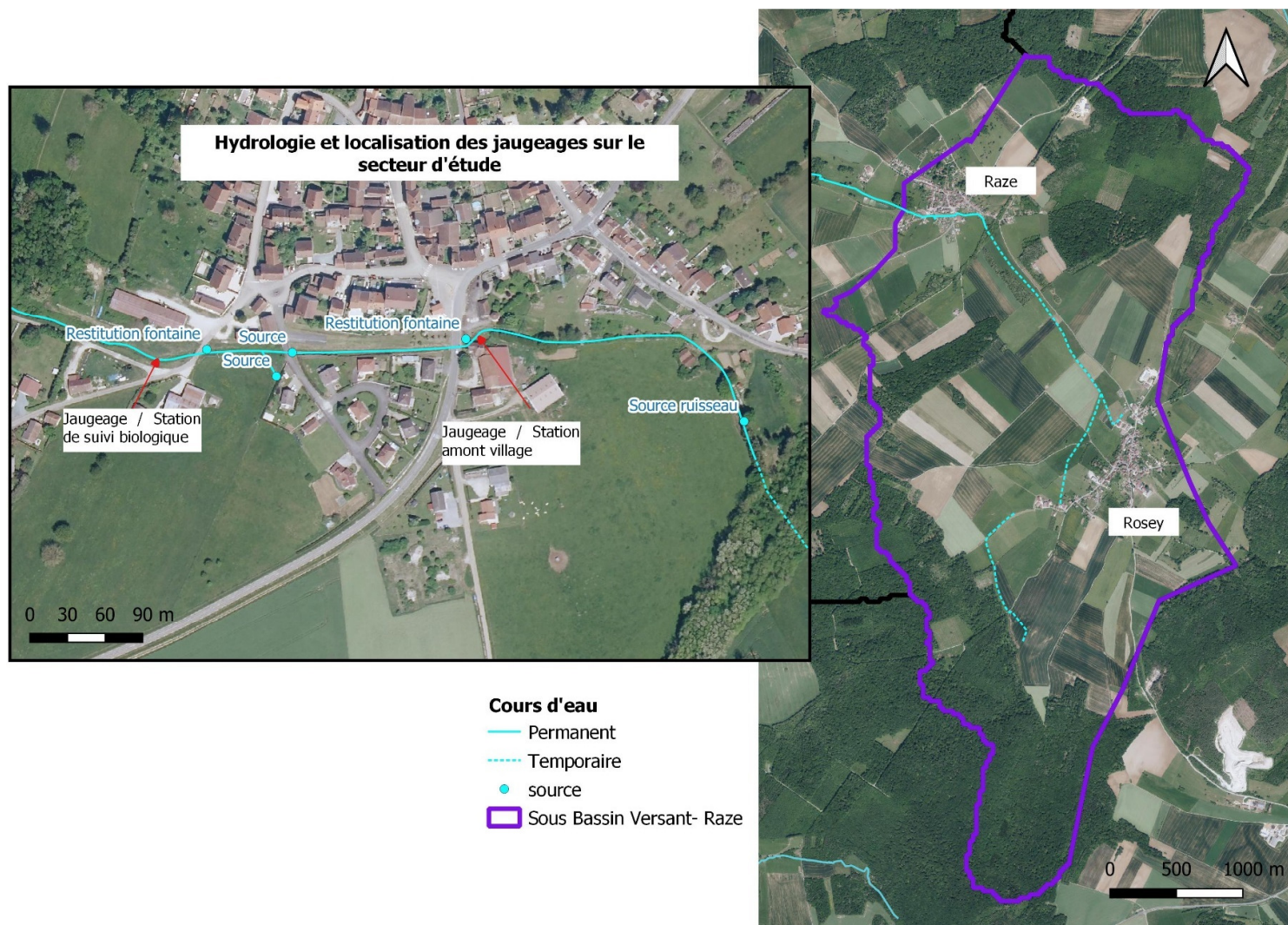


Figure 8 : Hydrologie, carte des écoulements ruisseau de Raze

5.1. Résultats

La partie supérieure du ruisseau de Raze est temporaire (2.4 km). La source permanente du ruisseau est localisée juste en amont du village de Raze

Tableau 3 : Résultat des jaugeages – ruisseau de Raze

Date	Heure	Station	Débit ruisseau l/s	Objet campagne	Situation Hydro ruisseau	Débit Romaine m3/s	Situation Romaine
18/09/2023	15h30	st suivi bio	4.8	chimie étiage	étiage	0.084	étiage sévère
10/10/2023	13h	st suivi bio	1.8	Carhyce topo	étiage	0.056	étiage sévère
15/11/2023	12h30	<i>amont village</i>	67	chimie hte eau	eau moy	6.5	Crue Biennale
30/11/2023	16h30	st suivi bio	108	chimie eau moy	eau moy	1.65	2.2 x module
13/12/2023	13h45	st suivi bio	107	jaugeage	eau moy	5.24	QMJ Q1
21/02/2024	10h	st suivi bio	101	jaugeage	eau moy	0.86	module
21/02/2024	9h45	<i>amont village</i>	54	jaugeage	eau moy	0.86	<i>module</i>
07/03/2024	14h20	st suivi bio	70	jaugeage	eau moy	0.698	module
07/03/2024	14h45	<i>amont village</i>	46	jaugeage	eau moy	0.698	<i>module</i>
18/03/2024	15h40	st suivi bio	111	Chimie eau moy	eau moy	2.04	2.8 x module
18/03/2024	16h00	<i>amont village</i>	69	Chimie eau moy	eau moy	2.04	2.8 x module

Nous soulignons que le ruisseau dans la traversée du village ne rencontre pas d'à sec (communication Maire et Riverains). Le ruisseau bénéficie d'apport d'eau dans le village (sources rive gauche et exutoires des fontaines rive droite). Sur une situation d'eau moyenne de fin d'hiver, ces apports cumulés sont assez significatifs : 24 l/s le 7/03 et 47 l/s le 21/02.

Les jaugeages donnent un **minimum de 1.8 l/s** (étiage marqué d'octobre 2023) et un **maximum de 111 l/s** (au 18/03/2024).

Nos premières observations indiquent que la réponse aux pluies entre le Bassin Versant du ruisseau de Raze et celui de la Romaine est différente. En effet, dans le cas des observations du 15/11 ou du 13/12, les évènements pluvieux ont entraîné des crues significatives sur la Romaine alors que le ruisseau de Raze ne manifeste pas de crue apparente.

Le bassin a un réseau hydrogéologique complexe. L'alimentation en eau du ruisseau n'est sans doute pas uniquement dépendante de la pluviométrie mais également des niveaux de charge du réseau souterrain amont. Il est possible que les débits de Raze soient « tamponnés » avec une restitution d'eau en étiage permanente mais des débits de crue

limités. Il est possible également que les crues de la Romaine et celles du ruisseau de Raze soient décalées dans le temps.

(Hypothèse à étudier avec l'enregistrement des niveaux d'eau de la sonde).

Le dépouillement des enregistrements de niveau d'eau et une première approche des débits caractéristiques du ruisseau sera réalisé pour la construction de l'APS. Il reste intéressant d'acquérir des données sur un cycle annuel complet (ou plus) pour être davantage représentatif de toutes les saisons et extrêmes hydrologiques.

6. Etat hydromorphologique

6.1. Historique, Recherche des anciens linéaires

La recherche des linéaires anciens est basée sur l'analyse des documents cartographiques, en particulier, la carte d'Etat Major (1839), le cadastre Napoléonien (1879), la carte IGN des années 1950 et les photographies aériennes historiques dès 1950. Bien qu'anciennes et relativement précises, ces cartes n'apportent pas l'intégralité des informations attendues sur le caractère naturel ou anthropisé des tronçons de cours d'eau. Des travaux ou déplacements plus anciens, associés à des essartages par exemples ne peuvent qu'être supposés ou déduits sur la base de la topographie générale des thalwegs.

6.1.1. Carte de Cassini (1757)

La carte de Cassini est la première carte de base réalisée sur l'ensemble de la France. Pour les petits ruisseaux et les zones de montagnes, la précision de la carte est faible.



Figure 9 - Carte de Cassini des environs de Raze (1757)

Toutefois elle permet ici d'identifier la présence d'un petit étang à l'amont du village, au niveau de la zone de source actuelle du ruisseau. L'étang de Vy-le-Ferroux à l'aval, n'existe pas encore.

6.1.2. Carte d'Etat Major (1839)

La carte d'Etat Major a été réalisée au XIX^{ème} siècle (entre 1820 et 1866). Sa vocation militaire visait à bien connaître le terrain notamment les routes et les rivières.

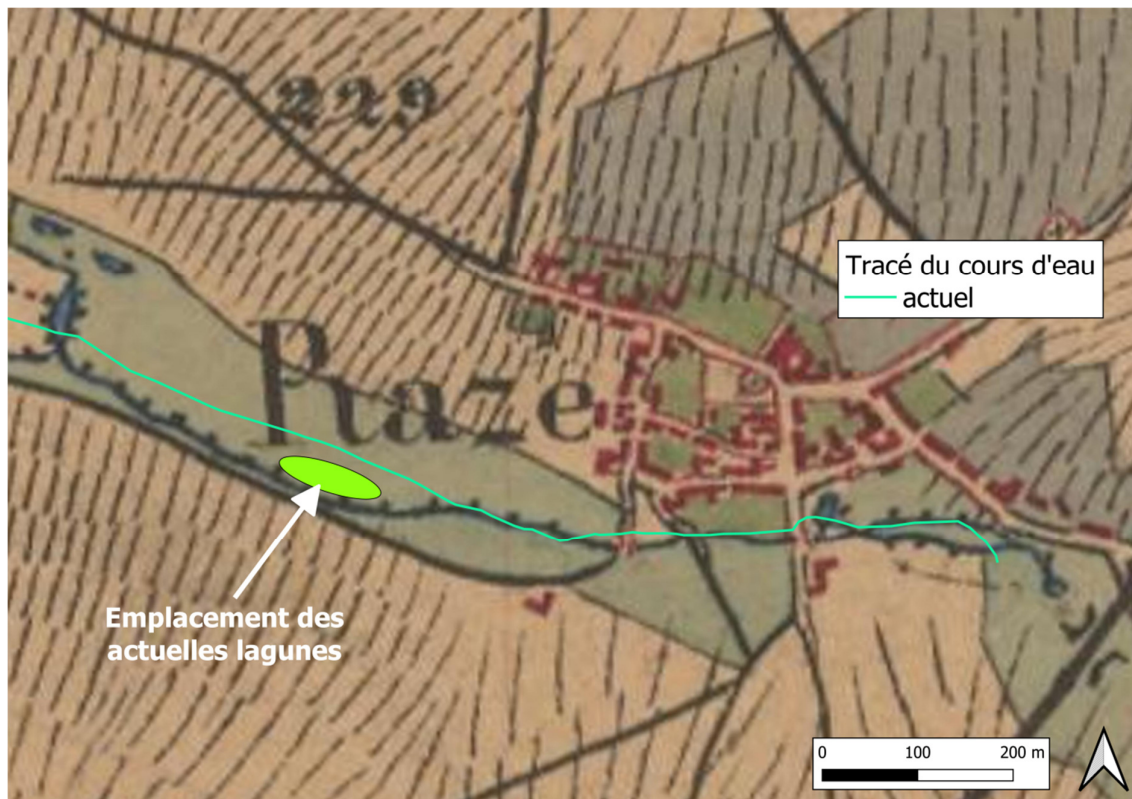


Figure 10 - Carte de l'Etat Major du village de Raze (1839)

Le petit étang en amont du village apparaît sur ce fond de carte également. Cette carte permet d'observer que le lit du ruisseau circulait à cette époque, au sud des lagunes actuelles, contrairement à aujourd'hui.

A titre informatif, l'étang de Vy-le-Ferroux plus à l'aval apparaît sur cette carte d'Etat Major.

6.1.3. Atlas cantonal (1858)

L'atlas cantonal du préfet Dieu, est un document du XIX^{ème} siècle assez précis pour les villages et les voies de communication de la Haute Saône. Il propose de nombreux détails relatifs aux richesses industrielles et archéologiques.

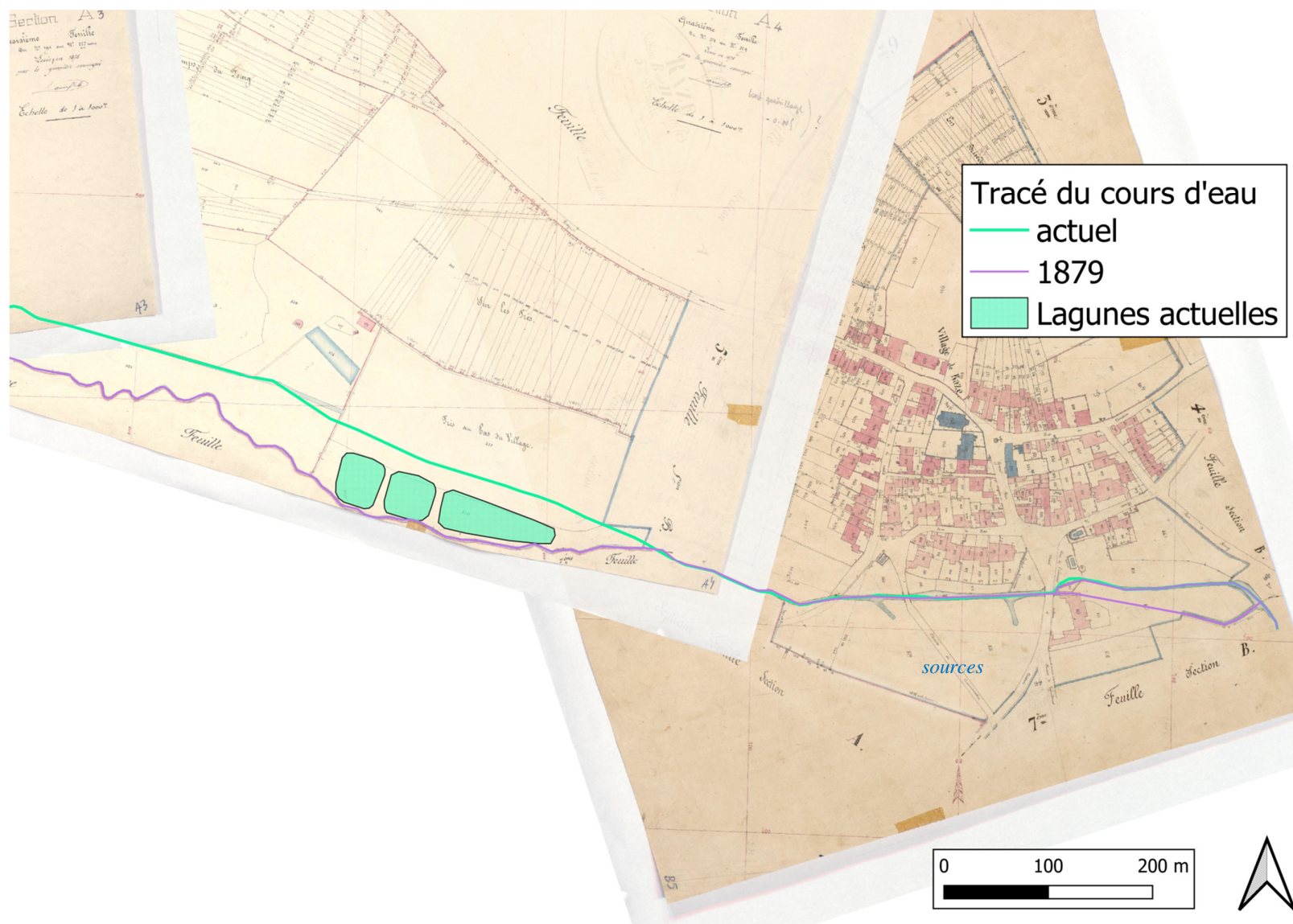


Figure 11 - Extrait de l'Atlas Cantonnale de 1858

Le tracé ancien du ruisseau demeure en 1858 au sud des actuelles lagunes, le long du chemin. En aval de ces lagunes, se tenaient des patouilletts (outils pour le lavage des minerais). A l'amont, le petit étang ne semble plus apparaître sur le fond de carte. Au niveau de la source du ruisseau, il est mentionné « Fontaine de Saint-Christophe », qui fut sans doute le nom donné à la source du ruisseau.

6.1.4. Cadastre Napoléonien (1879)

Les planches du cadastre napoléonien sont accessibles sur le site des archives départementales. Les feuilles sont sélectionnées par communes et sont calées dans le logiciel QGIS. Les extraits intéressants sont présentés ci-dessous.



1879 : 2 bras dont 1
partiellement couvert

Figure 12 - Cadastre Napoléonien du village de Raze (1879)

Sur les extraits du cadastre Napoléonien, plus précis sur les cours d'eau que les cartes précédentes, on peut observer qu'à l'aval du village le lit se localisait toujours au sud des lagunes actuelles, et présentait un caractère sinueux dans cette zone de prairie.

La traversée du village, était similaire à la traversée actuelle. On note l'arrivée de 2 sources en rive gauche sur le cadastre ancien. La source plus aval, est encore présente et visible en eau actuellement. Des habitations se situent aujourd'hui sur l'emprise de la source amont.

A l'amont du village, un deuxième bras est visible sur le cadastre, bras gauche partiellement couvert dénommé « canal » sur le plan Napoléonien. Il s'agit du bras aujourd'hui asséché, alimentant à l'époque le moulin face au lavoir.

6.1.5. Carte IGN historique (1950)



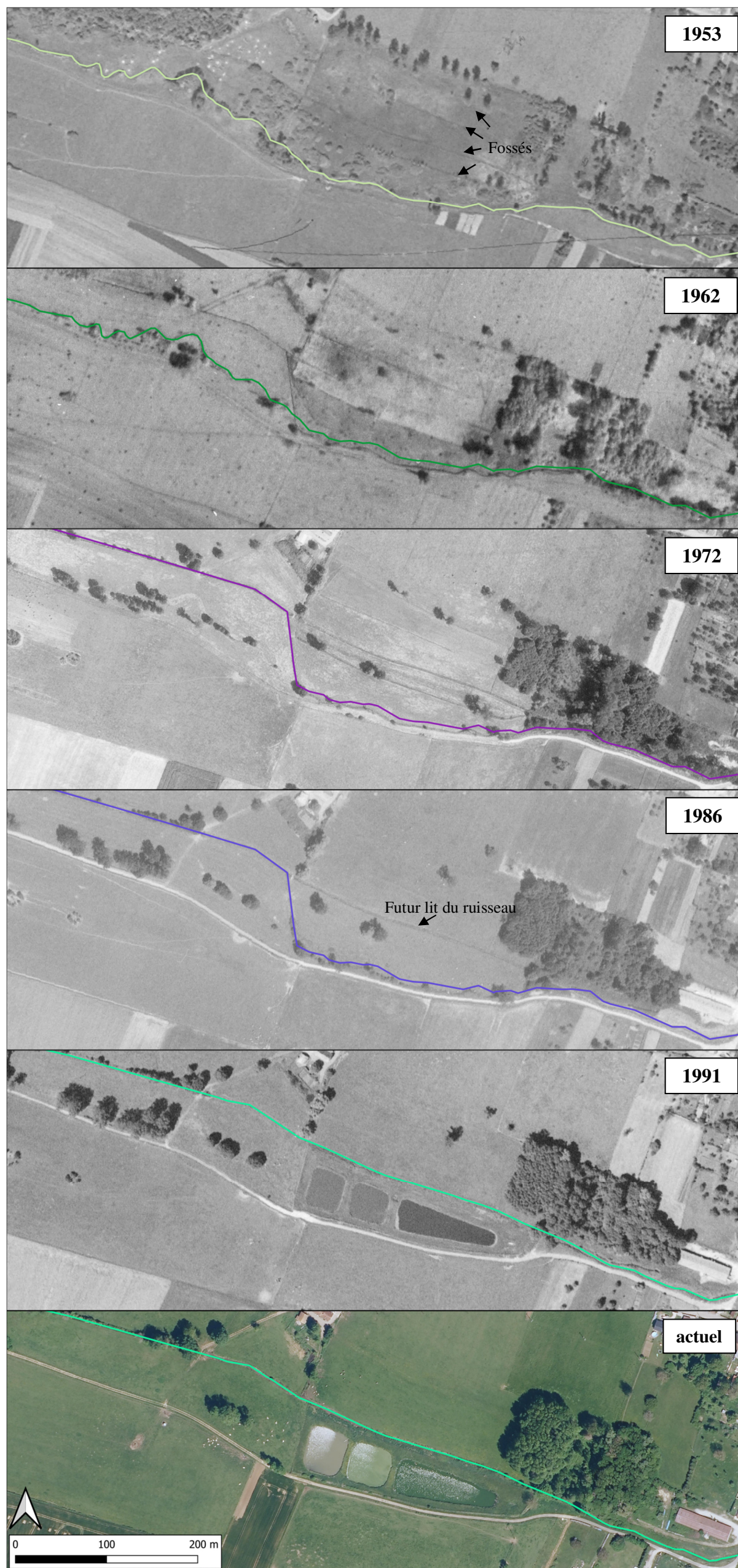
Figure 13 - Comparaison des cartes IGN 1950 (en haut) et actuelle (en bas)

En 1950, à l'aval le cours d'eau gardait toujours son lit au sud des lagunes actuelles, comme vu précédemment. La traversée du village est identique à l'actuelle. A l'amont, le bras du moulin n'est plus en eau.

6.1.6. Photographies aériennes anciennes

Le lit du ruisseau dans la traversée de la commune de Raze, (emprise de l'étude proprement dite), reste inchangé depuis environ 2 siècles.

Les vues aériennes anciennes permettent d'observer des modifications dans le tracé du ruisseau, en aval immédiat de ce tronçon (dans le secteur des lagunes). A titre informatif, ces photographies aériennes sont présentées et discutées.



Dans les années 1950 et début des années 1960, le tracé du cours d'eau à l'aval du village est stable par rapport aux cartes plus anciennes. Il présente une petite sinuosité dans des zones de champs. Ce qui constitue à l'heure actuelle le lit du ruisseau à cet endroit, semblait à cette époque faire partie d'un réseau de fossés/drains dans une parcelle agricole, dirigeant les eaux vers la zone plus humide en aval.

Au début des années 1970, un changement net de tracé s'opère : le tronçon le plus sinueux en aval est coupé, asséché, et le cours d'eau emprunte alors un fossé adjacent bien visible déjà sur la photographie de 1962. Sur la vue aérienne de 1986, ce tracé est le même et on observe bien le fossé rectiligne qui deviendra quelques années plus tard le lit du ruisseau au nord des futures lagunes.

Sur la vue aérienne de 1991, le cours d'eau occupe le linéaire qu'on peut observer actuellement, empruntant un lit totalement rectiligne suite à la construction des lagunes. L'ancien lit au sud de celles-ci, existe encore mais semble partiellement comblé et doit se mettre en eau uniquement en période de crue du ruisseau.

