

**CONNAITRE ET RESTAURER LES RÔLES DE DIFFUSION DES
POCHES DE BIODIVERSITÉ AU SEIN DE LA TRAME TURQUOISE
SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT DE LA BIENNE**

*Approche multi-spécifique et prise en compte des besoins en habitats
thermiques en lien avec le changement climatique*

Rapport final 2

VOLET INVERTEBRES AQUATIQUES



Référence à citer :

Dumoutier Q. 2024. Connaître et restaurer les rôles de diffusion des poches de biodiversité au sein de la trame turquoise sur l'ensemble du bassin de la Bienne – Rapport final 2 Volet invertébrés aquatiques. PNR Haut Jura, 39 pages.

SOMMAIRE

1.	Préambule commun aux cinq rapports.....	4
1.1	Présentation générale du bassin versant de la Bienne	4
1.2	Un bassin à fort potentiel de résilience.....	6
1.3	Objectifs globaux du projet	9
1.4	Une démarche méthodologique en 4 volets.....	10
1.5	Choix des 35 tronçons d'études au sein de la trame turquoise	11
2.	Méthodologie du volet invertébrés aquatiques.....	14
2.1	Diversité d'espèces présentes et patrimonialité des taxons observés	15
2.1.1	Groupes taxonomiques visés.....	15
2.1.2	Méthodologies d'échantillonnage.....	15
2.1.3	Période de prélèvements et effort de prospection.....	17
2.1.4	Traitement de la collecte.....	17
2.1	Approche quantitative : densité d'invertébrés et approche biogénique des tronçons.....	18
2.1.1	Groupes taxonomiques visés.....	18
2.1.2	Méthodologies d'échantillonnage.....	18
2.1.3	Période de prélèvements	18
2.1.4	Traitement de la collecte.....	19
3.	Résultats du volet invertébrés aquatiques.....	20
3.1	Répartition de la diversité en plécoptères, trichoptères et éphémères	20
3.2	Répartition des espèces patrimoniales	23
3.3	Densité numérique globale par station.....	28
3.4	Densité numérique ETP par station – approche dispersion de taxons patrimoniaux.....	31
3.5	Densité numérique pondérée par la taille – approche biomasse	32
3.1	Quelques éléments de comparaison entre la densité d'invertébrés biodisponibles et les densités de truites fario 0+.....	33
4.	Synthèse des données.....	37
4.1	Poches de biodiversité	37
4.2	Poches de densité.....	38
5.	Références citées.....	39

1. PRÉAMBULE COMMUN AUX CINQ RAPPORTS

Le projet sur le rôle de diffusion des poches de biodiversité sur la Bienne a été mené entre 2021 et 2024. Il a généré une quantité importante de nouvelles données et informations qui sont destinées à être prises en compte dans les futures actions de conservation et de restauration mises en œuvre pour améliorer la résilience de la biodiversité sur le bassin de la Bienne.

Afin d'améliorer la compréhension et la diffusion des résultats obtenus, la totalité du travail réalisé dans ce projet a été séparée en 5 rapports thématiques correspondants aux différents volets d'étude, à savoir :

- Rapport 1 : rapport final du volet « biodiversité ichtyologique »
- Rapport 2 : rapport final du volet « biodiversité invertébrés aquatiques »
- Rapport 3 : rapport final du volet « biodiversité avifaune »
- Rapport 4 : rapport final du volet « cartographie thermique et caractérisation des habitats thermiques de la Bienne »
- Rapport 5 : Synthèse, priorisation et propositions d'actions

Un préambule présentant le contexte et la démarche méthodologique du projet dans sa globalité est repris dans chaque rapport.

1.1 Présentation générale du bassin versant de la Bienne

Le bassin versant de la Bienne d'une surface de 730 km² présente un réseau hydrographique de 422 km de cours d'eau dont environ 72 km pour le cours principal de la Bienne et 350 km pour les affluents. En complément de ce réseau de surface, le bassin se caractérise par une hydrologie souterraine soutenue en lien avec le réseau karstique du massif jurassien.