Figure 14 - Evolution temporelle du tracé du ruisseau au niveau des lagunes

6.1.7. Synthèse des tracés historiques

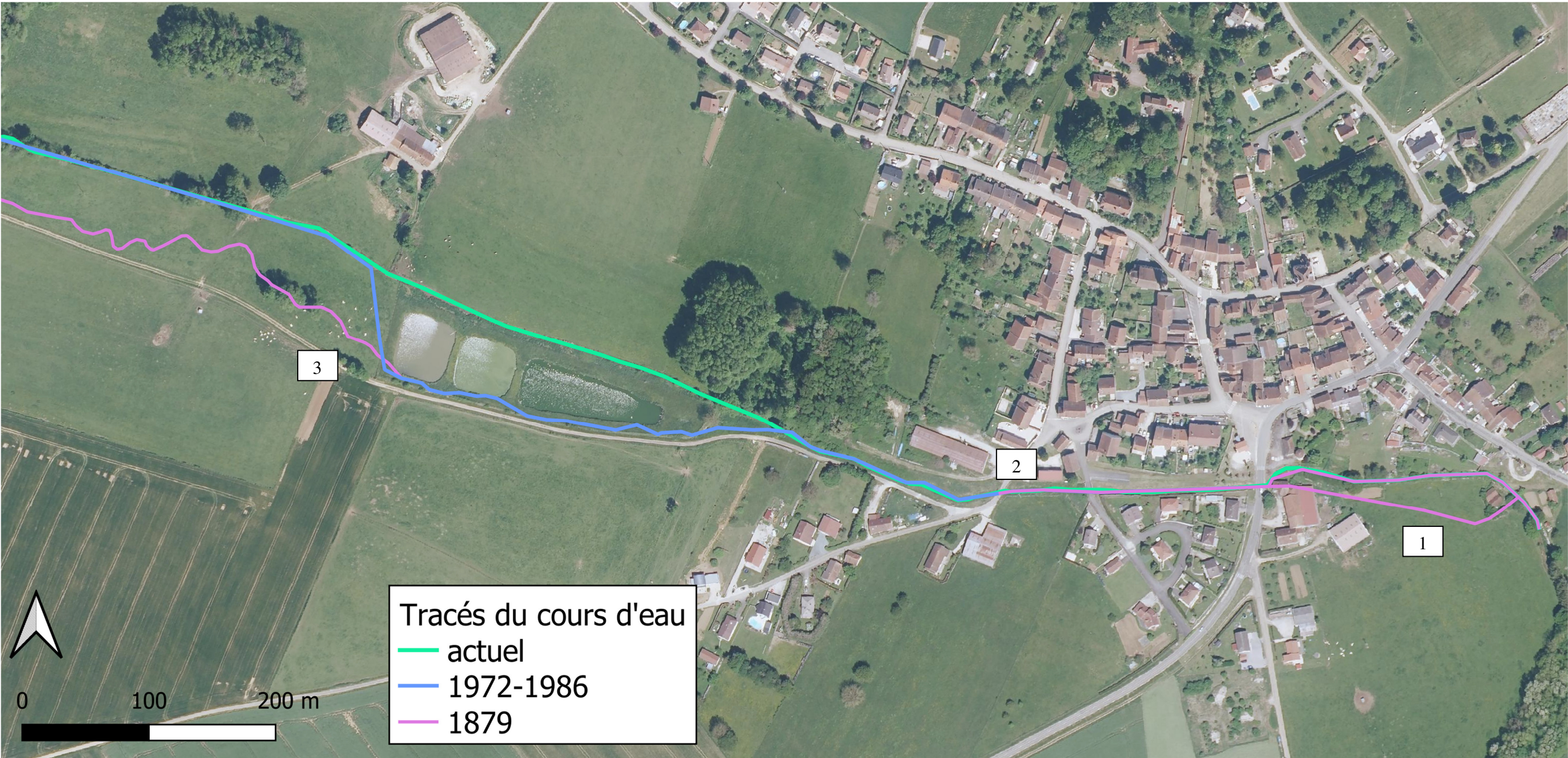


Figure 15 - Synthèse des tracés historiques du ruisseau dans la traversée de Raze

Puce [3] – Le linéaire en aval du village a subi plusieurs modifications au cours du temps. D’abord plutôt sinueuse, une partie a été déplacée et rectifiée en aval de la parcelle avec les actuelles lagunes (années 1970). Fin des années 1980-début 1990, la construction des lagunes s’opèrent et le lit est totalement déplacé dans un fossé rectiligne, effaçant toute sinuosité au ruisseau.

Puce [2] – La traversée du village paraît inchangée depuis les premières cartographies (1839), d’un linéaire rectiligne. Une afférence en rive gauche, visible en 1879, a disparu et laisse aujourd’hui place à un lotissement d’habitations

Puce [1] – La partie amont se composait d’un étang jusqu’à la première moitié du 19^e siècle. Cet étang disparaît pour laisser place à 2 bras (1879), l’un alimentant un moulin, disparaissant des cartes de 1950.

6.2. Profils en long

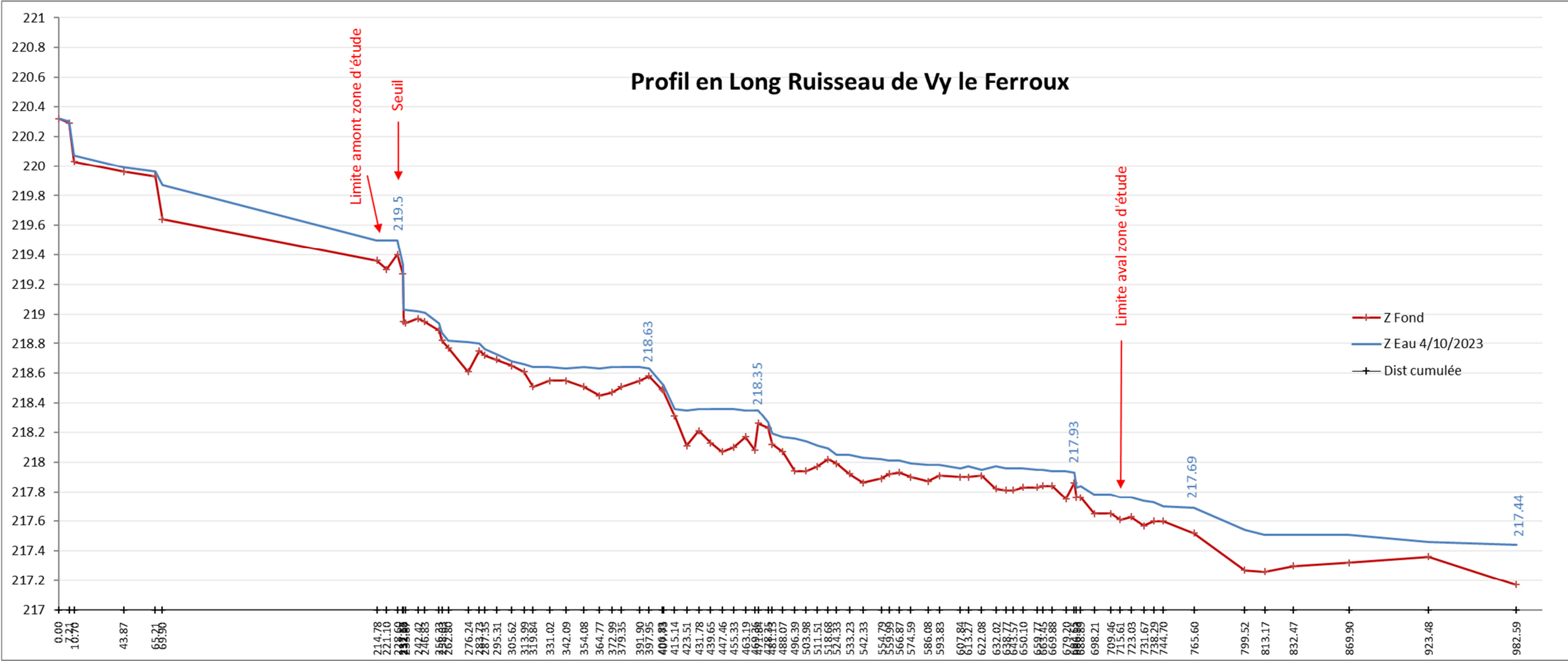


Figure 16 : Profil en long du ruisseau depuis sa source permanente (base levé topographique du 4 au 10 octobre 2023)

Le profil en long de la zone d'étude est marqué par un petit seuil à l'amont du village avec une chute d'eau (condition étiage) de 30 cm. Le dénivelé total de la ligne d'eau entre les deux bornes amont/aval du secteur d'étude est de 1.74m. Le linéaire du tronçon est 500 m. La pente est de 3.4 pour mille sur tout le tronçon d'étude (en incluant le seuil) mais seulement 2.6 pour mille en débutant à l'aval du seuil.

6.3. Description physique par tronçons homogènes

6.3.1. La Méthode Tronçon

Les reconnaissances ont été effectuées à pied, en condition de basses eaux le 28/06/2023, sur un linéaire total de 500m dans la traversée du village.

► Principes et intérêts de la méthode

Le diagnostic de l'habitat aquatique a été réalisé en suivant l'approche standard mise au point par la DR5 du CSP puis finalisée par TELEOS. Elle s'inspire de méthodes conçues précédemment (MALAVOI et al. 1989) en associant à ces démarches descriptives, une évaluation de l'attractivité de l'habitat pour la faune piscicole.

La mise en œuvre de cette méthode commence par la sectorisation du cours d'eau qui est découpé en tronçons. Puis la capacité biogène de chacune de ces unités est caractérisée par la description de quatre composantes fondamentales de la qualité physique : l'hétérogénéité du lit d'étiage, son attractivité, sa stabilité et sa connectivité avec les autres compartiments du corridor fluvial. Enfin, les éléments favorables et défavorables recensés sont quantifiés et des scores synthétiques peuvent être calculés.

► Sectorisation du cours d'eau

Dans un premier temps, on procède à une sectorisation du cours d'eau qui est découpé en tronçons (secteurs de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres). Ces derniers sont homogènes d'un point de vue de la pente, des débits, de l'occupation des sols, de la qualité des habitats piscicoles (qualité des substrats, diversité des vitesses et hauteurs d'eau) en termes d'état dynamique (érosion, sédimentation) ainsi que de pression anthropique.

► Diagnostic des tronçons

Chaque tronçon fait l'objet d'une description standard fondée sur des mesures de terrain opérées à l'aide d'une grille normalisée. Dans ce cadre, l'hétérogénéité et l'attractivité biogène sont appréhendées à partir de descripteurs et de métriques divers, dont le linéaire de chaque faciès d'écoulement, la quantité des différents abris et caches rencontrés, la largeur du lit mineur et de la lame d'eau, les profondeurs minimales et maximales rencontrées, la présence d'affluents....

Parallèlement, l'appréciation de l'état dynamique est réalisée par la même approche à l'aide de plusieurs descripteurs, dont le nombre de seuils d'érosion régressive, le linéaire de berges stables et instables, la hauteur d'incision, le type de substratum...

Les relevés de terrain doivent être réalisés en étiage, période durant laquelle la visibilité du fond et des substrats est la meilleure, où la végétation aquatique est bien développée et où les conditions limitantes apparaissent au mieux. Les données récoltées sur le terrain sont intégrées dans le calcul de scores et de notes destinées à faciliter leur interprétation. Pour chaque tronçon, les quatre composantes fondamentales de qualité physique sont appréciées par :

- **Le score d'hétérogénéité** qui sanctionne le degré de variété des formes, des substrats/supports, des vitesses de courant et des hauteurs d'eau du lit d'étiage ; plus ce score est élevé, plus les ressources physiques sont diversifiées.

- **Le score d'attractivité** qui intègre la qualité des substrats (= intérêt global des substrats/supports pour les poissons), la qualité et la quantité de caches et des abris.

- **Le score de connectivité** qui caractérise la fonctionnalité de la zone inondable ainsi que la fréquence des contacts entre la rivière et les interfaces emboîtées que constituent la ripisylve et le lit moyen ; il apprécie également le degré de compartimentage longitudinal par les barrages et les seuils, ainsi que les possibilités de circulation des poissons migrateurs ou « sédentaires ».

- **Le score de stabilité** des berges et du lit qui traduit l'importance des érosions régressives (fréquence des seuils), progressive et latérale (proportion de méandres instables), de l'état des berges (degré d'incision), de l'incision...

Evidemment, les quatre composantes ne sont pas indépendantes : elles interfèrent largement les unes sur les autres, sans toutefois être redondantes. En outre, les trois premiers scores sont relatifs, et doivent être comparés avec ceux qui sont obtenus sur l'ensemble des tronçons.

Chaque composante est définie par cinq classes de A à E ; la classe supérieure –A répond en fait à une situation conforme pour le paramètre étudié et ne correspond pas nécessairement à une condition optimale (Tableau 1).

Les limites des classes sont les suivantes :

Tableau 4: Limites de classes de qualité pour les composantes de la qualité physique

Hétérogénéité	Attractivité	Connectivité	Stabilité	Qualité Physique (QP) = (H + A) x C x K sur 30 600
H sur 111	A sur 90	C sur 130	S. de - 60 à + 40	
A > 50	A > 45	A > 65	Sédimentation > +10	A > 6 500
B 40 - 50	B 34 - 45	B 49 - 65	Équilibre -10 / +10	B 3 500 - 6 500
C 28 - 40	C 23 - 34	C 33 - 49	Érosion -25 / -10	C 1 500 - 3 500
D 14 - 28	D 11 - 23	D 16 - 33	Forte érosion -60 / -25	D 400 - 1 500
E < 14	E < 11	E < 16	S détermine le coef. de stabilité, dont la valeur dépend de l'hétérog.	E < 400

Valeurs prises par le coefficient de stabilité K en fonction de l'Hétérogénéité du tronçon				
Si la valeur du score de stabilité S est	-60 < S < -26	-25 < S < -11	-10 < S < 9	10 < S < 40
Et si le milieu est hétérogène (H > 50)	K = 0,85	K = 1	K = 1,25	K = 0,75
Et si le milieu est homogène (H < 50)	K = 0,85	K = 1	K = 0,85	K = 0,75

Le calcul de la classe de qualité QP s'effectue comme suit :

$$QP = (H+A) \times C \times \text{coef. Stab}$$

Remarque : Les classes granulométriques décrites dans ce document, font référence à celles de l'échelle de Wentworth aussi utilisée dans le protocole CarHyce. .

6.3.2. Résultats de la méthode Tronçon

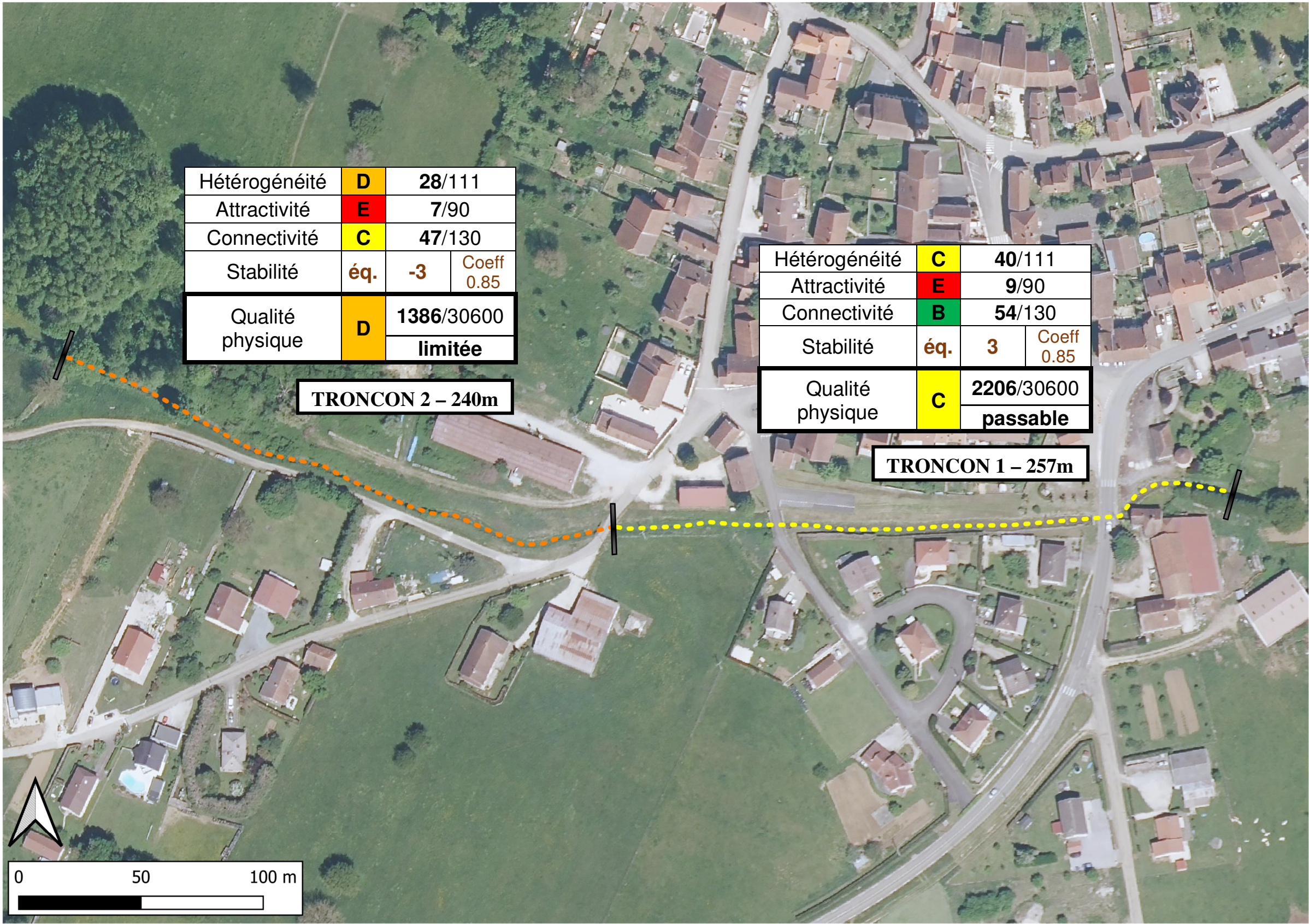


Figure 17 - Tronçons étudiés et qualité physique associée

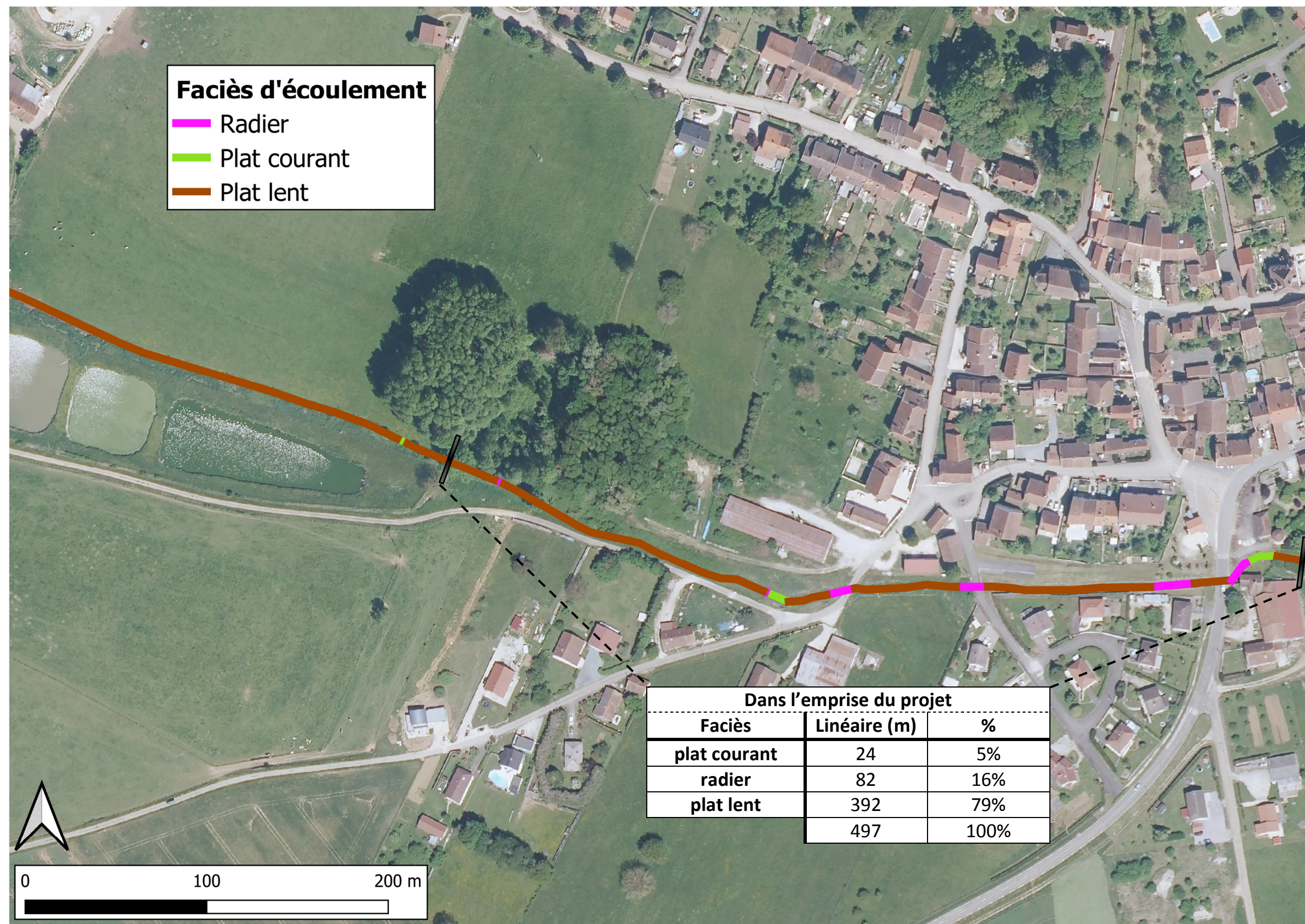


Figure 18 - Cartographie des faciès d'écoulement

Le ruisseau de Vy-le-Ferroux dans la traversée du village de Raze affiche une qualité hydromorphologique nettement dégradée. L'intégralité du linéaire souffre d'une surlageur du lit et d'une homogénéité des habitats avec une très faible attractivité pour le poisson. Les écoulements sont peu diversifiés ; le faciès plat lent domine largement avec près de 80% du linéaire et les profondeurs sont très homogènes.

Tronçon 1



Figure 19 – Amont du tronçon 1 avec présence d'un seuil

Le tronçon 1 s'étend de 15m en amont du seuil au niveau de l'ancien moulin, jusqu'au pont de la rue de Chaillot (l'amont de la station d'étude hydrobiologique au niveau de la scierie).

Ce tronçon est assez courant dans sa partie amont, la plus pentue, avec des graviers, galets et sables comme substrats. Le seuil en pierre à l'amont est infranchissable à l'étiage, avec une chute de 30cm et l'absence de fosse d'appel. Dans les parties lentiques, les hélophytes occupent les rives et les limons dominent les fonds, avec par endroits d'importantes épaisseurs de vases. Le lit est en surlageur à l'étiage et celle-ci est homogène sur le linéaire.

Les berges moyennement hautes (1m) avec une frange herbacée en contact avec l'eau lui permettent d'obtenir une connectivité jugée moyenne en classe B. Toutefois, la ripisylve est absente et l'ombrage quasi-inexistant. Le potentiel de caches piscicoles est minime avec les hélophytes. L'attractivité globale pour le poisson, est très limitée en classe E.



Figure 20 - Parties intermédiaire (à gauche) et aval (à droite) du tronçon 1

Tronçon 2



Figure 21 - Amont du tronçon 2

Le tronçon 2 correspond au linéaire entre le pont de la rue de Chaillot proche de la scierie et la limite amont de parcelle des lagunes, pour un total de 240m.

Outre les parties courantes au niveau de la scierie, ce tronçon est dominé par le faciès plat lent. Des pierres fines sont localisées au niveau des radiers, sinon les limons et la vase recouvrent la majeure partie des fonds. Les hélophytes occupent les rives notamment sur la moitié amont du tronçon.

Les berges sont en moyenne beaucoup plus hautes sur ce tronçon (près de 2m). La ripisylve est peu présente et peu connective. Les scores d'hétérogénéité et de connectivité diminuent et perdent chacun une classe de qualité par rapport au tronçon 1.

Le potentiel de caches piscicoles est minime avec les hélophytes et les substrats sont globalement très peu biogènes ; l'attractivité est mauvaise en classe E.