La Bienne prend sa source à 1100 m d'altitude sur la commune de Prémanon et conflue avec l'Ain au niveau du lac artificiel de Coiselet. En plus de la Bienne, on note 9 autres cours d'eau importants qui sont de l'amont vers l'aval : l'Evalude, le Pissevielle, le système Tacon-Grosdar-Flumen, le Lizon, le Longvirv, l'Heria et le Merdanson (figure 1).

La Bienne ainsi que ces principaux affluents sont soumis à des pressions diverses qui impactent localement leur qualité. On peut noter, en premier lieu, les impacts en lien avec l'essor historique des activités industrielles (tournage sur bois, et surtout lunetterie) qui a bénéficié de l'utilisation de la force hydraulique. Ces activités ont engendré d'importantes modifications morphologiques des rivières (création de barrages, endiguement des berges et artificialisations des abords, dérivations des eaux), des pollutions d'origine industrielles (métaux et résidus divers, hydrocarbures) et des altérations de la qualité physico-chimiques de l'eau liées au développement démographique (assainissement). L'activité agricole liée à la production laitière et fromagère implantée sur les plateaux du bassin versant représente également une source de pollution non négligeable.

Au cours de ces 15 dernières années, plusieurs démarches territoriales entreprises par les acteurs de l'eau ont permis d'accentuer les efforts de restauration de la qualité des eaux et des habitats sur le bassin. Le dernier diagnostic du SDAGE (2016-2021) fait état sur les 41 masses d'eau du bassin d'une situation écologique globalement bonne à moyenne et d'une situation chimique bonne sur l'ensemble des cours d'eau (figure 2).