Figure 22 - Secteur aval du tronçon 2

6.4. Caractérisation de l'Hydomorphologie du Cours d'Eau (CarHyCE)

6.4.1. Le protocole CARHYCE

CARHYCE est un protocole national standardisé de recueil de données hydromorphologiques, à l'échelle de la station, pour les cours d'eau prospectable à pied. (BAUDOIN & al 2017). Son application répétée sur un site permet d'apprécier l'évolution de sa qualité physique (suivi de programme de restauration, d'impact de travaux, réseaux de surveillance DCE, etc...).

Dans cette étude, le protocole est réalisé sur une station du ruisseau de Vy le Ferroux. Les mesures ont été effectuées le 6/10/2023.

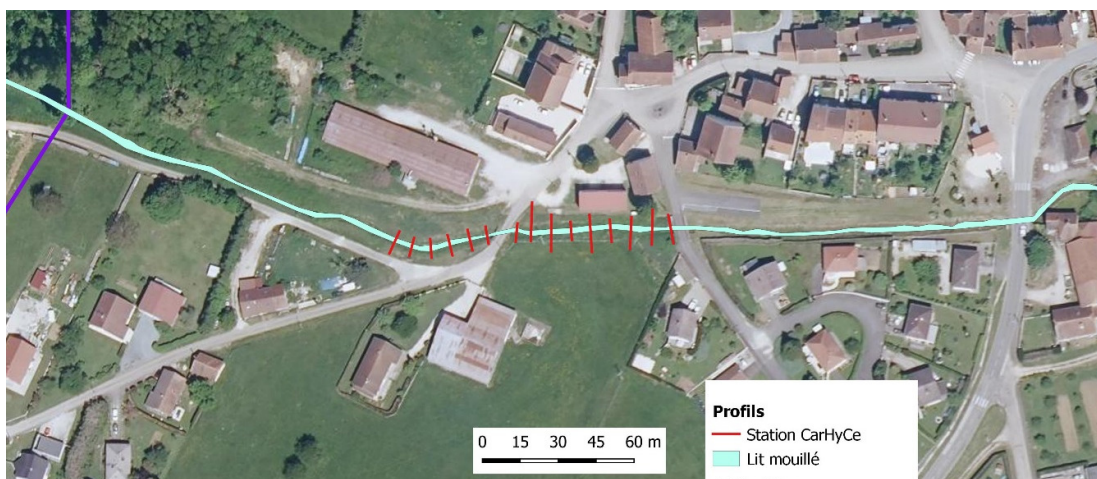


Figure 23 : Localisation station et profils Carhyce

Tableau 5 : Coordonnées des limites de stations CarHyce L93

	X	Y
amont	926156.7	6724544.3
aval	926047.7	6724539.5

6.4.1.1. Implantation des stations de mesure

La station CARHYCE, tout comme les stations d'étude biologique, doit être représentative du tronçon hydro-morphologique dans lequel elle se situe, en termes de caractéristiques géométriques, de faciès d'écoulement ou d'altérations présentes.

En outre, toute station doit présenter une longueur suffisante pour représenter la morphologie et les processus dominants du tronçon. La longueur d'une station de mesure CARHYCE doit en conséquence être de l'ordre de 14 fois sa largeur à pleins bords, valeur qui doit en théorie permettre de décrire au moins deux séquences de faciès de type radier/mouille/plat.

Le préliminaire consiste à obtenir une largeur plein bord moyenne à partir de 3 mesures en évitant les zones de surlargeurs (privilégier les portions rectilignes et les points d'inflexion de méandre).

Il convient de placer le transect 1, à l'aval de la station, sur une tête de radier ou à défaut sur un faciès plat. Sur chaque station, 15 transects perpendiculaires à l'écoulement sont positionnés, avec un espacement d'une fois la largeur plein bord moyenne.

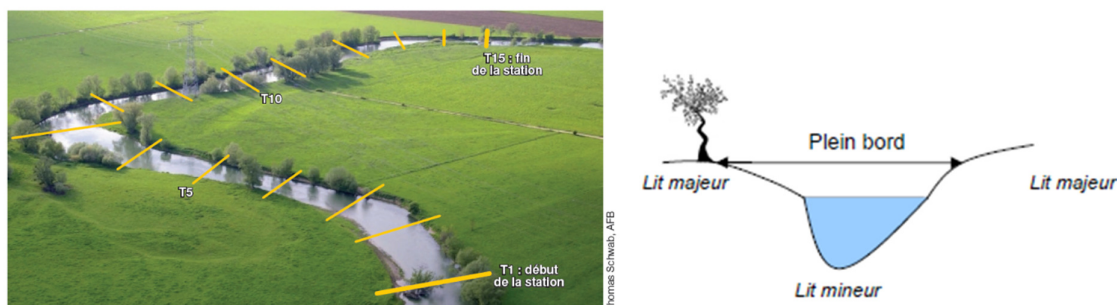


Figure 24 : Vue d'un positionnement des transects Carhyce et schéma d'un lit plein bord

6.4.1.2. Géométrie du lit

Sur chaque transect, des points de mesures sont levés tous les 1/7ème de la largeur mouillée moyenne estimée préalablement (lev-m), à partir du sommet de la berge la plus basse, afin d'obtenir, pour chaque transect, au moins 7 à 8 points dans l'eau. Pour les transects sur lesquels la partie exondée du lit de pleins bords sera importante, on aura un nombre de points élevé

Pour chacun des transects sont mesurés :

- La largeur du lit à « pleins bords » (l_{pb} en m), à l'aide d'un télémètre, ou décimètre tendu.
- Une hauteur à pleins bords (H_{pb} en m) par rapport à la ligne d'eau.
- La largeur du lit mouillé (l_m en m) avec un décimètre. Pour les rivières à chenaux multiples, on fera la somme des largeurs mouillées.
- Sur les points « en eau » seront mesurées les profondeurs (p en m) à l'aide d'une tige graduée et avec une précision centimétrique.
- Sur les points « hors d'eau », on évaluera les hauteurs (profondeurs négatives p en m) par rapport à l'horizontale de la ligne d'eau, à l'aide d'une mire et/ou d'un clinomètre.

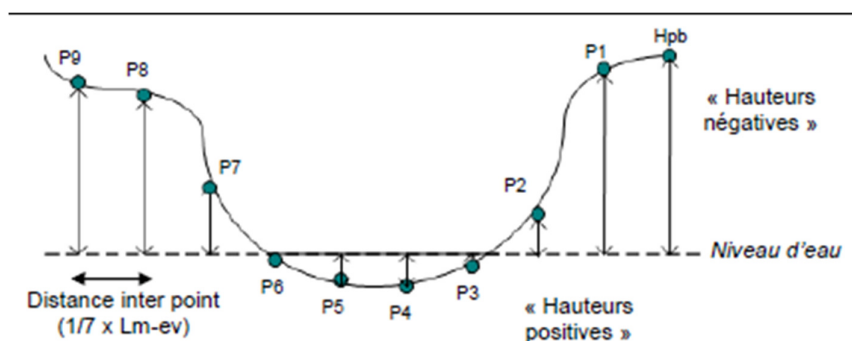


Figure 25 : Schéma des points de mesures sur un transect

On disposera ainsi pour chacun des transects d'un profil détaillé. Ces informations permettent de caractériser l'habitat aquatique au niveau du lit mouillé (géométrie du lit mouillé), mais permettent également d'obtenir des informations sur l'activité géodynamique du cours d'eau (géométrie du lit de plein bord).

Les données géométriques de « pleins bords » sont en effet des éléments de classification typologique, tant statique (ex : rapport largeur/profondeur) que dynamique (ex : débit de pleins bords, puissance spécifique).

Largeur et profondeur à pleins bords et rapport des deux

Le rapport de la largeur sur la profondeur moyenne à pleins bords est une caractéristique géométrique intéressante à plusieurs titres :

- D'un point de vue hydromorphologique, c'est un paramètre typologique indicateur de l'activité géodynamique d'un cours d'eau. Ainsi, les cours d'eau à dynamique plutôt active, caractérisés par des processus érosifs latéraux importants et des apports solides assez élevés, ont des rapports l/p plutôt forts (20 ou plus). Les rivières en tresses ont souvent des rapports l/p proches de ou supérieurs à 100.
- Le rapport l/p donne aussi des indications sur la cohésion des berges : plus celles-ci sont cohésives, plus les cours d'eau sont étroits et profonds et inversement, si les berges sont peu cohésives, les cours d'eau ont tendance à être plus larges et moins profonds.

Débit de pleins bords

Il est couramment admis que le débit de pleins bords d'un cours d'eau naturel en équilibre a une période de retour correspondant sensiblement à la crue journalière de fréquence 1.5 à 2.5 ans.

Le calcul, même sommaire, de ce débit au droit d'une station permet donc en théorie de détecter une éventuelle altération (ex : recalibrage) si sa période de retour dépasse largement Q2ans (ex : Q5, Q10).

Puissance spécifique de pleins bords

La puissance spécifique à pleins bords est un paramètre déterminant de la dynamique fluviale. Plus elle est élevée plus le cours d'eau a de capacité à éroder ses berges (si celles-ci ne sont pas cohésives) et à transporter ses alluvions. Couplée aux caractéristiques du substrat et à l'hydrologie, elle permet aussi de déterminer la fréquence de mise en mouvement des sédiments et donc la stabilité temporelle du substrat, élément important du fonctionnement écologique.

Le débit de plein bord est calculé par le modèle de Manning-Strickler. Ce débit ainsi que la largeur plein bord et la pente sont ensuite utilisés pour le calcul de puissance spécifique.

6.4.1.3. Pente de la ligne d'eau

La pente d'un cours d'eau est l'un des paramètres hydro-morphologiques majeurs. Elle permet d'exprimer, couplée au débit, une notion de puissance de l'écoulement (généralement calculée pour le plein bord).

C'est aussi un paramètre hydraulique essentiel pour la phase de « modélisation », notamment en tant que terme principal de l'équation de Manning-Strickler.

La pente moyenne de la ligne d'eau de la station est levée au moyen d'un niveau de chantier entre le premier et le dernier profil; elle est exprimée en m/m et en ‰.

6.4.1.4. Faciès d'écoulement

Ce sont des macro-descripteurs des habitats aquatiques. Leur type et leur hétérogénéité fournissent une aide pertinente à l'interprétation de la biologie. Ils peuvent aussi être indicateurs d'un certain niveau de dysfonctionnement hydro-morphologique.

Les faciès sont identifiés sur la base de la typologie Malavoi, Souchon 2002 ([ANNEXE 1](#)). Pour chaque transect, on détermine son appartenance à l'un des 11 types de faciès majeurs et secondaires, puis à l'un des 4 types de faciès simplifiés.

6.4.1.5. Granulométrie

- Sur les radiers

Les radiers sont les zones de dépôt de la fraction la plus grossière de la charge alluviale de fond en transit. La mesure de la granulométrie des radiers présente un double intérêt :

- Intérêt « typologique » : elle permet de classer un cours d'eau dans un type « granulométrique ». Cours d'eau à radiers à blocs, radiers à galets, radiers à sables etc.
- Intérêt en termes de connaissance des processus de mobilisation du substrat alluvial. Couplée à la puissance spécifique, elle permet de connaître la fréquence minimale de mise en mouvement des matériaux du lit, habitats importants des biocénoses aquatiques et siège de processus biogéochimiques. Les matériaux les plus grossiers indiquent « la compétence » du cours d'eau. Ils renseignent sur la force du ruisseau et sur la taille des matériaux que le ruisseau est capable de mettre en mouvement.

On s'intéresse ici à la taille du substrat dont la distribution est généralement décrite par la courbe granulométrique (fréquence cumulée) et par des paramètres caractéristiques comme le D50 (diamètre médian des particules), le D84 (décrivant la fraction grossière) et le D16 (décrivant la fraction fine). Plus la courbe est verticale (plus la différence entre le D84 et le D16 est faible), plus la distribution granulométrique est homogène.

Les mesures permettent d'évaluer la rugosité granulométrique du lit pour les calculs hydrauliques.

On prélèvera 100 éléments sur le radier le plus grossier de la station. On quadrille le radier avec 10 transects espacés régulièrement. Sur chaque traversée on prélève et mesure 10 entités granulométriques. La largeur du sédiment est mesurée avec une précision millimétrique (pied à coulisse recommandé).

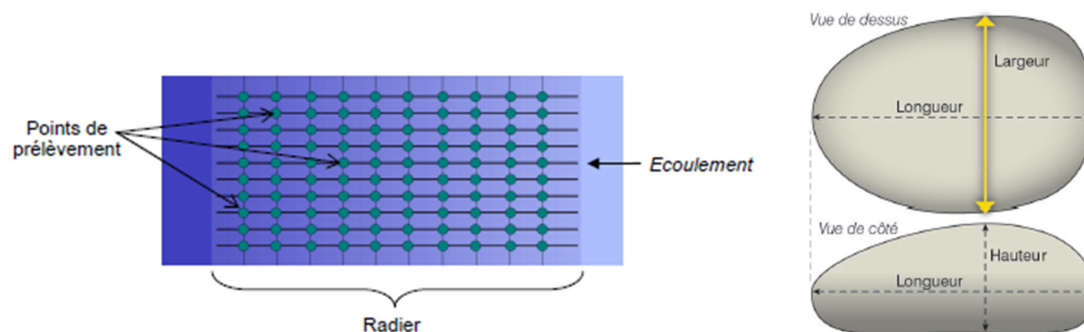


Figure 26 : Plan de quadrillage du radier pour mesure des tailles granulométriques – Axe granulométrique

- Sur les transects :

Les mesures granulométriques sur les transects permettent de répondre à plusieurs objectifs.

- Elles fournissent un élément complémentaire de typologie du cours d'eau
- L'indice de diversité granulométrique (nombre de classes présentes) donne une indication sur la complexité de la station (et éventuellement sur son degré d'altération)
- Elles donnent une indication « d'habitat »

Un élément du substrat sera recueilli au niveau de chaque point de transect, tant en lit mouillé que sur les points exondés. On relèvera l'élément en pointant avec une tige au droit du point de mesure des hauteurs, pour éviter le biais classique de choisir instinctivement le plus grossier.

Chaque élément minéral sera classé dans une catégorie de Wentworth modifiée (tableau ci-dessous). Les substrats additionnels pouvant présenter un intérêt pour la faune sont également répertoriés (exemple : sous-berge, végétaux aquatique, racine ...)

SUBSTRAT MINÉRAL	Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code
	Dalles (dont dalles d'argile)	>1024	D
	Rochers	>1024	R
	Blocs	256 - 1024	B
	Pierres grossières	128 - 256	PG
	Pierres fines	64 - 128	PF
	Cailloux grossiers	32 - 64	CG
	Cailloux fins	16 - 32	CF
	Graviers grossiers	8 - 16	GG
	Graviers fins	2 - 8	GF
	Sables	0,0625 - 2	S
	Limons	0,0039 - 0,0625	L
	Argiles	< 0,0039	A
	Vase	Sédiments fins (<0.1) avec débris organiques	V
	Terre végétale	points hors d'eau très végétalisés	TV

SUBSTRAT ADDITIONNEL	Chevelu racinaire	CR
	Végétation surplombante	VS
	Débris ligneux grossiers/ Embâcle	DL
	Végétation aquatique	VA
	Pool détritique	PD
	Concrétion calcaire	CC

Figure 27 : Code et définition des classes de substrats

6.4.1.6. Colmatage

Le sédiment formant le lit des cours d'eau constitue un habitat (le milieu interstitiel ou hyporhéos) particulièrement sensible aux pressions hydromorphologiques. Le colmatage désigne les dépôts de sédiments fins ou de matières organiques issus du développement des activités humaines, qui s'infiltreront dans les interstices du substrat (Vanek, 1997). Il entraîne une modification des habitats, de la structure et de la stabilité du substrat, ainsi que des échanges d'eau, de matières et d'oxygène entre la surface et l'hyporhéos, conduisant à l'apparition de processus anaérobies (Bou 1977, Brunke 1999). Ces modifications du fonctionnement physique, chimique et microbiologique des sédiments affectent la survie des macro-organismes. Il est donc fondamental de pouvoir apprécier cet impact hydromorphologique sur la qualité des sédiments des cours d'eau.

Il est possible d'appréhender l'intensité du colmatage du lit des cours d'eau en évaluant la profondeur d'oxygénation du substrat via le développement de bactéries sulfo-réductrices sur des supports en bois (Marmonier et al., 2004).

Cette méthode consiste à implanter dans les sédiments des substrats artificiels en bois pour une durée d'un mois. Au contact des zones désoxygénées, ces substrats artificiels changent de couleur, passant du brun jaunâtre au noir. Ce changement de couleur est lié aux activités microbiennes stimulées par le substrat carboné. La couleur noire est sans doute attribuable à un dépôt de sels de manganèse. Cette méthode offre donc une mesure intégrative et fonctionnelle des conditions d'oxygénation du milieu.

Les substrats artificiels sont des carrelets de bois clair (pin, sapin), de 8 x 8 mm et d'une longueur de 30 cm. On sélectionne deux radiers sur la station, et sur chacun d'eux sont implantés quatre carrelets grâce à une barre à mine. L'extrémité supérieure du piquet affleure au niveau du substrat.

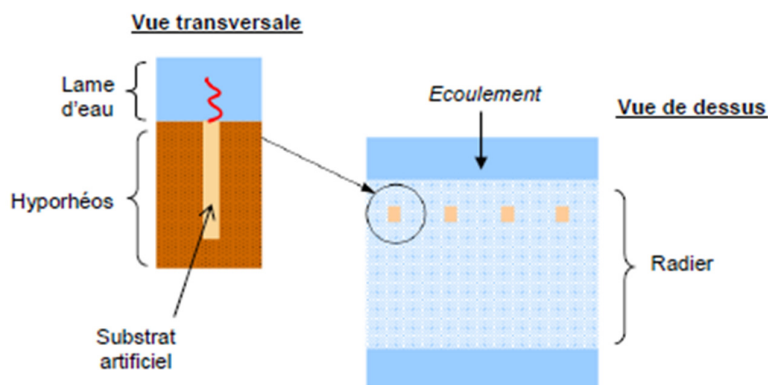


Figure 28 : Schéma de mise en place des bâtonnets

Lors de leur retrait après un mois, la longueur entre le sommet du piquet (partie affleurant avec l'eau) et la première zone de noircissement (même ponctuelle) d'une des 4 faces est mesurée en cm (précision millimétrique) avec un double-décimètre.

6.4.1.7. Berge

Sur chaque transect, les berges des deux rives (RD et RG) sont décrites en indiquant la nature des matériaux qui les constituent : matériaux naturels, technique végétale, enrochements, matériaux artificiels. En outre la présence de certains habitats caractéristiques est également notée : sous-berge, chevelus racinaires, végétation surplombante.

6.4.1.8. Ripisylve

Outre son rôle sur la chimie et la trophie des hydrosystèmes, la présence, la nature et la structure de la ripisylve influencent fortement la morphologie des cours d'eau et la structuration des habitats aquatiques. La ripisylve possède un rôle majeur sur la stabilité des berges, la rétention des sédiments fins originaires du bassin-versant, l'ombrage et la thermie des cours d'eau, ainsi que par l'apport de matière organique allochtone (bois mort, feuilles...)

Pour chaque transect et séparément pour chacune des rives (gauche et droite), la ripisylve est décrite en observant une bande d'1 lpb/2 mètre de large face à la berge

La description concerne la stratification (arbre, arbuste, herbacée...), le type de végétation (naturelle, exogène, plantée), l'épaisseur et la continuité le long de la berge.

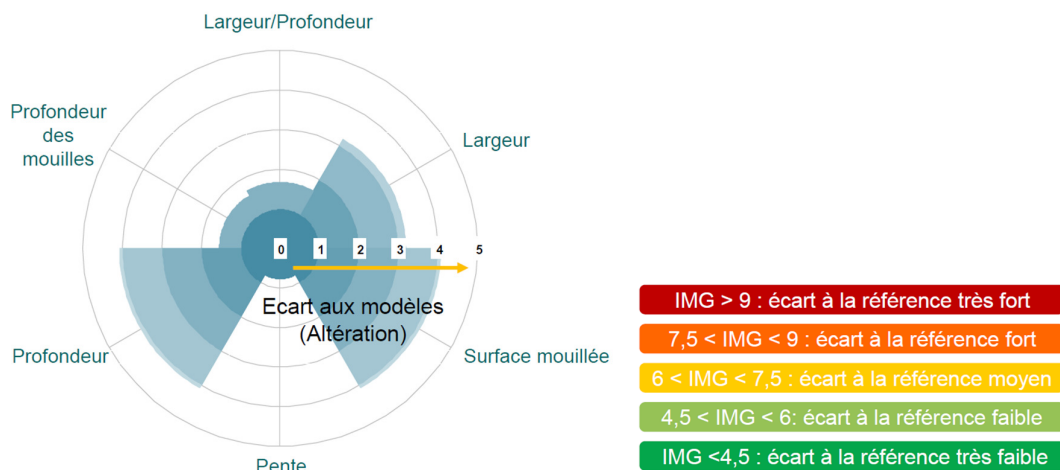
6.4.1.9. Mesure du débit

Le débit au droit de la station sera mesuré sur une section favorable avec la méthode d'exploration du champ des vitesses.

6.4.1.10. Interface d'Exploitation des Données CarHyce

Les données récoltées sont saisies dans l'interface en ligne
https://analytics.huma-num.fr/ied_carhyce/

Des résultats, sous formes de graphiques et calculs, permettent de décrire les différents compartiments morphologiques : Faciès, granulométrie, Dynamique hydraulique, Qualité de ripisylve et des berges... L'hydromorphologie de la station étudiée est comparée à un jeu de données hydromorphologiques de cours d'eau dit « référence » pour une hydro-écorégion. Les écarts au modèle permettent d'obtenir l'IMG : Indice Morphologique Global. L'IMG est donc un indicateur d'écart par rapport à une situation régionale (actuelle, sans altération majeure...).



Rq1 : La construction de l'IMG et ses indicateurs ainsi que la définition de ses classes de qualité sont encore en cours de travail. Il convient d'utiliser cet indice avec précaution. (com. LAMANT F., Formation CarHyce 2023).

Rq2 : Les calculs d'indices dans la base IED Carhyce sont mis à jour 2 fois par an. C'est-à-dire qu'un délai s'écoule entre le moment de la saisie des données sur la plateforme et la mise à disposition des graphiques et résultats d'indice.

6.4.2. Résultats CARHYCE sur la station

Les données ont été saisies dans l'interface Carhyce Web le 11/03/2024. La station est référencée avec le code station 06001793, le numéro de prélèvement 005 et le numéro d'opération 4772.

Dans ce chapitre sont présentés les résultats principaux obtenus sur la station, pour chacun des éléments du protocole CARHYCE.

6.4.2.1. Géométrie du lit

Les éléments issus de la réalisation des transects, mesures de débits et de pentes sont présentés ci-dessous.

Figure 30 : éléments de synthèse de la morphologie du lit – Ru de Vy le Ferroux à Raze (6/10/2023)

	Station CARHYCE Station Raze
débit mesuré lors des mesures de terrain (m³/sec)	0.002
longueur (m)	112
moyenne largeur plein bord (m)	8.4
moyenne de la hauteur d'eau plein bord (m)	1.36
moyennes des ratios largeur plein bord/hauteur plein bord	6.59
moyenne largeur mouillée (m)	1.9
moyenne de la hauteur d'eau mesurée des transects (m)	0.13
moyennes des ratios largeur mouillée/hauteur mesurée des transects	21
dénivelé ligne d'eau sur la station (m)	0.43
pente de la ligne d'eau (‰)	3.8
Rayon hydraulique moyen (Rh)	0.66
section plein bord moyenne (m²)	6.21
D50 de la granulométrie des radiers (mm)	21
V (vitesse plein bord estimée par formule de Manning Strickler (m/sec))	0.94
Q (débit estimé de plein bord par formule de Manning Strickler)(m³/sec)	5.8
Ω (puissance (watts/m)) à lit plein bord	211
ω (puissance spécifique (watts/m²)) à lit plein bord	26.2

Le débit instantané :

Le débit mesuré lors des opérations de terrain est de 2 L/sec, ce qui correspond à un débit d'étiage marqué.

La pente

Sur le linéaire de 112 m de la station CARHYCE, l'écart de ligne d'eau entre les transects 1 et 15 est de 43 cm, déterminant une pente de la ligne d'eau moyenne de 3,8 ‰.

La moitié amont du profil est dominé par un plat lent. Une rupture de pente s'observe en milieu de station avec sur la partie aval un radier et un plat courant.

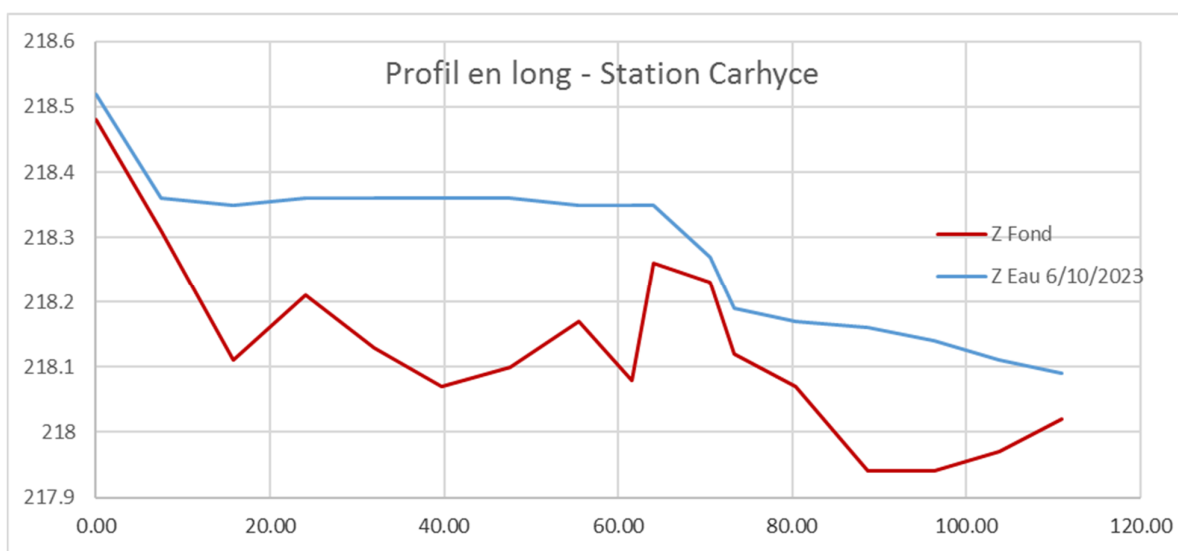


Figure 31 : Profil en long station Carhyce

Les profils en travers

Les profils en travers des 15 transects effectués sont présentés en **ANNEXE 2**. De manière synthétique, le profil en travers typique de chacune des stations peut être caractérisé par la moyenne des **rapports « largeur plein bord/hauteur plein bord »**.

D'après Boutet-Berry (2009) ce rapport moyen est un indicateur de l'activité géodynamique d'un cours d'eau (tableau ci après). Ce rapport renseigne également sur la cohésion des berges : plus les berges sont cohésives, plus le cours d'eau est étroit et profond.

Tableau 6 : Typologie des cours d'eau selon le ratio « largeur plein bord/hauteur plein bord » (Boutet-Berry, 2009)

Valeur du ratio	Type de cours d'eau
> à 20	Cours d'eau à dynamique active, processus érosifs latéraux importants et apports solides élevées.
> à 100	Cours d'eau en tresse
2 à 15	Petit cours d'eau de plaine

Ce ratio est faible 6.5

Dans un contexte naturel, cette valeur correspond aux petits cours d'eau de plaine à faible dynamique morphologique, à berges cohésives, et dont le tracé en plan est sinueux. Dans notre cas ce ratio n'est guère significatif. Il résulte de dimensions (largeur et hauteur) d'un lit artificiel et recalibré :

La **largeur moyenne à plein bord** est de **8.4 m**. Dans la région, cette ordre de grandeur est obtenu par exemple, pour la Morthé à Citey ou pour la Romaine à Fresne St Mamès !. Nous comprendrons que le lit plein bord du ruisseau de Vy le Ferroux, eu égard à la proximité de sa source et à ses débits, est totalement artificiel et disproportionné.

La **hauteur plein bord** moyenne est élevée (1.36 m). Le lit est très encaissé. Nous notons une exception, à l'amont de la station, du profil 12 à 9 où la berge rive gauche se limite entre 58 et 75 cm de hauteur plein bord.

La **largeur de lit mouillé** moyenne lors des mesures est de 1.9 m. Elle varie entre 0.8 m et 2.7 m sur l'ensemble de la station.

Les largeurs mouillées apparaissent globalement homogènes avec un faible coefficient de variation (0,24) et un écart type faible (<1).

Les **hauteurs d'eau** sont faibles et homogènes entre les profils. Nous n'avons pas de petites fosses. La profondeur maximale d'eau à l'étiage est de 25 cm.

Les profils en travers sont uniformes et en grandes surlargeurs. Le lit est rectiligne, chenalisé avec des hauteurs de berge similaires entre les deux rives. En contexte naturel, méandriforme, il est attendu forme de fond de lit asymétrique, avec une variabilité transversale et une profondeur plus marquée sur les extrados de méandre. (figure ci contre).

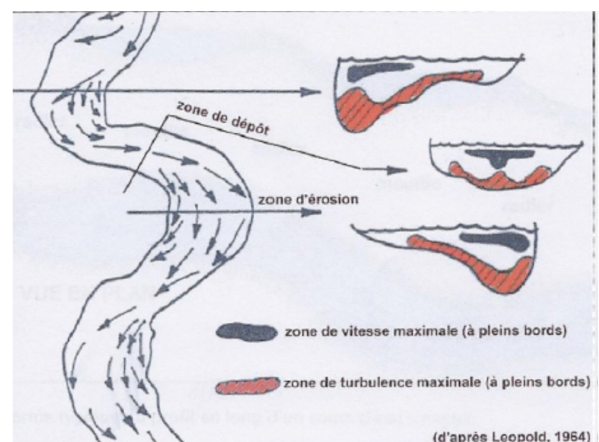


Figure 32: profils en travers sur un cours d'eau méandriforme naturel



Figure 33 : Vues de la station (10/10/2023)

Débit de plein bord

Le débit de plein bord est un débit caractéristique du point de vue hydromorphologique : il est considéré comme le débit permettant des ajustements géomorphologiques au sein du lit mineur et il permet d'apprécier la capacité du lit avant débordement dans la plaine alluviale. Il est couramment admis qu'il s'approche du débit de crue de fréquence biennale sur un cours d'eau dont la morphologie est naturelle.

Le débit de plein bord estimé à partir des relevés CARHYCE sur la station est de 5.8 m³/sec. Il s'agit en moyenne du débit théorique pouvant transiter dans le lit du ruisseau à Raze avant débordement.

Or d'après notre étude (chapitre hydrologie) nous estimons que la crue de retour biennale serait de l'ordre de $\text{X m}^3/\text{s}$ et celle de 10 ans de $\text{X m}^3/\text{s}$. *(à affiner avec étude hydrologique)*

Le décalage indique, (en gardant à l'idée une certaine imprécision des calculs), un lit actuellement sur-calibré avec une très faible occurrence (voir absence) des crues débordantes.

Puissance spécifique :

La puissance spécifique, produit de la pente par le débit de plein bord, rapporté à la section du cours d'eau, permet de renseigner sur sa capacité de transport solide mais aussi sur les capacités d'ajustement du cours d'eau à des modifications de son tracé en plan comme des rectifications ou recoupements de méandres.

La puissance spécifique du cours d'eau calculée au droit des stations, permet de les positionner dans la typologie présentée par Malavoi (2007) (figure ci après..).

	1	2	3	4
Puissance – W	< 10 W/m ²	10-30 W/m ²	30-100 W/m ²	> 100 W/m ²

Figure 34 : Typologie de puissance tirée de Malavoi 2007

Deux seuils de puissance spécifiques sont spécifiés dans la littérature (DANY A., 2016) :

- Au-dessus de 35 W/m^2 , tous les cours d'eau concernés ont montré des capacités de réajustement suite à des travaux de chenalisation.
- Au-dessous de 25 W/m^2 , les cours d'eau concernés n'ont montré aucun signe d'ajustement.

Sur la station CARHYCE, la puissance spécifique calculée est de **26.2 W/m^2** . Toutefois le calcul se base sur une crue de plein bord ($5.8 \text{ m}^3/\text{s}$) dont la probabilité d'apparition est irréaliste.

(Il sera utile de calculer la puissance spécifique du ruisseau à partir d'une valeur de crue biennale déduite de l'analyse hydrologique pour avoir une référence plus réaliste et proche des capacités de la rivière).

Toutefois, il s'agit d'une valeur basse, sous le seuil d'érodabilité des berges de 35 W/m^2
La pente n'est pas négligeable et pourrait donner une potentielle dynamique au ruisseau. Cependant, les fortes surlargeurs de lit provoquent un étalement des lames d'eau et donc une réduction des vitesses passantes. Un écoulement dans un lit resserré favoriserait les vitesses passantes avec davantage de forces érosives.

Actuellement, le cours d'eau dispose d'une capacité très faible pour s'ajuster de lui-même, suite à des perturbations morphologiques.

Dans la perspective de travaux de restauration, nous travaillerons sur un dimensionnement de lit juste, sans exagérer le sous dimensionnement (par exemple les cours d'eau à forte énergie autorisent de donner une section légèrement sous-dimensionnée au projet et le cours d'eau, par érosion, retrouve une section optimale après quelques épisodes de hautes eaux).

Le transport solide sur le ruisseau n'est pas visible. Cela est un inconvénient pour le potentiel d'auto-ajustement.

6.4.2.2. Faciès d'écoulement

Nous comptons 3 faciès différents. La variété des faciès est limitée. Il y a pas d'alternance et une seule séquence de faciès : Plat lent/Radier/Plat courant.

Les faciès lenticulaires dominent aux deux tiers sur la station. Les plats courants / radiers (peu profond et petit courant) représentent 33 %. Les mouilles, au sens large (fosses, mouille de concavité), profond et vitesse lente, ne sont pas représentées

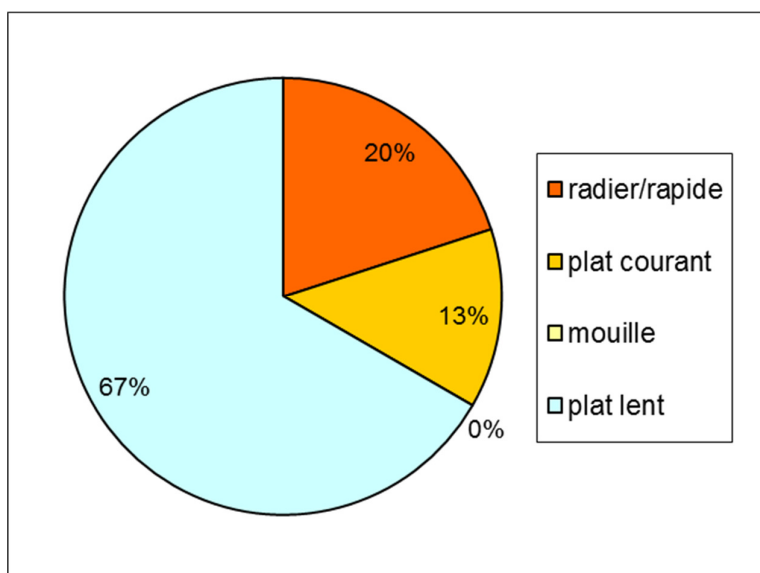


Figure 35: Représentation des faciès d'écoulement sur la station



Figure 36 : Vues de la Station (10/10/2023)

6.4.2.3. Granulométrie

Granulométrie des transects

La granulométrie obtenue sur chacun des points de mesure fournit les indications suivantes

Tableau 7 : % d'occurrence des classes granulométriques sur les transects – station Raze

Code	A	L	S	GF	GG	CF	CG	PF	PG	B	R	D
Station S1	0%	71%	13%	2%	2%	3%	3%	3%	2%	0%	0%	0%

La granulométrie du fond de lit s'étend des Limons aux Pierres Grossières.

Les substrats fins de limons et sables (0.6 à 2 mm) dominent à 84% le fond du lit sur les transects. Les « fines » recouvrent largement le fond du ruisseau. Elles se déposent sur les

tronçon de faciès plat lent ainsi que sur les bordures de courant où elles sont piégées par les hélophytes. La dominance de ce substrat est peu biogène pour la faune aquatique.

Les supports de graviers – cailloux – pierres sont marginaux et se cantonnent dans les petites veines d'eau courante, peu larges. Ces sédiments minéraux non colmatés sont nécessaires pour le frai des poissons lithophiles, pour les phénomènes d'autoépuration et pour l'habitat des macroinvertébrés.

Granulométrie des radiers

Le protocole Carhyce demande une mesure de 100 éléments granulométriques, prélevés au hasard sur 10 transversales placées sur le radier le plus grossier de la station.

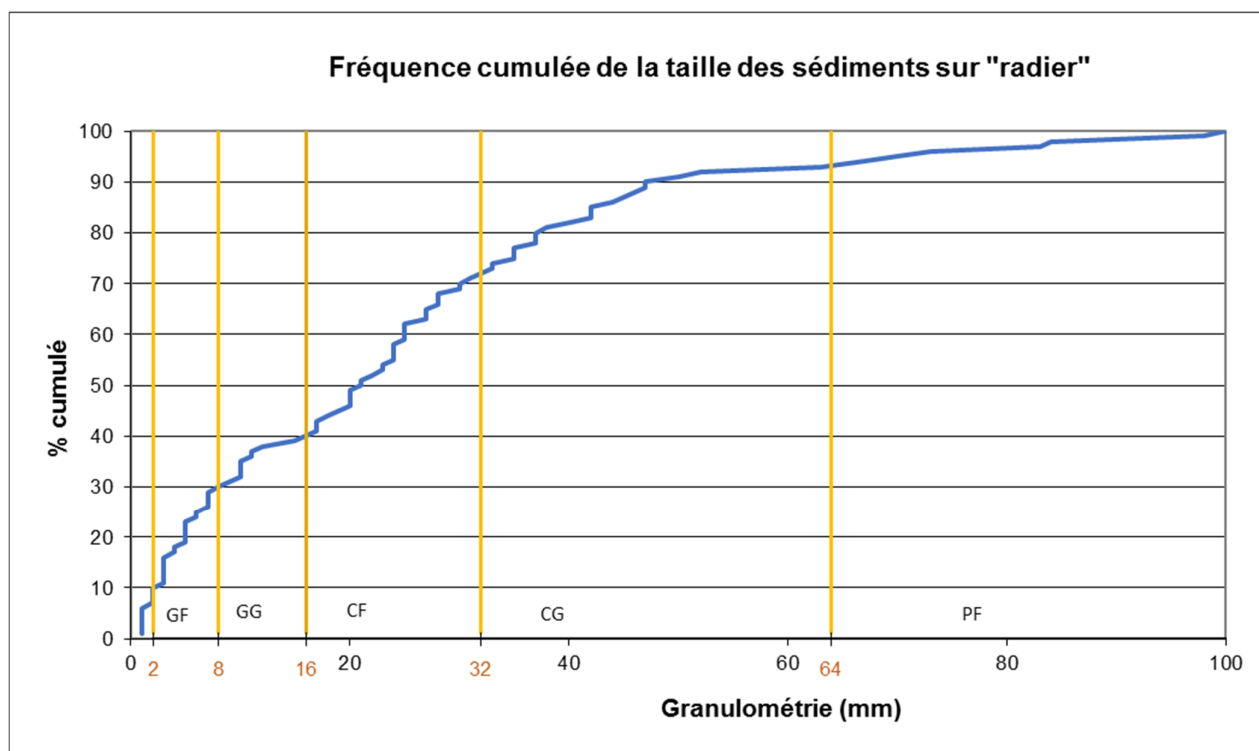


Figure 37 : Fréquence cumulée de la granulométrie – Station Raze

Moyenne	24
Min	1
Max	100
médiane (D50)	21
D16	4
D84	42
ratio D84/D16	11

Tableau 8 : Composition de l'échantillon granulométrique sur « radier » (en mm)- station Raze

La granulométrie sur le radier échantillonné varie entre 1 et 100 mm.

La courbe de fréquence cumulée est assez verticale et la différence entre D84 et D16 est assez faible. L'homogénéité et le tri des éléments, de l'échantillon granulométrique est moyen à bon. Nous observons que 84% des sédiments ont une taille inférieure à 42 mm

(classe des cailloux grossiers selon la table de Wentworth). La médiane est située à 21 mm (classe du caillou fin).

La granulométrie sur le radier permet de caractériser la gamme granulométrique régulièrement remobilisée. La petite taille des sédiments est en concordance avec la puissance limitée du cours d'eau et sa capacité à transporter des charges solides.

Le coefficient de Manning Strickler K, déduit uniquement de la granulométrie médiane (D50) est de 40. Cependant le développement important de la végétation hélophyte doit entraîner une rugosité générale du lit bien plus forte.

6.4.2.4. Colmatage

Les bâtonnets ont été plantés dans le matelas alluvial de caillou / gravier en tête d'un plat courant et d'un radier.

Tableau 9 : Période de suivi du colmatage – station S1

	Suivi 2023
Pose bâton	18/09/2023
Retrait bâton	10/10/2023

Tableau 10 : Résultats de lecture des bâtonnets – Station S1

Station	Raze
Suivi	2023
Bâton	Lecture cm
1	0
2	0.9
3	2.5
4	0.8
5	4.6
6	5.1
7	0
8	1.6
Moyenne	1.9
max	5.1
min	0

Les bâtonnets ont été implantés sur les zones les plus courantes (radier, plat courant) où le substrat est le plus grossier.

La lecture des marques d'hypoxie indique qu'en moyenne l'oxygène circule sur les 1.9 premiers centimètres du substrat. Les mesures de hauteurs d'oxygénation varient de 0 à 5.1 cm. L'indication est relativement homogène d'un bâton à l'autre et d'un radier à l'autre.



Figure 38 : Illustration résultat bâtonnet

Les écoulements interstitiels susceptibles de pénétrer dans les graviers sont peu prononcés et se limitent à quelques centimètres à la surface du sédiment.

D'une part l'épaisseur du matelas alluvial est faible. D'autre part, la faible couche de sédiment présent est colmatée par des fines d'argile et limon.

Le colmatage du substrat peu s'avérer pénalisant pour le développement des macroinvertébrés polluosensibles et le frai des poissons lithophiles.

6.4.2.5. Berge et ripisylve

Les berges sont hautes et constituées de terre végétale. La nature des berges est terreuse et cohésive. La moitié aval de la station, en rive droite, a une berge qui correspond à un remblai (matériaux divers : terre/pierre), le long du site de la scierie.

Les berges sont uniquement herbacées. La ripisylve est absente.

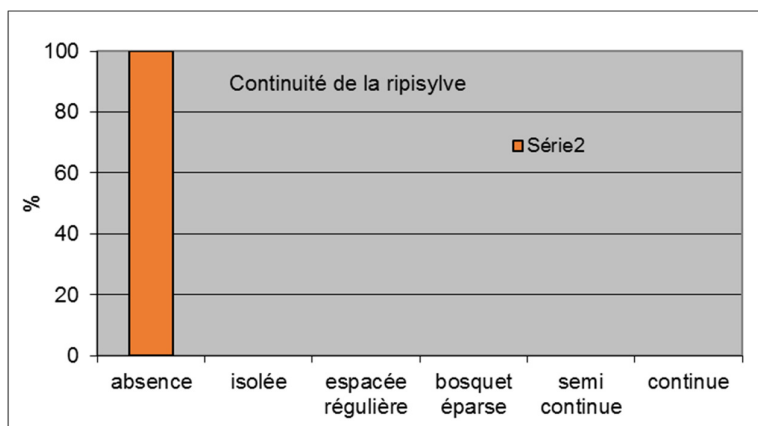


Figure 39: Continuité de la ripisylve - Station Raze

Le lit est totalement ouvert à la lumière. Par ailleurs, les surlargeurs de lit mineur et les dépôts fins favorisent la pousse abondante d'une végétation aquatique (*Cresson*, *Callitriche sp*, *Potamogeton sp*, *Baldingère*, *Carex sp*...). Les végétaux occupent jusqu'à 100% de la surface du lit sur les tronçons de plat peu profond.

La ripisylve fait défaut. Elle pourrait jouer un rôle pour limiter la prolifération végétale dans le lit, limiter le réchauffement de l'eau, apporter par ses racinaires un habitat aquatique supplémentaire.

7. Station d'étude pour l'hydrobiologie et la physico-chimie

Les analyses hydrobiologiques (macroinvertébrés, diatomées, poissons) et physico-chimiques sont réalisées sur une station de 65m de long localisée en aval du pont de Chaillot face à la scierie du village. Jugée représentative du ruisseau dans l'emprise du projet, sa description est donnée dans la fiche de prélèvement IBG en **ANNEXE 4**. Sa position à l'aval du village la rend pertinente pour les mesures physico-chimiques et déceler des impacts sur la qualité de l'eau.



Figure 40 : Localisation de la station d'étude



Figure 41 - Station d'étude vue depuis l'aval

Tableau 11 - Coordonnées GPS de la station

Coordonnées L93	X	Y
Amont	926087.9	6724541.2
Aval	926025.2	6724549.5

8. Qualité physico-chimique

En préambule, on peut rappeler que les résultats des analyses physico-chimiques correspondent à la qualité des eaux à un instant donné. Ils peuvent mettre en évidence une pollution chronique mais ne permettent pas toujours de déceler certains pics de pollutions pourtant très défavorables au milieu aquatique.

8.1. Matériel et méthodes

Certains paramètres physico-chimiques ont été mesurés in-situ (colonne de gauche), d'autres en laboratoire sur la base de prélèvements d'échantillon d'eau (QUALIO Laboratoire de Chimie des Eaux de Besançon) (Tableau 4).

Tableau 12 : Liste des paramètres physico-chimiques généraux mesurés dans l'eau

Mesures in situ	Mesures en laboratoire
Température eau (°C)	DBO5 (mg/L d'O2)
pH	COD (mg/L C)
Oxygène dissous (mg/L)	DCO (mg/L O2)
Taux de saturation (%)	Matières en suspension (mg/L)
Conductivité (µS/cm²)	Azote Kjeldahl (mg/L)
Température air (°C)	Ammonium NH4+ (mg/L)
	Nitrites NO2- (mg/L)
	Phosphore total (mg/L)
	Phosphates (mg/L)

L'interprétation se base sur les classes d'état DCE définies dans l'arrêté du 27 Juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 Janvier 2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement.

Ces limites de classes d'état sont présentées dans le tableau page suivante pour chacun des paramètres, regroupés en éléments de qualité : bilan de l'oxygène, température, nutriments et acidification.

L'état d'un élément de qualité correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètres constitutifs de cet élément de qualité. L'état d'un paramètre est obtenu en comparant les valeurs seuils de chaque classe à la valeur maximale obtenues par paramètre (ou minimale pour l'oxygène et la saturation en oxygène) ou au percentile 90 dans le cas d'une chronique de plus de 10 valeurs (cas des stations AERMC). Pour chaque élément de qualité, la classe d'état retenue est celle du paramètre obtenant la moins bonne classe d'état sur l'ensemble des campagnes. Le bilan de l'état physico-chimique est défini par l'élément de qualité présentant la moins bonne classe d'état.

Dans le cas de la présente étude, avec 4 campagnes de prélèvement, nous pourrions définir l'état écologique par élément de qualité.