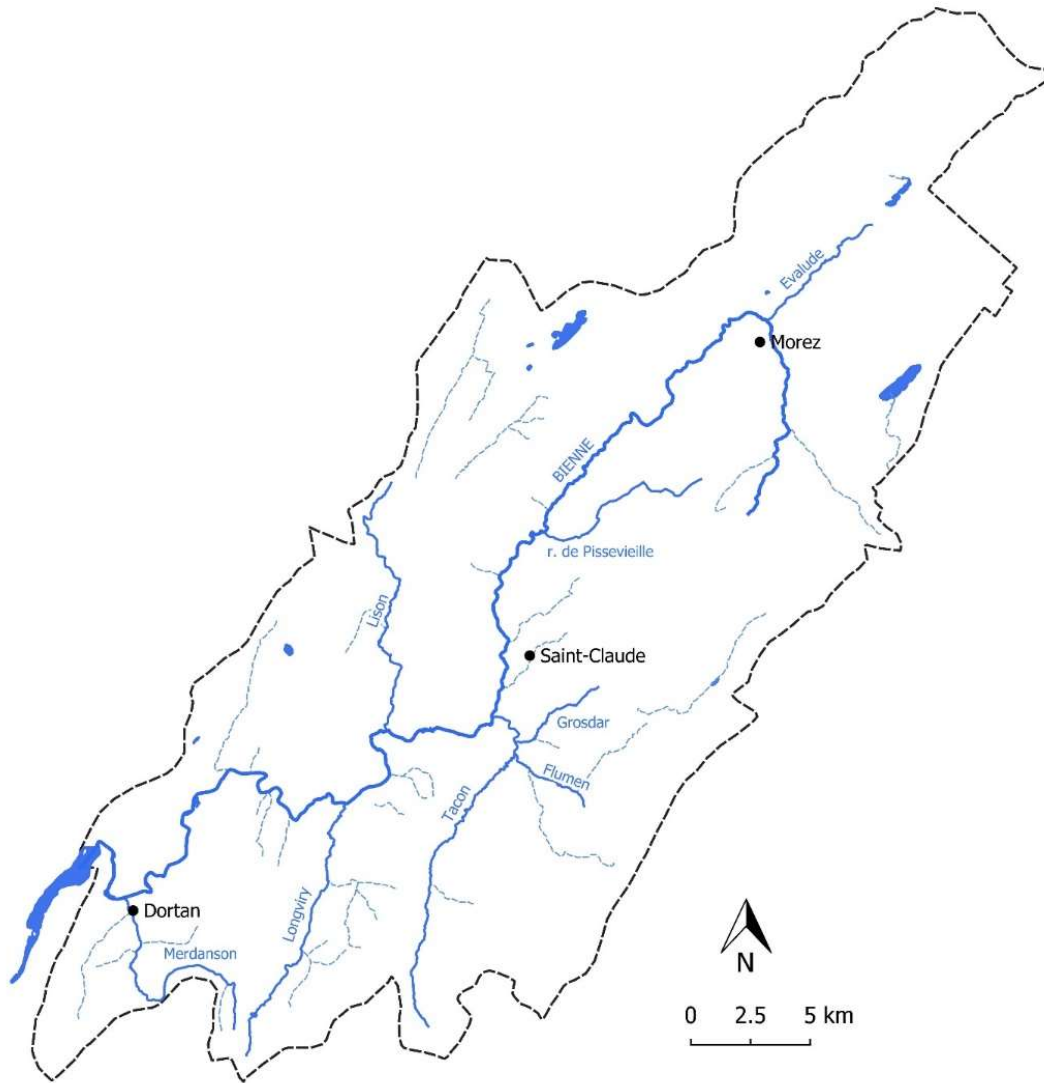


Figure 1 : Carte du réseau hydrographique principal du bassin de la Bienne.

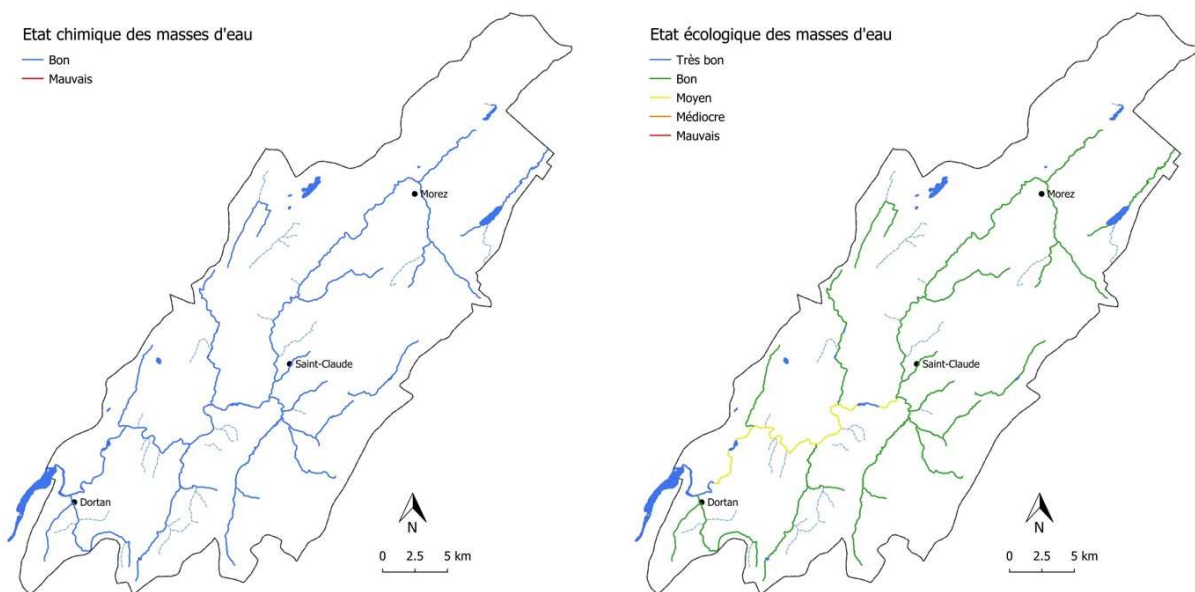


Figure 2 : Cartes des états chimique et écologique des masses d'eau du bassin de la Bienne.