Bilan de l'oxygène					
O2 Dissous (mg/L)	8	6	4	3	<3
% saturation O2	90	70	50	30	<30
DBO5 (mgO2/L)	3	6	10	25	>25
COD (mgC/L)	5	7	10	15	>15
Température					
Première catégorie piscicole (°C)	20	21.5	25	28	>28
Seconde Catégorie (°C)	24	25.5	27	28	>28
Nutriments					
PO4 (mg/L)	0.1	0.5	1	2	>2
P total (mg/L)	0.05	0.2	0.5	1	>1
NH4 (mg/L)	0.1	0.5	2	5	>5
NO2 (mg/L)	0.1	0.3	0.5	1	>1
NO3 (mg/L)	10	50			
Acidification					
pH mini	6.5	6	5.5	4.5	<4.5
pH maxi	8.2	9	9.5	10	>10

Il n'existe pas de grille de cotation pour la conductivité, l'Azote Kjeldhal, les MES ou la conductivité. Pour ces paramètres, l'ancien système d'évaluation SEQ EAU V2 est utilisé.

Tableau 13 : classes de qualité SEQ Eau V2 pour les paramètres non pris en compte par la DCE

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite inférieure
Paramètres SEQ EAU V2					
Azote Kjeldahl (mg/L)	1	2	4	10	>10
MES (mg/L)	2	25	38	50	>50
Conductivité min (µS/cm²)	180	120	60	0	
Conductivité max (µS/cm²)	2500	3000	3500	4000	>4000

8.2.Dates et conditions de prélèvement

Quatre campagnes de prélèvements sont réalisées dans des périodes et des conditions hydrologiques différentes.

Tableau 14 : Conditions de prélèvement d'eau – Débit mesurés

Date	Débit du ruisseau (l/s)	Situation hydrologique
18/09/2023	4.8	Eau basse
15/11/2023	67 (amont village)	Eau moyenne
30/11/2023	108	Eau moyenne
A faire		

La station de suivi hydrologique de la Romaine à Maizières (code Hydroportail U062 0530) est située proche de notre secteur d'étude. Elle permet d'apprécier le contexte hydrologique du prélèvement.

Rq : nous avons remarqué par ailleurs (cf chapitre hydrologie) un décalage entre les épisodes de crue de la romaine et du ruisseau. Néanmoins, même si l'intensité des crues semblent plus limitées sur le ruisseau de Raze, les prélèvements sont effectués post pluie, favorable au lessivage des polluants.

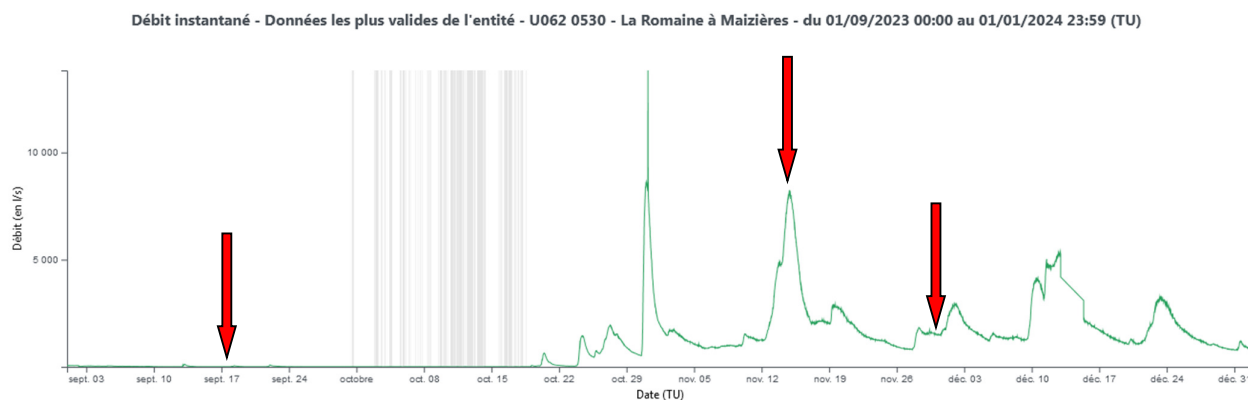


Figure 42 : Hydrologie de la Romaine à Maizières, aux périodes de prélèvements

8.3. Résultats de chimie de l'eau

	Suivi 2023-2024					Ref source
Campagne	18/09/2023	15/11/2023	30/11/2023	18/03/2024	Résultante DCE	(Nisbert & Verneaux 1970)
Heure	15h30	11h30	16h30	15h40		
Situation hydrologique	étiage	eau moy	eau moy	eau moy		
Débit (l/s)	4.8	67	108	111		
T°C air	25	10	6	15		
Conductivité (µS/cm)	602	504	619	547		< 300
Matières En Suspension Totales (mg/L)	17	45	6.9	100		< 10
Azote Kjeldahl (mg/L)	<0.5	1.0	0.7	1.3		
Température						
T°C eau	19	12.3	11.2	12.5	TB	
Bilan de l'Oxygène						
O2 (mg/L)	6.45	8.47	7.74	8.29	B	
% Sat O2	71.6	80.2	73.2	79.3		> 90
DBO5 (mg O2 / L)	1.6	1.4	<0.5	2.8		< 1
Carbone Organique Dissous (mg C/L)	1.34	3	1.1	3.42		
Acidification						
pH	7.50	7.57	7.48	7.54	TB	
Nutriments						
Ammonium (mg/L)	0.12	0.07	0.03	0.05	MOY	0.01
Nitrites (mg/L)	0.12	<0.01	<0.01	0.03		0.01
Nitrates (mg/L)	28	33	38	25		1
Phosphates (mg/L)	0.13	0.3	0.07	0.17		0.01
Phosphore total (mg/L)	0.1	0.22	0.04	0.30		
Etat Physico-chimique DCE						
Etat Physico-chimique DCE	MOYEN					

Figure 43 : Résultats physicochimie de l'eau ruisseau de Vy le Ferroux, aval Raze

Température

Les prélèvements ont eu lieu hors période estivale, et ne montre pas de température excessivement élevée. La température de 19 °C mesurée le 18/09/23 se situe néanmoins en limite du très bon état DCE et se définit comme la valeur seuil acceptable avant d'induire un stress thermique aux truites. Il est très probable que des températures supérieures soient mesurées au cours de la période estivale (*enregistrement thermique estival 2024 à suivre*). Le faible ombrage et l'étalement de la lame d'eau accentuent le réchauffement des eaux.

Acidification

Le pH mesuré ne montre pas de valeurs aberrantes et est stable entre les campagnes. La valeur est typique des cours d'eau en région calcaire.

Oxygénation

Les paramètres liés à l'oxygénation de l'eau (O2 dissous et taux de saturation) sont déclassés du très bon état DCE. On remarque une légère désoxygénation lors des échantillonnages, pouvant être mis en lien avec plusieurs facteurs :

- les écoulements à dominance lenticule sur les tronçons à l'amont (peu de brassage de l'eau)
- les proliférations végétales et notamment l'oxygène consommée par les organismes

pour leur décomposition et/ou la respiration des végétaux (à certain moment de la journée ou dans certain contexte météorologique) lorsque le besoin d'O₂ pour la respiration est supérieur à la production d'O₂ par photosynthèse).

- La pollution organique issue des eaux usées domestiques et des amendements sur terre agricole
- L'arrivée d'eau de source naturellement sous-oxygénée

Matières en suspension

La teneur en MES dépasse la limite du très bon état (>2mg/l) sur toutes les campagnes, et peut atteindre le mauvais état après de fortes pluies lessivantes (100mg/l relevées le 18/03/2024 (photographies suivantes)). Il est généralement admis que des valeurs supérieures à 10mg/l sont peu favorables aux salmonidés (Nisbet & Verneaux, 1970).



Figure 44 : Eaux turbides du ruisseau suite aux pluies le 18/03/24 (100mg/l de MES)

Nutriments

Les nitrates sont mesurés en excès sur toutes les campagnes. Ces nutriments ont comme principale origine les apports azotés issus des activités agricoles. La DCE met peu en lumière ces concentrations élevées, avec des valeurs 10 à 20 fois supérieures aux valeurs normales acceptables (2-3mg/l, voire même 1mg/l en zone de source) (Nisbet & Verneaux, 1970).

Egalement, il a été démontré que les nitrates sont responsables de problèmes de développement des œufs de salmonidés et de mortalités importantes au stade d'alevins, lors d'exposition chronique, à partir de 5 mg/L (Kincheloe & al, 1979). Ici avec des valeurs récurrentes autour de 30 mg/l, la reproduction et le maintien des truites dans le ruisseau est compromise.

Les autres formes azotées et phosphatées ont des concentrations variables selon les campagnes mais sont le plus souvent déclassées du très bon état DCE. Les concentrations en matières phosphatées, résultant principalement des rejets d'eaux usées domestiques, sont excessives. La valeur de 0,01 mg/l de phosphates attendus en zone de source par Nisbet & Verneaux (1970) est constamment dépassée. Le phosphore total atteint l'état DCE moyen lors d'un lessivage des réseaux capté le 15/11/2023 après des pluies, tout comme le 18/03/2024.

Pour le fonctionnement du lagunage de Raze, le réseau de collecte des eaux des habitations est unitaire. Il convient que les déversoirs d'orage en tête de station soient conçus de façon à ne surverser qu'à l'occasion d'événements pluvieux exceptionnels. Les contaminations en ammonium, phosphates, phosphores sont symptomatiques de pollution en eaux usées

domestiques. Nos résultats soulèvent le doute quand à un fonctionnement anormal et trop « fréquent » des DO (campagnes pluvieuses de novembre) et/ou un mauvais raccordement de certaines habitations (campagne de temps sec de septembre).

L'état écologique défini d'après ces 4 campagnes de prélèvements est ainsi classé « moyen » aux yeux de la DCE, en raison des taux excessifs de phosphore mesurés dans le ruisseau.

9. Thermie

La thermie est enregistrée en continue via une sonde Solinst Levelogger. La mesure est couplée à celle des niveaux d'eau (une mesure toute les heures).

L'enregistrement est en cours. Il a débuté le 18/09/2023.

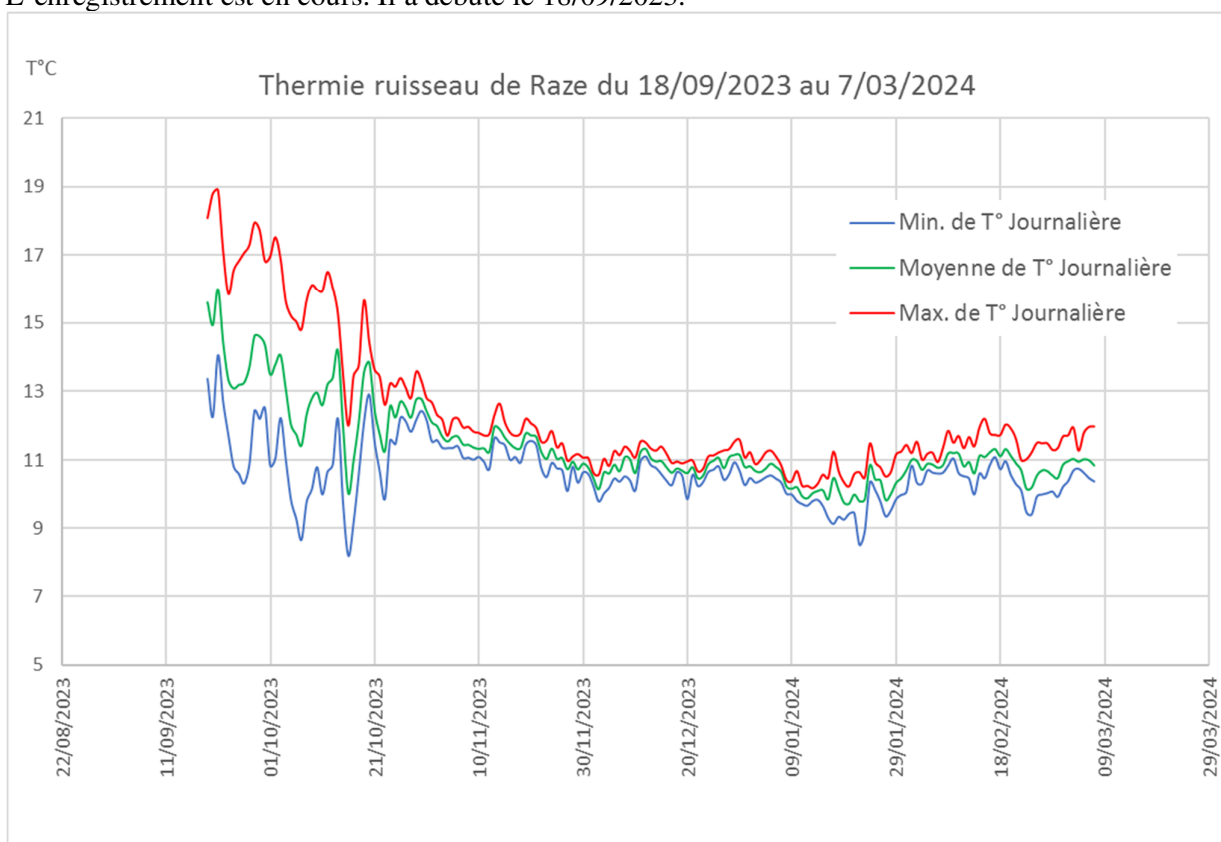


Figure 45 : Thermie du ruisseau de Raze du 18/09/2023 au 7 mars 2024

Le graphique illustre la thermie du ruisseau pour l'automne 2023 et l'hiver 2024.

Nous observons des amplitudes journalières assez importantes jusqu'à mi octobre. Les faibles débits du ruisseau étaient sous l'influence de belles journées ensoleillées et des nuits « fraîches » provoquant des écarts de température assez marqués entre les min et max journaliers. A partir de mi octobre les débits plus soutenus du ruisseau se font ressentir par une plus grande stabilité nyctémérale. Le minimum hivernal est contenu à près de 9°C. Cela s'explique par la proximité des sources et une météo avec une température hivernale douce.

L'enregistrement des températures estivales 2024 sera à analyser et à confronter aux exigences thermiques des poissons.

10. Qualité du peuplement Diatomées

10.1.Méthode

La qualité biologique d'un cours d'eau peut être estimée au moyen d'une analyse de la flore diatomique benthique (algues brunes microscopiques).

En France, l'indice retenu pour évaluer cette qualité est préférentiellement **l'Indice Biologique Diatomées** (IBD, NF T 90-354 Avril 2016).

L'IBD est représentatif en premier lieu de la présence de matières organiques, d'éléments nutritifs (azote et phosphore), de la minéralisation, du pH, et de la présence des toxiques.

Cette méthode permet d'intégrer les variations passées qui concerne la qualité d'eau (mais pas la qualité habitationnelle), contrairement aux données physico-chimiques qui ne renseignent généralement que sur un état momentané.

Les prélèvements de diatomées ont été réalisés selon le protocole de détermination de l'IBD : pour une station, 1 prélèvement d'environ 100 cm² est effectué, dans une zone éclairée, sur un substrat dur (pierres, galets) de préférence.

Un traitement des échantillons est ensuite effectué au laboratoire, dans le but de pouvoir réaliser une analyse microscopique. Cette analyse permet de définir un groupement représentatif d'espèces pour la station étudiée.

Les prélèvements de Diatomées ont été effectués par Eaux Continentales, le **18/09/2023**. Les Déterminations de Diatomées, calculs d'indices et mises en forme de résultats, sont effectués par le bureau d'étude HYD&EAU, d'Eric PARMENTIER, spécialisé dans les peuplements Diatomiques.

La liste floristique est située **en ANNEXE 3**.

L'IBD, fonction à la fois de la variété de la flore et de la nature de ses groupements, exprime la qualité biologique d'une rivière par des valeurs numériques conventionnelles variant de 1 à 20. La valeur déterminée permet alors de rattacher le cours d'eau étudié à une classe bien précise des normes officielles et de définir le degré de pollution et/ou de dégradation du système aquatique étudié.

L'analyse des préférendums écologiques des populations déterminées sera un complément d'information utile à la bonne compréhension du fonctionnement du cours d'eau.

Données Ecologiques :

Saprobie : traduit la tolérance des taxons à la dégradation de la qualité chimique, principalement organique, de l'eau. On obtient ainsi des niveaux de tolérances vis à vis du degré d'oxydation de la matière organique. S'étend du stade oligosaprobie (eaux naturelles peu ou pas chargées en matières organiques fermentescibles) à polysaprobie (observation des fermentations anaérobies).

Trophie : traduit les phénomènes d'enrichissement de l'eau en sels minéraux nutritifs (phosphore, azote, oligoéléments) à laquelle on associe la notion de production primaire. S'étend d'oligotrophe (milieu pauvre en éléments minéraux nutritifs où la production primaire est faible) à hypereutrophe (milieu très fortement enrichi en nutriments, ce qui entraîne une importante production primaire).

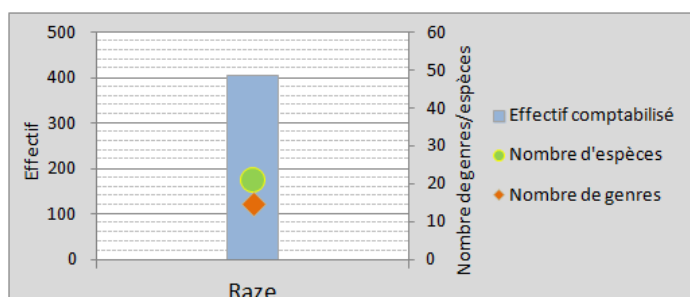
L'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) mis au point par le Cemagref (1982) sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse est un indice fondé sur la pondération "abondance-sensibilité spécifique". Il présente l'avantage de prendre en compte la totalité des espèces présentes dans les inventaires. Il permet de donner une note à la qualité de l'eau variant de 1 (eaux très polluées) à 20 (eaux pures). Il a été utilisé en routine durant plusieurs années et de nombreux auteurs ont noté sa bonne corrélation avec la physico-chimie de l'eau. La sensibilité de l'IPS à la dégradation de la qualité du milieu s'avère meilleure comparativement aux autres indices ; cela a été mis en évidence notamment dans le cadre du suivi de plus de 300 relevés du bassin Artois-Picardie (COSTE et AYPHASSORHO, 1991). Cet indice fait l'objet de mises à jour régulières.

L'indice Biologique Diatomées (IBD), utilise 209 taxons repères dont 57 appariés (diatomées morphologiquement très proches, regroupées au sein d'unités taxonomiques) et le barycentre de leurs profils de distribution établis en probabilités de présence à partir d'un jeu de données volumineux. Notons que l'IBD est un indice de qualité générale de l'eau basé en particulier sur les matières oxydables et la salinité qui ne prend pas en compte tous les taxons d'un relevé. Son calcul diffère notablement de celui de l'IPS et est complexe pour les non-statisticiens. Pour plus d'informations sur le calcul de cet indice, on pourra se reporter à l'article de LENOIR & COSTE (1996). L'interprétation des valeurs des indices IPS et IBD fait référence aux classes de qualité définies dans le "Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées " (cf. tableau ci-dessous). Une couleur est attribuée à chaque classe de qualité (de bleue pour excellente à rouge pour mauvaise)

10.2. Résultats IBD

RÉSULTATS BRUTS

Effectif comptabilisé	404
Nombre d'espèces	21
Nombre de genres	15
Diversité spécifique	2.54
Equitabilité	0.58

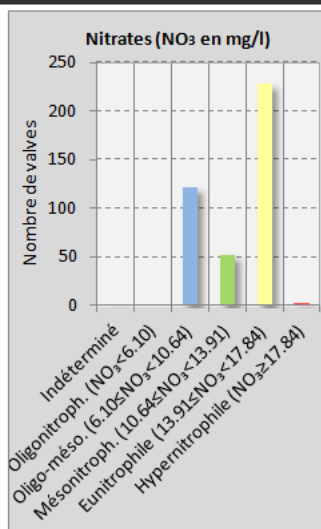
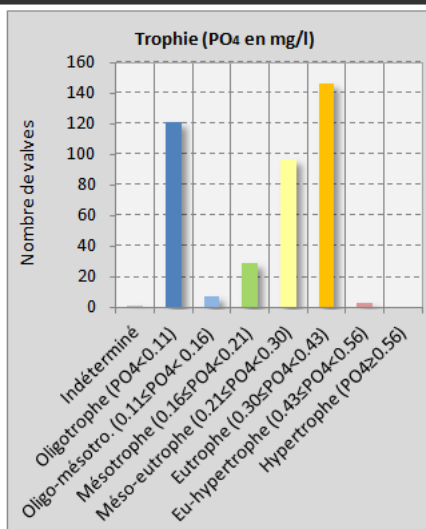
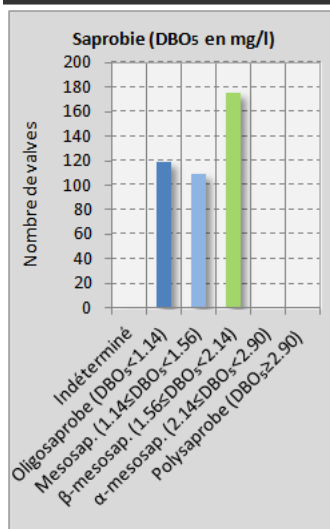


INDICES

IBD (/20)	14.8
EQR	0.80
IPS (/20)	13.0

Valeur EQR	Classe de qualité	Qualité biologique
EQR > 0.94		Très bon état
0.78 < EQR < 0.94		Bon état
0.55 < EQR < 0.78		Etat moyen
0.3 < EQR < 0.55		Etat médiocre
EQR < 0.3		Mauvais état

SENSIBILITE des DIATOMEES de la STATION vis-à-vis de...



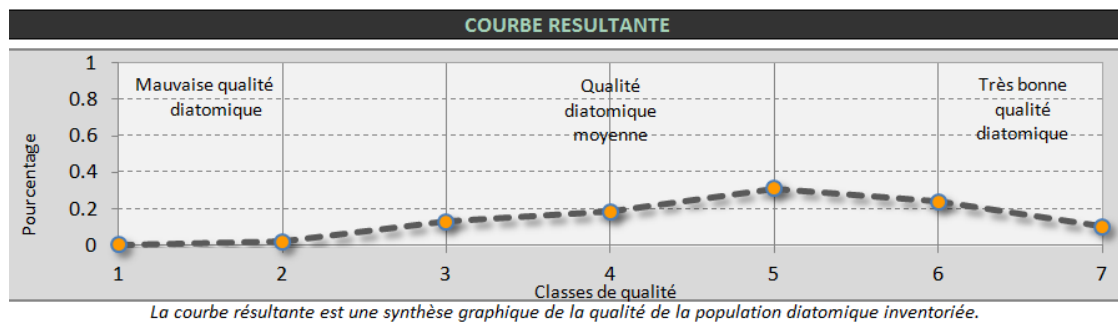
POLLUTION ORGANIQUE

% de taxons indicateurs de pollution organique nulle à faible	61.1
% de taxons indicateurs de pollution organique modérée	34.7
% de taxons indicateurs de pollution organique importante	4.2

L'indice IBD est de 14.8/20 (EQR de 0.8, classe d'état "bonne qualité") ; le nombre d'espèces rencontrées est tout juste moyen (21). Une forme de pollution organique très nette est détectée sur ce secteur (les taxons qui en sont représentatifs correspondent à 39 % de la population totale).

La liste floristique est dominée par trois taxons aux préférences écologiques bien différents. Le plus abondant est le plus tolérant : *Sellaphora nigri* (33 % des valves comptabilisées), suivi d'*Amphora pediculus* (28 %), taxon ubiquiste et moyennement sensible à la pollution, puis d'*Achnanthydium minutissimum* (22 %), le plus exigeant, mais aussi une espèce pionnière.

Aucun autre groupe n'atteint 5 % d'abondance, ce qui rend statistiquement négligeable leur poids. La courbe résultante indique que les préférences écologiques de la population diatomique rencontrée sur cette station correspondent à une eau de moyenne à bonne qualité (courbe présentant un maximum au niveau du 5).



Une part importante des diatomées déterminées est tolérante à des teneurs modérées voire fortes en phosphates (mésio-eutrophe) et nitrates (eunitrophile), trahissant des excès de concentration dans l'eau de ces nutriments. La part non négligeable d'individus oligotrophes, est le reflet des espèces pionnières et représentatives des petits milieux apicaux.

11. Qualité du peuplement macroinvertébré

Le principe des méthodes biologiques est d'utiliser la structure du peuplement macrobenthique de la station comme intégrateur de la qualité biologique du milieu aquatique (Verneaux J. 1984). Complémentaire de l'approche physico-chimique, l'étude du macrobenthos permet d'intégrer une dimension spatiotemporelle des modifications de la qualité physico-chimique de l'eau. Cette méthode est particulièrement adaptée à la mise en évidence de pollutions de type organique.

D'autre part, la structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques mémorise également certaines modifications de la qualité physique du milieu aquatique. Il présente donc un intérêt pour apprécier le gain biologique de travaux de restauration

11.1.Méthode d'échantillonnage

11.1.1.Conditions d'échantillonnage

Les prélèvements ont eu lieu le **18/09/2023**, en condition d'eaux basses.

11.1.2.Principes et objectifs de la méthode

Les références techniques qui ont été utilisées pour l'échantillonnage et le traitement des macroinvertébrés sur les stations d'étude sont :

IBG-RCS : Prélèvement Norme NF T 90-333 (Septembre 2016). Détermination Norme NF T 90-388 (Décembre 2020).

Le but de ce protocole est de :

- Fournir une image représentative du peuplement d'invertébrés d'une station, mais en séparant la faune des habitats dominants et des habitats marginaux.
- Permettre le développement et la mise en œuvre d'un nouvel indice multi-métrique d'évaluation de l'état écologique à partir des invertébrés pour les réseaux de surveillance, qui soit à la fois conforme aux exigences de la DCE et en meilleure cohérence avec les différentes méthodes utilisées au niveau européen.
- Permettre néanmoins le calcul, avec une marge d'incertitude acceptable, de la note IBGN-équivalent pour assurer une continuité avec les suivis hydrobiologiques antérieurs.

11.1.3.Application sur le terrain

La première étape consiste à fixer les limites de la station et à calculer sa surface. La longueur d'une station doit inclure au minimum une séquence de faciès (radier / mouille). Il reste préférable de prendre en compte deux séquences pour les Petits et Moyens cours d'eau,

(Largeur plein bord 8 à 15 m et 15 à 25 m), voire trois séquences pour les Très Petits cours d'eau (Lpb 2 à 8 m).

Une fois la superficie de la station calculée, une estimation des pourcentages de recouvrement de chaque substrat présent est opérée. Une grille des surfaces de recouvrement de chaque substrat, du moins représenté au plus représenté est donc établie.

Ne sont prélevés et pris en compte que les substrats dont le pourcentage de recouvrement est supérieur à 1‰ de la superficie totale de la station, et seulement s'ils le sont de manière contigüe pour les substrats minéraux.

Phase 1

Une fois les substrats marginaux identifiés, ($1‰ < \text{recouvrement} < 5\%$), 4 sont prélevés par ordre d'habitabilité décroissante, du plus biogène au moins biogène. Ils constituent le prélèvement B1.

Phase 2

Quatre prélèvements sont ensuite effectués sur les substrats dominants (recouvrement $> 5\%$) par ordre d'habitabilité décroissante, donc du plus biogène au moins biogène. Ils constituent le prélèvement B2, qui associé au prélèvement B1 permet l'estimation de la note équivalent IBGN.

Phase 3

Les quatre prélèvements restants sont répartis de manière à compléter l'échantillonnage des habitats dominants au prorata de leur superficie. Les habitats dominants identifiés mais non prélevé dans le bocal 2 sont ici échantillonnés. Le bocal 3 est complété sur les habitats les plus représentés au prorata de leur superficie relative.

Chaque substrat est prélevé au filet Surber (surface $1/20^{\text{ème}}$ de m^2). Les échantillons sont ensuite fixés dans de l'alcool éthylique à 70%, afin de les conserver jusqu'à l'analyse en laboratoire.

Avant de pénétrer dans le cours d'eau, le matériel et les waders sont désinfectés par aspersion d'une solution d'ammonium quaternaire 50%.

La fiche de terrain relative aux prélèvements est fournie en **ANNEXE 4**.

La liste faunistique de résultat figure en **ANNEXE 5**.

11.1.4. Analyse en laboratoire

Après une première étape de rinçage, les invertébrés sont extraits du substrat. Dans le protocole, des temps de tri sont impartis à chaque prélèvement en fonction de la nature du substrat. Pour la présente étude, il n'a pas été tenu compte de ces temps de tri.

La détermination se fait à des niveaux taxonomiques variables, mais généralement au genre pour les taxons dont l'information de bio-indication supplémentaire semble significative.

11.1.5. Calcul des indices et interprétation

Plusieurs indices peuvent être calculés.

- La variété : correspond au nombre total de familles inventoriées dans les bocal B1 et B2
- le groupe indicateur : il correspond à la cote de polluosensibilité du taxon indicateur des bocal B1 et B2. Le taxon indicateur est le taxon le plus polluosensible rencontré sur la station, dont l'abondance est jugée significative (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons).
- La note IBGN sur 20, qui résulte de la mise en parallèle des deux indices précédents, dans l'abaque normalisée.
- La Robustesse, ou IBGN-1, se calcule de la même manière que l'indice IBGN, mais sans prendre en compte la présence du premier taxon polluo-indicateur. La différence entre les notes IBGN et IBGN-1 permet d'évaluer la robustesse du résultat, qui correspond à la fois à la fiabilité de la note déduite du prélèvement et à l'effet de la simulation d'une légère altération supplémentaire
- Le Coefficient d'Aptitude Biogène (CB2) est également calculé. Le CB2 (sur 20) est établi à partir de 2 composantes et renseigne simultanément sur la qualité de l'eau via la nature de la faune (In) et sur la diversité des habitats en fonction de la variété faunistique (Iv). Ce coefficient n'est pas normalisé mais utilise le même protocole d'échantillonnage que l'IBGN. De plus il intègre un plus grand nombre de taxons indicateurs (92). Les coefficients se déterminent d'après les formules suivantes :

$$In = 1.21 \left(\frac{\sum i}{k} \right) \quad \text{avec:}$$

- n : nombre de taxons indicateurs représentatifs ($ind \geq 3$)
- k = n/4 arrondi à l'entier supérieur
- $\sum i$ = somme des indices (i) les plus élevés en fonction de k

$$Iv = 0.22 \cdot N \quad \text{avec:}$$

- N = nombre de taxons représentés dans l'échantillon global

$$CB2 = In + Iv$$

Tableau 15 : Valeurs inférieures des limites de classe d'état DCE, pour l'indice biologique invertébré (Arrêté du 27/07/2015)

Hydroécocorégion	Type Cemagref	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat Mauvais
15 – Plaine de Saône	TP15	≥ 14	≥ 12	≥ 9	≥ 5	< 5

L'I2M2 (Indice Invertébré Multi-Métrique) est également calculé, via le portail SEEE.

Il s'agit du nouvel indice de bioévaluation des cours d'eau, « DCE compatible », basé à partir des peuplements de macroinvertébrés. Cet indice est établi à partir de la liste faunistique IBG-DCE.

L'I2M2 est obtenu en faisant la moyenne de 17 sous indices, dont chacun représente une catégorie de pression (Mondy & al, 2012).

En complément, les métriques suivantes apportent des informations sur la fonctionnalité et la qualité du peuplement :

(i) **L'indice de diversité de Shannon-Weaver** calculé à l'échelle de la combinaison de baux « B2+B3 » (habitats dominants). Cette métrique prend en compte la richesse taxonomique et l'abondance relative des taxons, permettant d'évaluer l'hétérogénéité et la stabilité de l'habitat.

(ii) **La valeur de l'ASPT** (Average Score Per Taxon) calculé à l'échelle de la combinaison de baux « B2+B3 », correspond au niveau de polluosensibilité moyen, variant de 0 à 10.

(iii) **La fréquence relative des espèces polyvoltines** dans l'assemblage faunistique constitué par la combinaison de baux « B2+B3 », renseigne sur l'instabilité de l'habitat (le polyvoltinisme est un avantage adaptatif permettant aux taxons de produire plusieurs générations par an, augmentant leur chance de survie à des perturbations du milieu).

(iv) **La fréquence relative des espèces ovovivipares** dans l'assemblage faunistique constitué par la combinaison de baux « B3 ». Cette métrique renseigne sur la dégradation de l'habitat, notamment d'un point de vue physico-chimique (il s'agit d'un avantage adaptatif permettant l'incubation et l'éclosion des œufs dans l'abdomen de la femelle, maximisant la survie des embryons dans un milieu perturbé).

(v) **La richesse taxonomique** calculée à l'échelle du site de prélèvement (i.e. combinaison « B1+B2+B3 »), s'agissant du nombre de taxons. Elle permet de décrire l'hétérogénéité de l'habitat à un instant donné (plus il y a de niches écologiques potentielles dans un milieu et plus il y a de taxons).

Avec les différentes métriques, l'I2M2 intègre les notions d'abondance, de diversité et de polluosensibilité. Les métriques portées sur les habitats dominants de la station permettent d'obtenir une image « moyenne » de la qualité, contrairement à l'IBGN qui exprime davantage un « potentiel biogène ».

Conformément aux exigences de la DCE, chaque métrique s'exprime sous la forme d'EQR (Ecological Quality Ratio) qui correspond à la mesure d'un écart entre une situation observée et une situation de référence (absence de perturbation anthropique) sur une échelle de 0 (mauvais) à 1 (référence). L'expression des résultats en EQR permet de prendre en compte la typologie des cours d'eau selon l'Hydroécocorégion et l'inter-comparabilité des résultats.

Selon l'Arrêté du 27 juillet 2018, l'I2M2 est le nouvel indice de référence pour définir l'état biologique à partir des macro-invertébrés.

Tableau 16 : limite inférieure des classes d'état pour l'I2M2 dans HER TP15 (Arrêté 27/07/2018)

Hydroécocorégion	Type Cemagref	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat Mauvais
15 – Plaine de Saône	TP15	≥ 0.665	≥ 0.443	≥ 0.295	≥ 0.148	< 0.148

L'outil de diagnostic invertébré associé (*ODinvertébrés* ; Mondy et al 2017) dont le calcul est effectué sur le portail SEEE permet de déterminer la probabilité que le peuplement d'invertébrés soit impacté par 17 types de pressions liées à la qualité de l'eau, de l'habitat ou du bassin versant.

Une **analyse de traits bio-écologiques** du peuplement macrobenthique est également effectuée (Tachet et al, 2010) afin de mieux appréhender le fonctionnement du peuplement d'invertébré sur la station. Il s'agit des traits suivants : nombre de générations par an, affinité thermique, degré de trophie, valeur saprobiale et distribution longitudinale. *On applique une transformation $\log(n+1)$ sur les abondances brutes « n », afin de normaliser les données et atténuer le poids des taxons très fortement représentés, et permettre de mieux considérer certains taxons naturellement présents en effectifs relativement plus faibles, mais dont l'indication écologique reste importante (les résultats sont ainsi semblables à des classes d'abondance).*

11.2.Résultats

Analyse des listes faunistiques – Calcul des indices

Tableau 17 - Qualité macrobenthique de la station échantillonnée

	Ruisseau de Vy-le-Ferroux à Raze
Taxon indicateur (GI)	Gammaridae (2)
Variété taxonomique (CV)	23 (7)
Note IBG DCE	8 / 20
Robustesse	8/20
Taxon indicateur robustesse (GI)	Mollusques (2)
Note CB2	11,5/20
Indice nature In	6,4/10
Indice variété Iv	5,1/10

variété DCE 12 prélèvements	27
variété Plécoptère (abondance)	0 (0)
variété Trichoptère (abondance)	2 (4)
variété Ephéméroptère (abondance)	1 (6)
variété Diptère (abondance)	5 (371)
variété Coléoptère (abondance)	3 (5)
Variété Odonates (abondance)	0 (0)
Variété Crustacés (abondance)	2 (6820)
Variété Mollusques (abondance)	5 (700)
abondance DCE 12 prélèvements	9592
I2M2	0.072 / 1
% de taxons saprobiontes	91%
abondance de taxons GI ≥ 6	4 individus (0,05%)

Métriques I2M2 EQR (/1)	Ruisseau de Vy- le-Ferroux à Raze
Indice de Shannon	0,227
ASPT	0
Polyvoltinisme	0,098
Ovoviviparité	0
Richesse I2M2	0,072

Le ruisseau à Raze affiche un indice IBG de 8/20 classé en état DCE médiocre, avec un peuplement assez peu diversifié (23 familles IBGN, 27 taxons DCE). Le taxon indicateur de polluosensibilité 2/9 (Gammaridae) traduit une qualité de l'eau nettement dégradée.

Le peuplement est abondant avec près de 9600 individus récoltés, cependant celui-ci est totalement déstructuré et éloigné du référentiel typologique (I2M2 en mauvais état et métriques associées quasiment toutes nulles).

L'habitat aquatique est globalement peu biogène, représenté principalement par les sédiments fins (6 prélèvements sur 12) et les hélophytes (2 prélèvements sur 12).

Le peuplement est dominé par des taxons ubiquistes, particulièrement les crustacés Gammaridae (71%) et les oligochètes (16%), dont les densités excessives, témoignent d'une forte charge organique.

Les taxons les plus sensibles sont absents. On comptabilise de nombreuses achètes *Erpobdella* et diptères Psychodidae, taxons résistants et affectionnant particulièrement les milieux riches en matières organiques en décomposition. Chez les mollusques, le bivalve ubiquiste *Pisidium* modérément sensible est bien représenté (7%).

Des individus de trichoptères modérément sensibles sont contactés mais en très faibles effectifs : les trichoptères à fourreau *Notidobia* (GI 6/9 ; 3 individus) et *Beraeodes minutus* (GI 7/9 ; 1 seul individu). Ce dernier est peu courant dans les listes faunistiques. Des foyers de populations ont été trouvés dans plusieurs petits cours d'eau de tête de bassin de la région, notamment en Haute-Saône (source : Eaux Continentales). Il affectionne les zones peu courantes des ruisseaux de tête de bassin (épirhithron), oxygénée et pauvres en matières organiques fermentescibles (oligosaprobe). Il se retrouve cependant dans des eaux pouvant être assez riches en nutriments (mésio-eutrophe) et semble peu sensible à la température. Sa présence ici est donc intéressante et pourrait être renforcée avec une qualité d'eau améliorée.

Outil Diagnostique Invertébré

Cet outil se base sur l'analyse des modifications des traits biologiques sélectionnés et des stratégies écologiques utilisées par les communautés d'invertébrés benthiques en réponse aux caractéristiques de leur habitat. L'outil est à caractère informatif ; il donne des indications sur la probabilité qu'un type de pression soit susceptible d'avoir un effet significatif sur les communautés de macroinvertébrés. Les probabilités à partir desquelles les pressions sont

considérées comme significatives, sont les valeurs guides issues des travaux de Labat, 2021 (traits pointillés sur le diagramme radar ci-dessous).

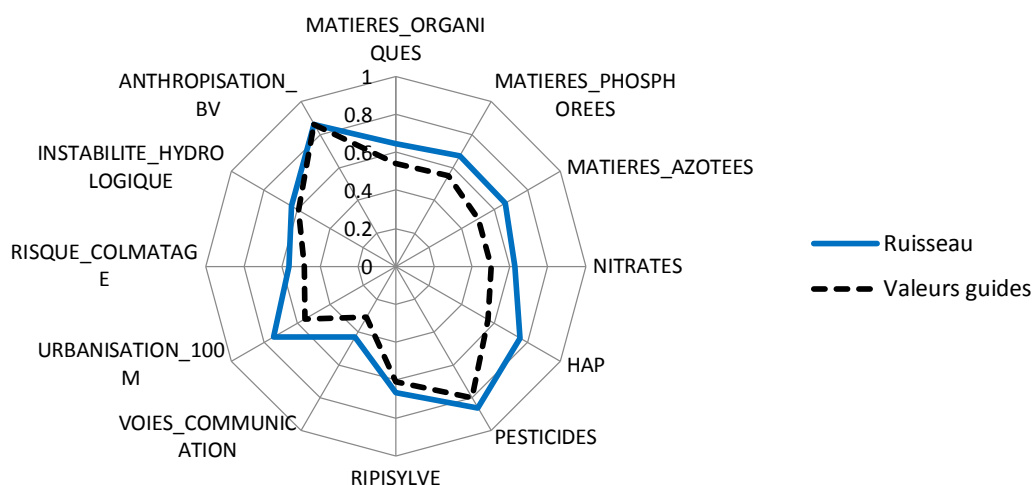


Figure 46 - Diagramme radar de l'ODinvertébré

Au bilan, le ruisseau à Raze semble concentrer toutes les pressions mesurées dans l'outil. Il est difficile de déterminer si ce résultat traduit toutes ces pressions simultanément, ou si le peuplement macroinvertébré apparaît trop atypique pour permettre de cibler la cause de cette atypicité. Néanmoins, à la vue des conditions morphologiques du ruisseau et des résultats de chimie de l'eau, toutes ces pressions peuvent effectivement être impactantes pour la macrofaune. On peut émettre une réserve sur la pression d'« instabilité hydrologique », le ruisseau ne subissant apparemment pas d'assez ni d'importantes crues morphogènes à notre connaissance.

Analyse de traits bio-écologiques

Pour rappel, les données d'abondance ont subi une transformation logarithmique pour atténuer le poids des taxons sur-représentés, et ne pas occulter l'information apportée par les autres taxons.

Une analyse de certains traits bio-écologiques de la communauté d'invertébrés est réalisée : degré de trophie, valeur saprobiale, affinité thermique et distribution longitudinale.

Le **degré de trophie** est lié à la chimie de l'eau et notamment la teneur en azote et phosphore (matières nutritives). On peut distinguer des eaux eutrophes où ces composants sont abondants, des eaux oligotrophes où ces composants sont rares, et des eaux mésotrophes où les teneurs ont des valeurs intermédiaires.

La **valeur saprobiale** est un terme pouvant se traduire par la polluo-résistance à une pollution organique. De manière simplifiée :

- Xénosaprobe : pas du tout polluo-résistant
- Oligosaprobe : faiblement polluo-résistant
- β -mésosaprobe : relativement polluo-résistant

- α -mésosaprobe : polluorésistant
- Polysaprobe : très polluorésistant

Au niveau de **l'affinité vis-à-vis de la température de l'eau**, on distingue les espèces sténothermes (supportant une faible variation de la température) et eurythermes (supportant de plus grandes amplitudes de température) ; elles peuvent être psychrophiles (appréciant les eaux plutôt froides) ou thermophiles (appréciant les eaux plutôt chaudes).

La **succession longitudinale des peuplements** macroinvertébrés le long du continuum fluvial est un fait établi (Tachet et al, 2010). Les zones définies sont celles proposées dans l'ouvrage de Tachet, allant du crénon (zone de source) au métapotamon (zone inférieure des rivières), auxquelles s'ajoutent les estuaires et les milieux hors hydrosystèmes fluviaux (c'est-à-dire tous les plans d'eau).

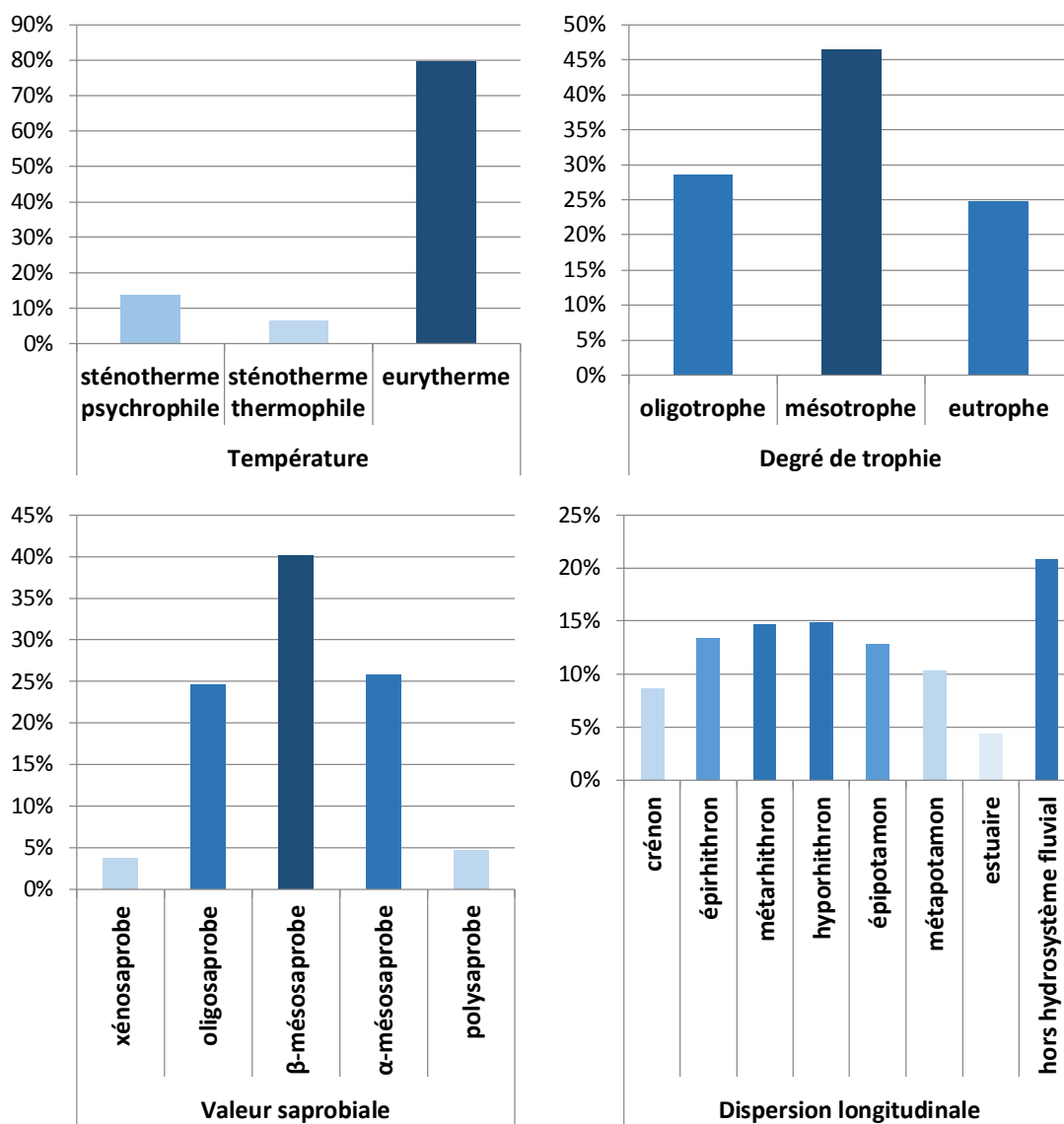


Figure 47 - Histogrammes des traits bioécologiques des macroinvertébrés échantillonnés.

Plus la couleur est foncée, plus la modalité du trait est représentative du peuplement.

L'étude de ces traits fonctionnels indique un peuplement en désaccord avec la typologie du ruisseau.

(§ sur la température : à relier aux températures mesurées avec le levellogger !)

Les individus eurythermes dominent largement le peuplement. Cela signifie que la majorité des macroinvertébrés présents sont peu sensibles à la température de l'eau et ubiquistes. De grandes amplitudes thermiques sont probables pour les eaux du ruisseau ; le très faible ombrage du lit renforce cette hypothèse. Concernant le degré de trophie et la valeur saprobiale, on observe que la station est dominée par des invertébrés relativement résistants aux charges organiques (β -mésosaprobies), ainsi qu'une nette mésotrophie du milieu. Dans un cours d'eau de type « apical » comme ici, avec une station située à proximité de la source, on s'attend théoriquement à observer davantage de xéno- et oligosaprobies ; de plus, le niveau trophique peut déjà être considérée comme excessif : dans les zones de sources non impactées, l'oligotrophie devrait dominer.