Les principales sources de dégradations relevées aujourd'hui concernent les pollutions sédimentaires par les métaux lourds et les HAP liées au passé industriel et les altérations morphologiques et hydrologiques.

La carte des ouvrages transversaux recensés sur le bassin illustre les modifications morphologiques qu'ont subies les cours d'eau du bassin avec plus de 93 ouvrages artificiels (figure 3).

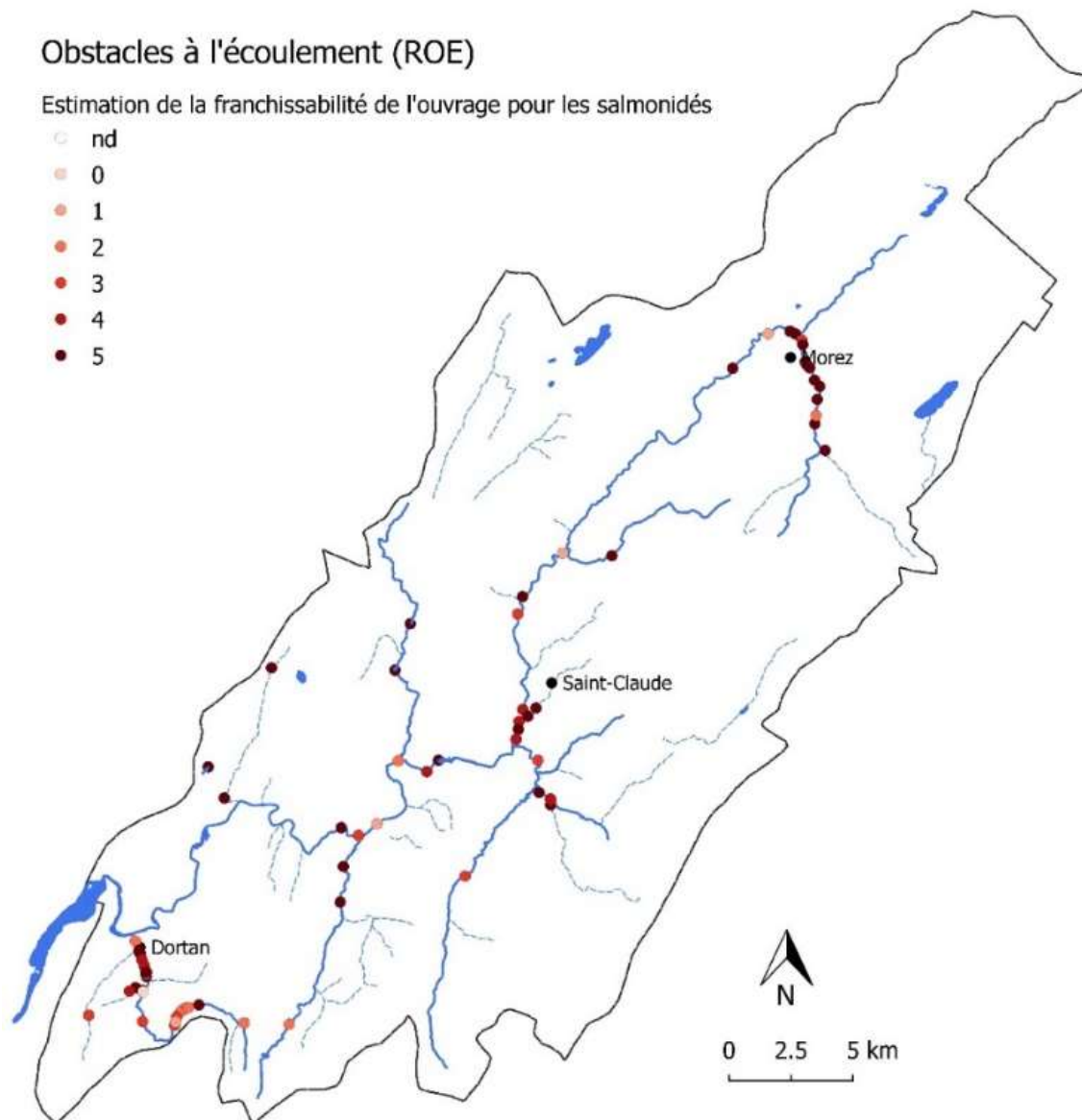


Figure 3 : Carte des ouvrages recensés dans le ROE et note de franchissabilité pour la truite.