Au niveau de la distribution longitudinale des taxons inventoriés, la communauté devrait théoriquement montrer une affinité marquée pour les zones les plus amont des cours d'eau (notamment épirhitron). Ici la majorité des taxons affectionnent une typologie un peu plus aval des rivières (où l'on retrouve normalement une saprobie, une trophie et une thermie comme celles observées ici) et se rencontrent même souvent dans les milieux hors hydrosystèmes fluviaux (comme un étang ou une mare). Les excès de matières organiques et nutritives sont donc conséquents. Les qualités du milieu sont dégradées et ne permettent pas le maintien d'une faune typique de ces petits ruisseaux de tête de bassin.

11.3.Synthèse de l'étude des macroinvertébrés

Les résultats obtenus montrent un **peuplement très déséquilibré et en désaccord avec la typologie du site** en tête de bassin.

Dominé par des taxons ubiquistes, le peuplement est très peu diversifié et est **nettement impacté par les mauvaises conditions habitationnelles et physico-chimiques du milieu**. L'indice Invertébré Multi Métrique (I2M2) est classé à un état mauvais. Une dystrophie et un excès de matière organique marqués, ajoutés à un habitat peu biogène, limite le développement d'une faune variée et plus polluosensible.

12. Niveau typologique

12.1. Objectif et méthode

Les travaux conduits par Verneaux (Verneaux J. 1973) sur le réseau hydrographique du Doubs ont montré que dans un cours d'eau théorique se succèdent longitudinalement des niveaux typologiques qui correspondent chacun à une structure particulière de la biocénose, définis par la nature, le nombre et l'abondance des espèces. En conséquence 10 biotypes ont été définis (notés de 0 à 9), correspondant chacun à un groupement d'espèces typologiquement affines, dont les caractéristiques écologiques sont voisines (Verneaux J. 1973).

L'appartenance d'une station à un des biotypes peut être déterminée par le calcul du niveau typologique théorique (NTT) :

En prenant en compte six paramètres mésologiques à travers les trois facteurs fondamentaux que sont les facteurs thermiques, trophiques et morphodynamiques, il est possible de calculer le niveau typologique théorique d'une station de cours d'eau (Verneaux J. 1977).

► le facteur thermique T_1 prend en compte la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds (θ_{\max}).

► le facteur géotrophique T_2 est fonction de la distance à la source (d_0 en km) et de la dureté calco-magnésienne (D en mg/L). Des données de physico-chimie de l'analyse du 9/07/2019 ont été utilisées pour obtenir des concentrations en calcium et en magnésium.

► le facteur morphodynamique T_3 est lié à la section mouillée à l'étiage (S_{men} m²), à la pente du lit (p en ‰) et à la largeur du lit mineur (l en m)

Chaque facteur, composante du niveau typologique, se calcule de la manière suivante :

$$T_1 = 0,55 \theta_{\max} - 4,34$$

$$T_2 = 1,17 [\ln (d_0 \times D / 100)] + 1,50$$

$$T_3 = 1,75 [\ln (S_{\text{men}} / (p \times l^2) \times 100)] + 3,92$$

Le niveau typologique théorique (NTT) s'obtient grâce à la formule finale :

$$\text{NTT} = 0,45 \times T_1 + 0,30 \times T_2 + 0,25 \times T_3$$

Le NTT de la station de suivi à Raze a été calculé avec les valeurs suivantes :

Tableau 18: Variables utilisées dans le calcul du NTT

Station	θ_{\max} (°C)	Section (m ²)	Pente (‰)	Largeur mouillée (m)	Distance à la source (km)	Dureté (mg/L)
Raze	18*	0.4	2.6	2	0.8	110

Tableau 19 : Facteur et niveau typologique, pour la station en 2024

Station	T1	T2	T3	NTT	Biocénotype
---------	----	----	----	-----	-------------

Raze	5.56	1.35	6.28	4.5	B4+
------	------	------	------	-----	-----

Remarque 1 : La typologie originelle doit s'approcher davantage d'un B3 (situation plus apicale). Avec le réchauffement des eaux observé (en raison d'un ralentissement des écoulements, du faible ombrage du cours d'eau, des surlageurs de lit et les faibles lames d'eau associées) la typologie actuelle a opéré un glissement vers des niveaux plus « basals ».

**Remarque 2 : La valeur de température prise en compte dans le calcul (température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds) doit encore être affinée après obtention des données thermiques estivales. Nous prenons pour le moment une valeur approchée de 18°C au vu des relevés dont nous disposons actuellement.*

13. Qualité du peuplement piscicole

13.1. Matériels et méthodes

Les poissons, de par leur longévité et leur large utilisation de l'espace constituent des indicateurs privilégiés de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle d'un tronçon de rivière et de son évolution à long terme. Le peuplement piscicole est donc particulièrement intéressant à suivre dans le cadre d'un projet de restauration du milieu aquatique.

13.1.1. Echantillonnage

L'échantillonnage du peuplement piscicole a été effectué par pêche électrique, dans des conditions hydrologiques favorables.

1 électrode a été employée. Elle est alimentée par un matériel de type «Aigrette» de chez Dream Electronique. 1 opérateur muni d'une épuisette suit l'avancement de la pêche pour la capture des poissons.

La pêche électrique a été réalisée le **07 mars 2024**.

La stratégie d'échantillonnage appliquée est la pêche par enlèvements successifs, type « De Lury » à 2 passages.

Les densités ainsi que les biomasses de chaque espèce ont donc pu être estimées par la méthode de Carl et Strub. Outre l'estimation, cette méthode de calcul renseigne également sur la précision de l'estimation et l'efficacité de la pêche.

Les biomasses et les densités numériques ont ensuite été chacune converties en classes d'abondance comprises entre 0 et 5 (grille CSP DR5 1995).

13.1.2. Méthode d'interprétation : comparaison au référentiel typologique

Les travaux conduits par Verneaux (1973) sur le réseau hydrographique du Doubs ont montré que dans un cours d'eau théorique se succèdent longitudinalement des niveaux typologiques qui correspondent chacun à une structure particulière de la biocénose, définis par la nature, le nombre et l'abondance des espèces. En conséquence 10 biotypes ont été définis (notés de 0 à

9), correspondant chacun à un groupement d'espèces typologiquement affines, dont les caractéristiques écologiques sont voisines (Verneaux J. 1973).

En prenant en compte six paramètres mésologiques à travers les trois facteurs fondamentaux que sont les facteurs thermiques, trophiques et morphodynamiques, il est possible de calculer le niveau typologique théorique d'une station de cours d'eau (Verneaux J. 1977). (cf point précédent)

Remarque : Il faut souligner que les niveaux typologiques sont calculés après éventuelles modifications physiques, chimiques ou thermiques qu'ont pu subir les cours d'eau. Ces modifications, de par leurs impacts, influent sur le niveau typologique. Les valeurs déterminées intègrent donc en partie les perturbations du milieu. Il est probable que le niveau typologique originel de la station soit un peu plus apical que celui présenté dans l'étude. On doit donc garder à l'esprit que le diagnostic piscicole est effectué en comparant le peuplement en place avec le potentiel actuel du cours d'eau, mais pas avec la référence originelle, conduisant à une nécessaire sous estimation de l'altération des peuplements.

Connaissant le niveau typologique de la station, il est possible de lui associer le peuplement piscicole théorique correspondant. A partir d'un ensemble de stations référentielles, la délégation régionale du CSP de Lyon (CSP/DR n° 5, 1995) a fourni des références de classes d'abondance pour chaque espèce et pour chaque niveau typologique, ainsi que le nombre d'espèces optimal du type (n). n étant connu, on doit sélectionner les espèces le constituant : on choisit parmi les espèces présentes dans le bassin hydrographique celles qui présentent la plus forte affinité pour le biotype théorique. Si n n'est pas atteint, on complète avec les espèces les plus apicales puis les plus basales en favorisant celles capturées sur la station.

L'analyse proprement dite consiste ensuite à comparer pour chaque espèce la classe d'abondance observée à la classe d'abondance optimale du niveau typologique théorique de la station.

13.2. Résultats de l'inventaire piscicole

Tableau 20 : Données piscicoles de l'échantillonnage de la station le 07/03/2024

Espèce	P1	P2	total capturé	effectif estimé	Intervalle de confiance à 5%	densité numérique (ind. / 10ares)	densité pondérale estimée (kg/ha)
LOF	455	122	577	620	23	2725.3	153.6
EPT	100	65	165	265	95	1164.8	12.6
Tot				885		3890.1	166.2

Deux espèces sont contactées sur la station, la loche franche (LOF) et l'épinochette (EPT), pour une biomasse totale de 166 kg/ha et 3890 ind/10a.

La loche présente les abondances les plus fortes (577 individus capturés soit 78% de l'effectif, pour biomasse estimée à 153 kg/ha soit 92% du total). L'épinochette est bien représentée également (165 individus capturés, biomasse estimée à plus de 12 kg/ha).

Peuplement piscicole du ruisseau à Raze

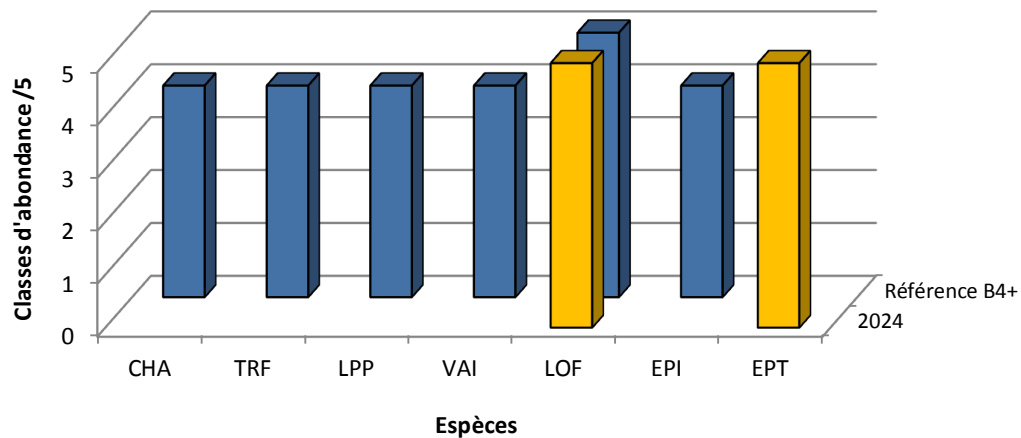


Figure 48 : Classes d'abondance des espèces et confrontation au référentiel typologique

Les deux espèces sont inventoriées avec des classes d'abondances maximales (5/5), la loche affichant son abondance théorique optimale pour le biocénotype.

Chabots, truite, lamproie de Planer (présente sur la Romaine par exemple) et vairons, sont totalement absents et témoignent d'un habitat très altéré empêchant le développement et le maintien d'une faune riche et en accord avec la typologie. La médiocre qualité de l'eau (*la thermie ?*) est également un frein majeur à la présence de ces espèces plus sensibles.

Une pêche électrique de sauvetage dans le cadre de la réfection du pont de la RD13 plus en amont dans le village, atteste de la présence de l'épinoche dans le ruisseau (3 individus capturés, septembre 2023, FD70). Celle-ci n'a pas été échantillonnée sur la station, présentant pourtant un habitat favorable à son développement.

La loche affectionne ce type de petit cours d'eau aux eaux claires, peu profondes et riche en végétation aquatique (Bruslé & Quignard, 2013). Elle trouve ici un habitat convenable avec une absence de prédation (par les truites en théorie) et se retrouve en très forte abondance. Ces fortes densités sont également la conséquence des quantités de matières organiques rejetées via les pollutions dans le ruisseau.

L'épinochette quant à elle peut se retrouver théoriquement à partir d'un biocénotype B5, avec un optimum en B7. L'espèce est grégaire et apprécie les zones riches en végétation (Bruslé & Quignard, 2013). Sa forte abondance ici, dans la végétation de bordure, peut résulter d'une colonisation par l'aval, où les conditions sont plus favorables encore à son développement (typologie de cours d'eau plus basale, avec présence de l'étang de Vy-le-Ferroux).

A titre informatif des carpes ont été observées dans le ruisseau en amont de l'étang de la Vy-le-Ferroux (obs. pers., 07/03/2024). Dans ce secteur le ruisseau présente une typologie plus basale, avec une plus grande profondeur moyenne, un écoulement nettement lentique et un faible ombrage, propice au réchauffement de l'eau.

14. Synthèse de l'état des lieux

Contexte

La partie basse de notre tronçon d'étude intègre la ZNIEFF type 1, du Marais de Vy le Ferroux. (Identifiant national : 430002360) dont les ruisseaux et suintements sont favorables à la présence de nombreuses libellules, dont l'agrion de Mercure, demoiselle d'intérêt européen, protégée en France. Les documents historiques montrent que le ruisseau qui était encore méandrique en aval du village, a subi une profonde rectification de son tracé dans les années 1970 à 1990.

Hydromorphologie

Les 500 mètres du ruisseau de Vy-le-Ferroux dans la traversée du village de Raze ont été décrits par deux tronçons homogènes. **La qualité hydromorphologique des tronçons est médiocre à passable.** L'intégralité du linéaire souffre d'une homogénéité des habitats avec une très faible attractivité pour le poisson. Les écoulements sont peu diversifiés ; le faciès plat lent domine largement avec près de 80% du linéaire.

Sur la station CarHyce, comme sur l'ensemble du linéaire, le gabarit du ruisseau est disproportionné par rapport à ses débits. Il résulte d'un lit artificiel, rectiligne et recalibré.

La surlargeur de lit mineur provoque des eaux lentes, des dépôts fins limoneux et des proliférations de végétaux qui sont par ailleurs, favorisés par l'absence de ripisylve et d'ombrage. La végétation aquatique tend à refermer totalement la section d'écoulement durant l'été.

Actuellement, la puissance du ruisseau et ses capacités érosives, sont insuffisantes pour espérer un auto ajustement et un retour vers une situation d'équilibre naturel et fonctionnel.

Qualité d'eau

Les analyses physicochimiques de l'eau mettent en évidence **une pollution nette en matières organiques, azotées et phosphorées.** Le phosphore est l'élément qui décline la qualité d'eau à un état moyen. Des eaux usées domestiques viennent contaminer le ruisseau, en ammoniums, phosphates et phosphores. Les nitrates, lessivés des sols agricoles, sont mesurés en très fort excès sur tous les prélèvements.

Qualité biologique

L'indice Biologique Diatomée (14.8/20) indique un « bon état », avec quelques espèces pionnières représentatives des sources et petits milieux apicaux, mais aussi une part importante des diatomées tolérante à des teneurs modérées voire fortes, en phosphates (mésotrophe) et nitrates (eunitrophile).

Le peuplement macroinvertébré est très peu diversifié et tolérant à la pollution. L'équivalent IBG donne une note médiocre de 8/20 et l'indice Invertébré Multi Métrique (I2M2) est très mauvais, avec un score de 0.07/1. Les charges organiques polluantes induisent une prolifération de certains invertébrés polluo-résistants et un déséquilibre dans la structure de la

population. Les mauvaises conditions d'habitat et les contaminations physico-chimiques du milieu limitent le développement d'une faune variée et plus polluosensible.

L'inventaire piscicole montre la présence de 2 espèces, alors que 5 à 6 espèces auraient logiquement été attendues dans notre contexte de petit ruisseau d'eau froide. L'Epinochette et la loche franche sont présentes et abondantes. Chabots, truite, lamproie de Planer (présente sur la Romaine par exemple) et vairons, sont totalement absents et témoignent d'un habitat très altéré empêchant le développement et le maintien d'une faune riche et en accord avec la typologie. La médiocre qualité de l'eau est également un frein majeur à la présence de ces espèces plus sensibles.

Perspectives

Des travaux de restauration hydromorphologique sont nécessaires pour rétablir un habitat attractif et diversifié pour les peuplements aquatiques. L'ensemble du linéaire a besoin d'être retravaillé pour retrouver un gabarit de lit adéquat et fonctionnel. L'aménagement visera entre autre, à (dans la mesure des possibilités de pente, de terrain disponible, de risque inondation....) améliorer l'alternance des faciès d'écoulement, les variétés de formes du lit (largeurs, profondeurs), la conservation d'un lit d'écoulement d'étiage, le matelas alluvial sédimentaire, la diversité des berges en forme et en nature de végétation....

Dans la traversée du village l'aménagement du ruisseau aura une vocation paysagère et écologique. Néanmoins, **un gain biologique peut être attendu uniquement si, conjointement aux travaux, des efforts et des résultats sur la qualité d'eau sont obtenus.**

L'aménagement du ruisseau dans le village pourrait être « bonifié » si le tronçon de ruisseau des lagunes de Raze au marais de Vy le Ferroux faisait également l'objet d'une restauration. En effet, le contexte aval village (tracé historique méandriforme, zone humide, ZNIEFF, espace de divagation latérale...) pourrait dégager des perspectives de travaux ambitieux et un fort potentiel de restauration de la fonctionnalité du cours d'eau et de la zone humide.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR, 1992, 2004. Qualité écologique des milieux aquatiques. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN), Association française de normalisation, Norme homologuée T 90-350.

AFNOR, 2009. Norme XP T90-333 (septembre 2009) Qualité de l'eau – Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes.

Baudoin JM., Boutet-Berry L., Cagant M., Gob F., Kreutzenberger K., Lamand F., Malavoi JR., Marmonier P., Pénil C., Rivière C., Sadot M., Tamisier V., Tual M., (2017) – Carhyce. Caractérisation hydromorphologique des Cours d'Eau. Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied. *AFB. Collection Guides et protocoles. 52p*

BRUSLE J & QUIGNARD J.P. 2013. Biologie des poissons d'eau douce européens, Lavoisier 2e édition, 740p

DUMOUTIER Q., VIGIER L. ET CAUDRON A. 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03 disponible sur http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

KINCHELOE J., WEDEMEYER G., KOCH D., 1979. Tolerance of developing salmonid eggs and fry to nitrate exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.*, 23 : 575-578

LABAT, F., 2021. Identification de valeurs guides d'interprétation pour l'outil diagnostique invertébrés. AQUABIO, Cournon d'Auvergne, 15 p.

MONDY C.P. 2012 : De la communauté à l'individu : apport des traits des invertébrés benthiques dans la bio-évaluation des cours d'eau. Thèse de l'Université de Lorraine 393 pages.

MONDY C.P., DEZERARD O., BONNE C. & USSEGLIO-POLATERA P. 2017. Diagnostic écologique multi-compartiments des cours d'eau. Rapport d'étape année 1, Rapport Université de Lorraine (LIEC) pour l'AFB, Novembre 2017, 96 p

NISBET M. et VERNEAUX J. 1970 : Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie* t6 fasc. 2, p 161-190.

TACHET, H. et al., 2010. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris, 607p.

Tamisier V., Gob F., Bilodeau C. et Thommeret N. (2017) – Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau français (Carhyce). Valorisation des données Carhyce pour la construction d'un outil d'aide à la gestion des cours d'eau. *Rapport scientifique CNRS (LGP-LADYSS)/Université de Paris Panthéon-Sorbonne/ESGT/AFB*, 142 p

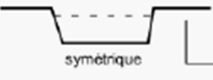
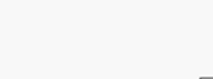
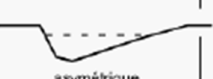

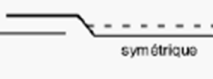
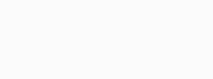
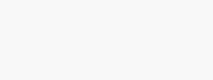
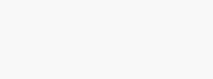

TELEOS, 2000. Méthode standard d'analyse globale de la qualité de l'habitat aquatique, guide 12p.

VERNEAUX J. 1973 : Cours d'eau de Franche-Comté. Recherche sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'Etat Univ. Fr.Comté, Besançon 275 pages

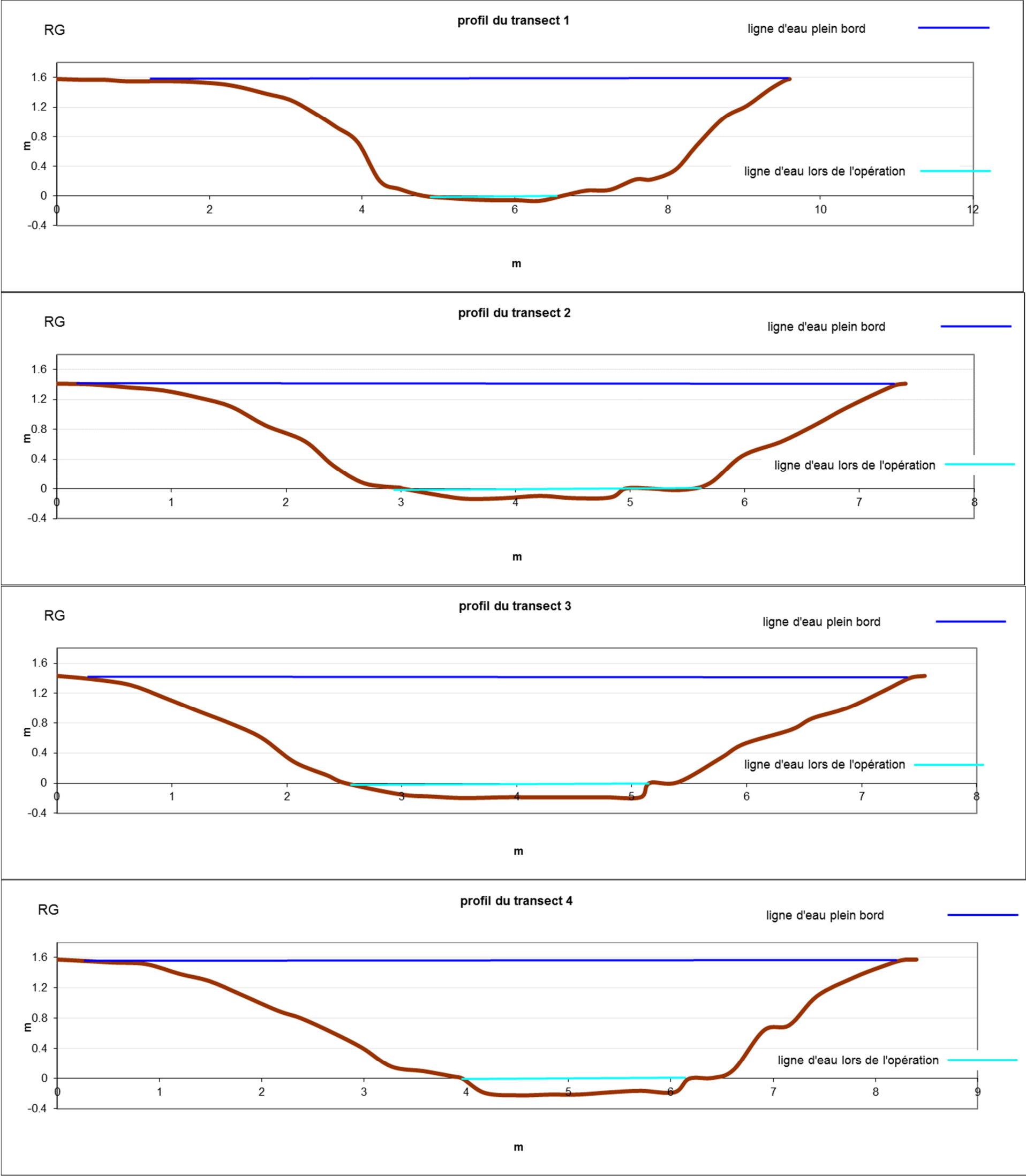
VERNEAUX J., 1977: Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Déterminisme approché de la structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* 284: pp 77-79.

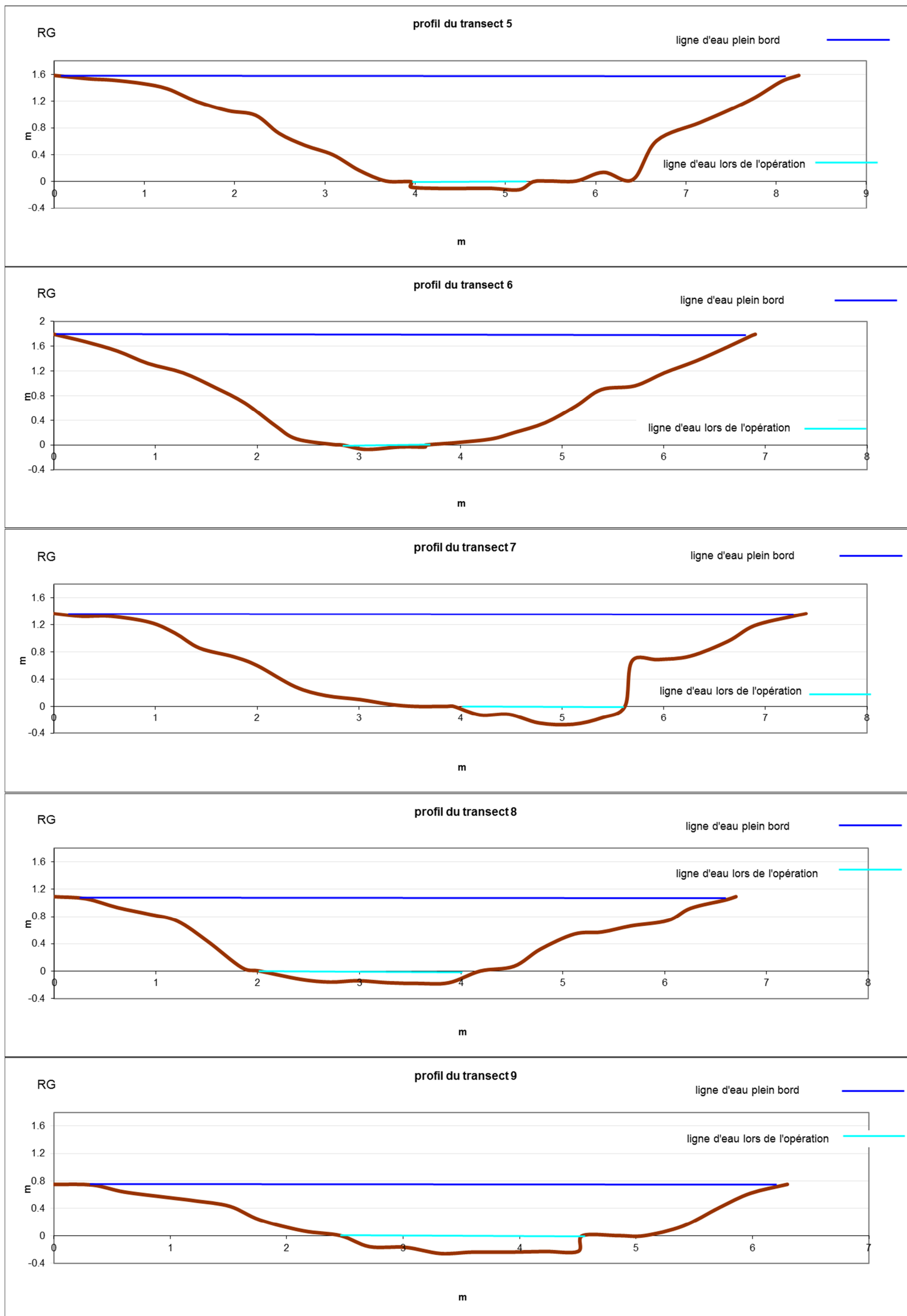
ANNEXES

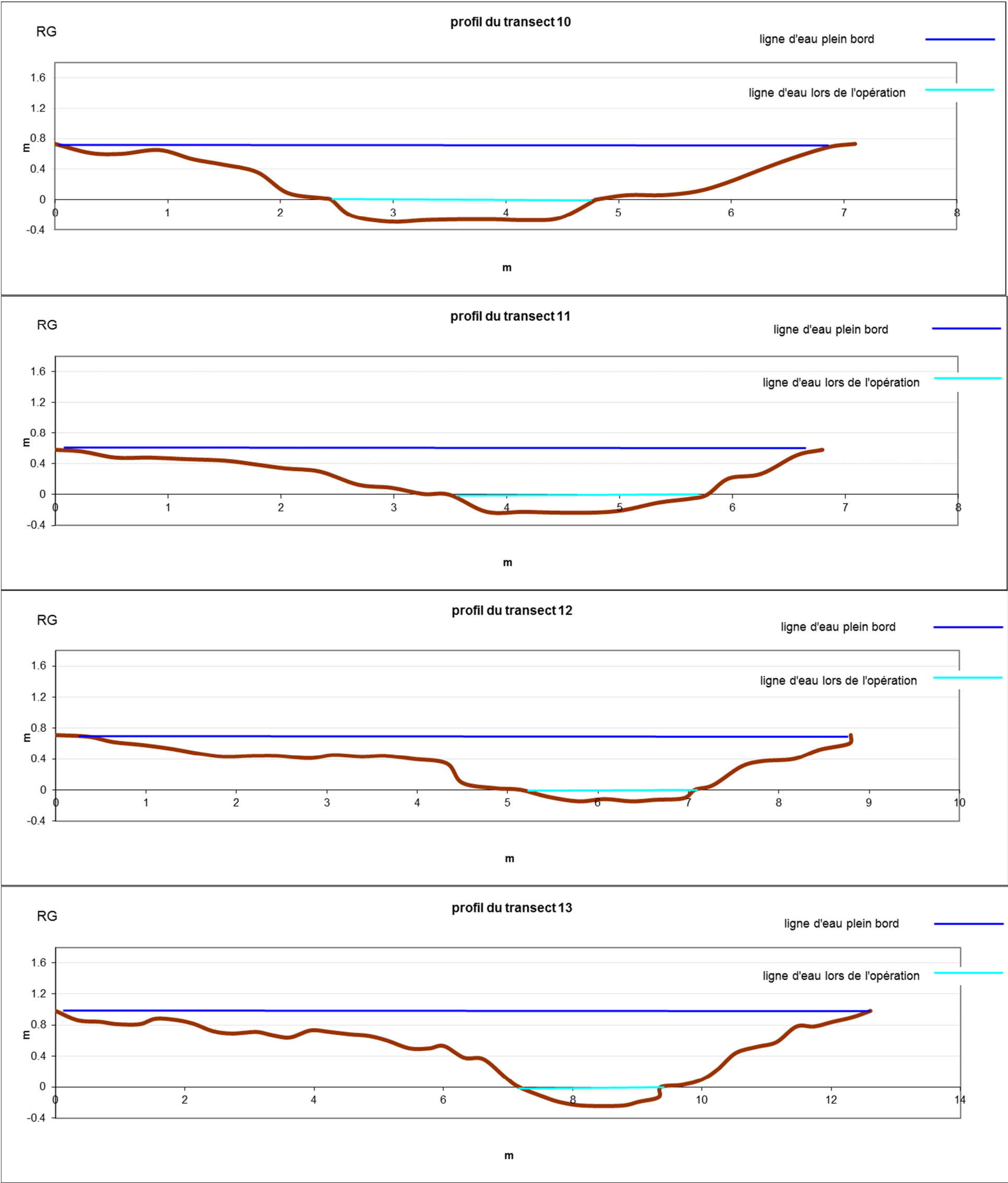
ANNEXE 1 : Granulométrie de Wentworth

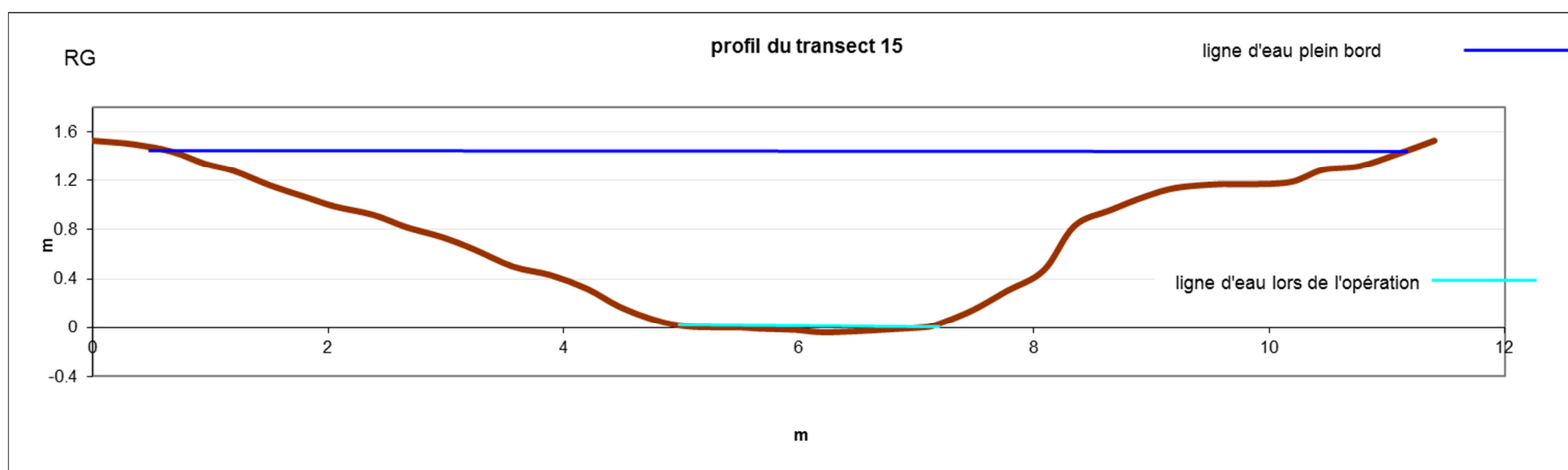
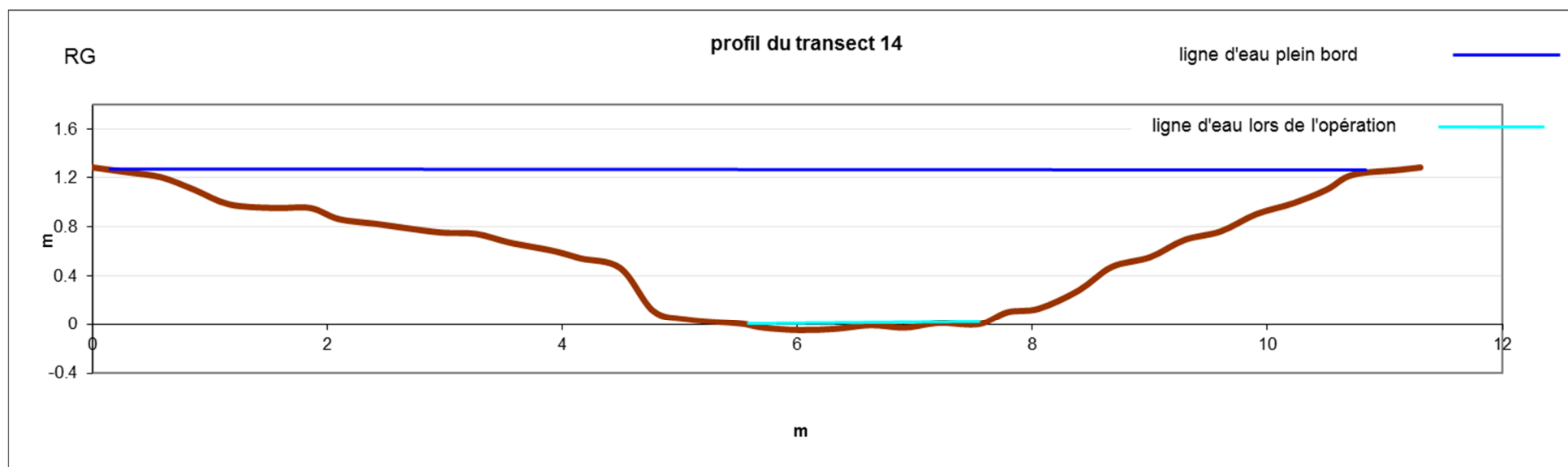
Geomorphic units classification key.				
PROFONDEUR	VITESSE	PROFIL EN TRAVERS	PROFIL EN LONG	FACIES
> 60 cm	< 30 cm/s	symétrique	 <p>souvent en amont d'un obstacle ou d'un faciès de type radier ou rapide</p>	CHENAL LENTIQUE
			 <p>en pied de cascade ou de chute</p>	FOSSE DE DISSIPATION
		asymétrique	 <p>généralement dans une concavité de méandre</p>	MOUILLE DE CONCAVITE
	> 30 cm/s	symétrique	le long d'un obstacle à l'écoulement : embâcle, pile de pont, rocher	FOSSE D'AFFOUILLEMENT
			 <p>pas de situation particulière</p>	CHENAL LOTIQUE
		asymétrique		
< 60 cm	< 30 cm/s	symétrique	 <p>souvent en amont d'un obstacle ou d'un faciès de type radier ou rapide</p>	PLAT LENTIQUE
			 <p>pente douce, écoulement uniforme, vagues à la surface de l'eau liées à la présence du substrat à proximité de la surface libre. Rugosité relative $H/S50 \sim 3 \text{ à } 4$ (H = hauteur d'eau, $S50$ = petit axe du $D50$, diamètre médian du substrat)</p>	PLAT COURANT
		asymétrique	 <p>pente plus forte, rupture de pente plus nette avec les faciès limitrophes. Turbulence plus forte liée à l'affleurement du substrat au ras de la surface libre. Rugosité relative $H/S50 \sim 2 \text{ à } 3$</p>	RADIER
	> 30 cm/s	symétrique	 <p>pente très forte, forte turbulence matérialisée par de l'écume blanche. $H/S50 \sim 1.2 \text{ à } 2$</p>	RAPIDE
			 <p>pente très forte, dénivelée entre l'amont et l'aval > 0.5 et < 1.5 m</p>	CASCADE
		asymétrique	dénivelée > à 1.5 m	CHUTE

ANNEXE 2 : Profils CARHYCE









Annexe 3 : Liste floristique IBD

LISTE FLORISTIQUE		Station Raze	
Taxons inventoriés	Code	Nombre	%
Sellaphora nigri (De Not.) C.E. Wetzel et Ector comb. nov. emend.	SNIG*	134	33.2
Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki var. minutissimum	ADMI*	115	28.5
Amphora pediculus (Kützing) Grunow var. pediculus	APED*	88	21.8
Gomphonema pumilum var. rigidum Reichardt & Lange-Bertalot	GPRI*	21	5.2
Gomphonema parvulum var. parvulum f. parvulum (Kützing) Kützing	GPAR*	6	1.5
Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer	RSIN*	5	1.2
Fistulifera saprophila (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	FSAP*	4	1.0
Navicula cryptotenella Lange-Bertalot var. cryptotenella	NCTE*	4	1.0
Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	RABB*	4	1.0
Achnanthidium affine (Grun) Czarnecki	ACAF*	3	0.7
Craticula subminuscula (Manguin) C.E. Wetzel et Ector	CSNU*	3	0.7
Nitzschia palea (Kützing) W.Smith var. palea	NPAL*	3	0.7
Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot var. frequentissimum	PLFR*	3	0.7
Caloneis lancettula (Schulz) Lange-Bertalot et Witkowski	CLCT*	2	0.5
Navicula reichardtiana Lange-Bertalot var. reichardtiana in LBK	NRCH*	2	0.5
Staurosirella pinnata (Ehrenberg) Williams et Round var. pinnata	SPIN*	2	0.5
Denticula tenuis Kützing var. tenuis	DTEN*	1	0.2
Geissleria acceptata (Hust.) Lange-Bertalot & Metzeltin	GACC*	1	0.2
Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory var. tripunctata	NTPT*	1	0.2
NITZSCHIA A.H. Hassall	NITZ	1	0.2
Nitzschia amphibia f. amphibia Grunow var. amphibia	NAMP*	1	0.2

* : espèce prise en compte dans le calcul de l'IBD

Annexe 4 : Fiche de prélèvement IBG-DCE

FICHE DE CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES IBG DCE

Norme : XP T90-333 (sept 2009) Qualité de l'eau – Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes.

Cours d'eau :	Ruisseau de Vy-le-Frroux	HER :	15 – Plaine de Saône
Code station :	Raze village	Masse d'eau:	FRDR11186
Département:	70 – Haute Saône	Commune :	Raze
Coordonnées (L93)		X	Y
Limite Amont :		926087.9	6724541.2
Limite Aval :		926025.2	6724549.5
Limite amont :	Pont aval du village		
Limite aval :	65m en aval du pont		
Prélèvement	Date :	18/09/2023	Heure : 11h
	Durée	1h30	
	Opérateurs :	Nicolas Bertrand – Julien Rahon	

CONDITIONS DU PRELEVEMENT :

Situation hydrologique

☐ Inconnue ☒ Etiage ☐ Moyennes Eaux ☐ Hautes Eaux

Débit mesuré :

Conditions météorologiques

☐ Temps sec ensoleillé ☒ Temps sec couvert ☐ Temps humide
☐ Pluie

☐ Orage ☐ Neige ☐ Gel

Limpidité de l'eau

☐ Limpide ☒ Légèrement trouble ☐ Trouble

• : DESCRIPTION DE LA STATION

- Ensoleillement moyen :
☐ < 10 % ☐ 10 à 50 % ☐ 50 à 90 % ☒ > 90 %

- Dégradations apparentes :

- ☒ Traces de recalibrage, reprofilage, rectification ou canalisation
- ☐ Traces de curage
- ☒ Traces de colmatage du fond par des vases ou des sables
- ☒ Présence de rejets Nature : pluvial en RG
- ☐ Prolifération végétale

- **Dynamique des berges :**

RIVE GAUCHE

- ☒ Naturelles
☐ Piétinées avec effondrement
☐ Bloquées ou encaissées
☐ Enrochement grossier

RIVE DROITE

- ☒ Naturelles
☐ Piétinées avec effondrement
☐ Bloquées ou encaissées
☐ Enrochement grossier

- **Occupation des sols du lit majeur :**

RIVE GAUCHE

- ☒ Prairies, zones humides
☐ Forêts, friches, bosquets
☐ Cultures, plantation de ligneux,
☐ Urbanisée, imperméabilisée

RIVE DROITE

- ☐ Prairies, zones humides
☒ Forêts, friches bosquets
☐ Cultures, plantation de ligneux,
☐ Urbanisée, imperméabilisée

Faciès :

Faciès	Import. relative en %	Prof. moy. en m.	Vitesse min-max (cm/sec)	Granulo Dominante	Granulo Accessoire	Type de colmatage	Végétation aquatique	
							Dominante	Rec en %
Radier	35	0.05	10-40	CG	PF			
Rapide								
Chute								
Cascade								
Plat courant								
Plat lentique	65	0.20	0-10	L		vases	hélophyte	
Chenal lotique								
Chenal lentique								
Fosse dissipation								
Fosse d'affouillement								
Mouille de concavité								
Bras mort								

• : **PLAN D'ECHANTILLONNAGE (D'APRES FICHE IRSTEA)**

Largeur plein bord moyenne : 8 m.

Largeur mouillée moyenne : 1.7 m.

Longueur de la station : 65 m.

Substrat	SANDRE	Habitabilité	% réel de recouvrement	Dominant / Marginal (P/MNR/D/M)	classes de vitesse							
					N6 plus de 75 cm/s		N5 26 à 75 cm/s		N3 6 à 25 cm/s		N1 0 à 5 cm/s	
					Prélèvement	Présence	Prélèvement	Présence	Prélèvement	Présence	Prélèvement	Présence
Bryophytes	S1	11										
Hydrophytes	S2	10	2	M								
Litières	S3	9	1	M								
Branchage, racines	S28	8										
Pierres, galets	S24	7	4	M								
Blocs	S30	6										
Granulats	S9	5	1	M								
Helophytes	S10	4	30	D								
Vases	S11	3	8	D								
Sables, limons	S25	2	54	D								
Algues	S18	1										
Dalles, argiles	S29	0										

	obligatoire	obligatoire	obligatoire	facultatif	facultatif	facultatif	facultatif	facultatif
PRELEVEMENT	SUBSTRAT	CLASSE VITESSE	BOCAL	HAUTEUR D'EAU	COLMATAGE (code Archambaud)	STABILITE	NATURE VEGETATION	ABONDANCE VEGETATION
P1	10	3	A					
P2	9	1	A					
P3	7	3	A					
P4	5	3	A					
P5	4	1	B					
P6	3	1	B					
P7	2	1	B					
P8	2	3	B					
P9	2	1	C					
P10	2	3	C					
P11	2	1	C					
P12	4	3	C					

Annexe 5 : Liste faunistique IBG-DCE

Ruisseau de Vy-le-Ferroux à Raze (18/09/2023)

		B1				B2				B3				B1 + B2 + B3			
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Cumulée	Relative		
INSECTES	Substrat/Vitesse	10.3	9.1	7.3	5.3	4.1	3.1	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	4.3				
Famille	Genre																
TRICHOPTERES																	
Beraeidae	Beraeodes minutus					1								1	0.0%		
Sericostomatidae	Notidobia	1	1									1				3	0.0%
EPHEMEROPTERES																	
Baetidae	Baetis									6				6	0.1%		
COLEOPTERES																	
Elmidae	Elmis	1												1	0.0%		
Haliplidae	Haliphus					2				1				3	0.0%		
Helodidae	Elodes	1													1	0.0%	
DIPTERES																	
Ceratopogonidae										1				1	0.0%		
Chironomidae		46	13	2	16	23	19	40	56	17	4	10	28	274	2.9%		
Limoniidae		1												1	0.0%		
Psychodidae		10	6	3	1	5	43	7	2	5	3	1	8	94	1.0%		
Stratiomyidae		1												1	0.0%		
MEGALOPTERES																	
Sialidae	Sialis	1												1	0.0%		
CRUSTACES	-																
AMPHIPODES																	
Gammaridae	Gammarus	240	830	710	364	42	11	42	58	20	222	2	4261	6802	70.9%		

ISOPODES															
<i>Asellidae</i>	<i>Asellus</i>	6	4	1		4				1			2	18	0.2%
MOLLUSQUES															
BIVALVES															
<i>Sphaeriidae</i>	<i>Pisidium</i>	39	19	30	6	58	4	232	198	7	56	6	5	660	6.9%
GASTEROPODES															
<i>Limnaeidae</i>	<i>Radix</i>			1										1	0.0%
<i>Planorbidae</i>	<i>Planorbis</i>	2											1	3	0.0%
	<i>Bathyomphalus</i>	9				1		1						11	0.1%
<i>Valvatidae</i>	<i>Valvata cristata</i>	14	1	5		1					3		1	25	0.3%
VERS															
ACHETES															
<i>Erpobdellidae</i>	<i>Erpobdella</i>	3	5	8	11	13	4	9	5	14	4	1	6	83	0.9%
<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphonia</i>	2	1	3	3	3		1	1		3			17	0.2%
	<i>Batracobdella</i>		1										6	7	0.1%
TRICLADES															
<i>Dendrocoelidae</i>				12										12	0.1%
<i>Dugesiidae</i>				5										5	0.1%
<i>Planariidae</i>	<i>Polycelis</i>			25	1							1		27	0.3%
OLIGOCHETES		22	50	243	388		60	15	406	108	100	134	4	1530	16.0%
HYDRACARIENS				1			2			1				4	0.0%

Abondance cumulée	395	933	1050	791	152	141	347	730	172	397	156	4328	9592
Abondance relative	4%	10%	11%	8%	2%	1%	4%	8%	2%	4%	2%	45%	100%

Taxon(s) indicateur(s)	GI	Variété taxonomique (IBGN)	Classe de Variété	Variété taxonomique (RCS)	Note IBGN
Gammaridae	2	23	7	27	8/20