1.2 Un bassin à fort potentiel de résilience

Le projet repose sur le constat que le bassin de la Bienne présente encore plusieurs atouts qui lui permettent d'avoir un fort potentiel de résilience et de restauration :

- A l'échelle du bassin, l'emprise anthropique reste encore limitée (figure 4) : l'occupation du sol est dominée à 75% par les forêts et les milieux semi-naturels, les terres agricoles représentent environ 18% et sont essentiellement localisées sur les plateaux, et enfin les zones urbanisées sont très minoritaires avec moins de 3% du bassin ;

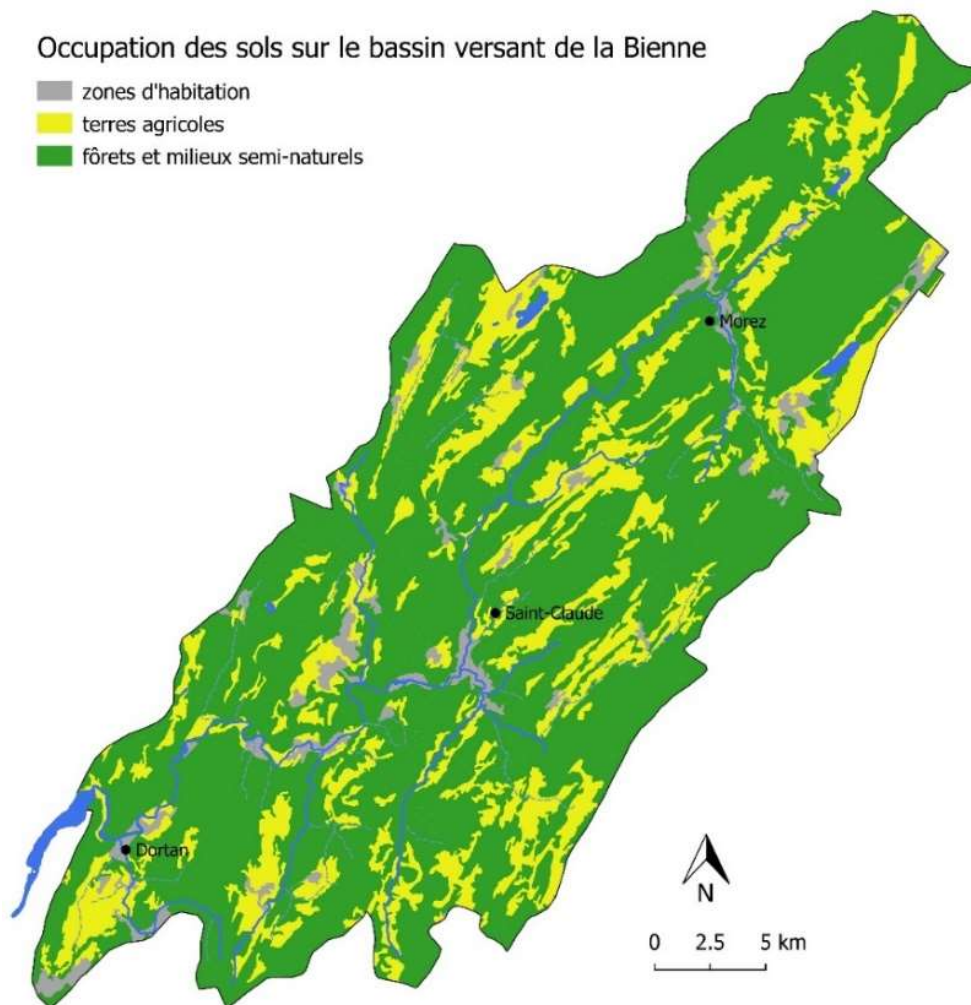


Figure 4 : Carte des occupations du sol par grandes catégories sur le bassin de la Bienne.

- La principale cause qui a légitimé à une époque les modifications morphologiques des rivières à savoir l'utilisation de la force hydraulique à des fins industrielles a aujourd'hui disparu ouvrant la voie à une possible résilience ;
- Les cours d'eau sur ce territoire présentent des capacités de résilience importantes en lien avec leurs caractéristiques géochimiques et hydrologiques qui en font des milieux très biogènes et présentant des dynamiques de restauration rapides ;
- Un acteur GEMAPI unique sur le bassin, le PNR du Haut-Jura qui développe sur ce bassin une politique ambitieuse de restauration des habitats pour améliorer la fonctionnalité des milieux.
- Une diversité de milieux et d'habitats aquatiques importante source d'une riche diversité biologique et des zones encore préservées sur différentes parties du bassin qui peuvent servir de puits de biodiversité pour accélérer la résilience des secteurs restaurés ;
- A l'échelle du bassin et de l'ensemble du réseau hydrographique, les inventaires disponibles font ressortir l'existence d'un patrimoine naturel important avec de forts enjeux de préservation et restauration de la biodiversité.

Tout d'abord, les ZNIEFFs qui identifient les secteurs d'intérêt écologique abritant une biodiversité patrimoniale sont très présentes sur le bassin. **Environ 500 km² du territoire soit 68% de la surface du bassin sont inventoriés en ZNIEFF** dont 240 km² en type 1 et 320 km² en type 2 (figure 5).

Il est important de noter qu'une grande partie des cours d'eau sont inclus dans les ZNIEFFs dont notamment la Bienne au niveau de ses sources, puis sur un long linéaire entre Morez et la confluence

avec le Tacon, ainsi que plusieurs affluents (figure 5). Il en est de même de la répartition des zones NATURA 2000 et en particulier des Zones Spéciales de Conservation à forts enjeux au niveau européen (figure 6).

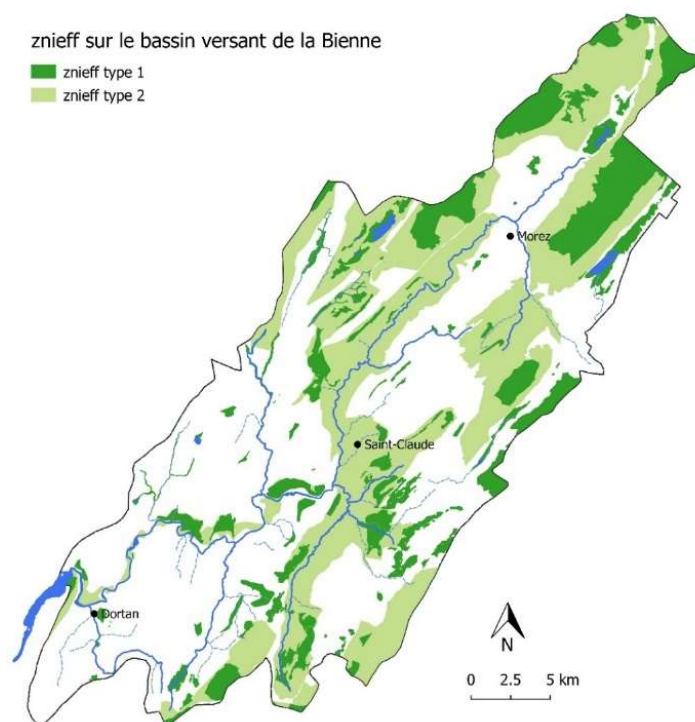


Figure 5 : Cartographies des ZNIEFF (type 1 et 2) sur le bassin de la Bienne.

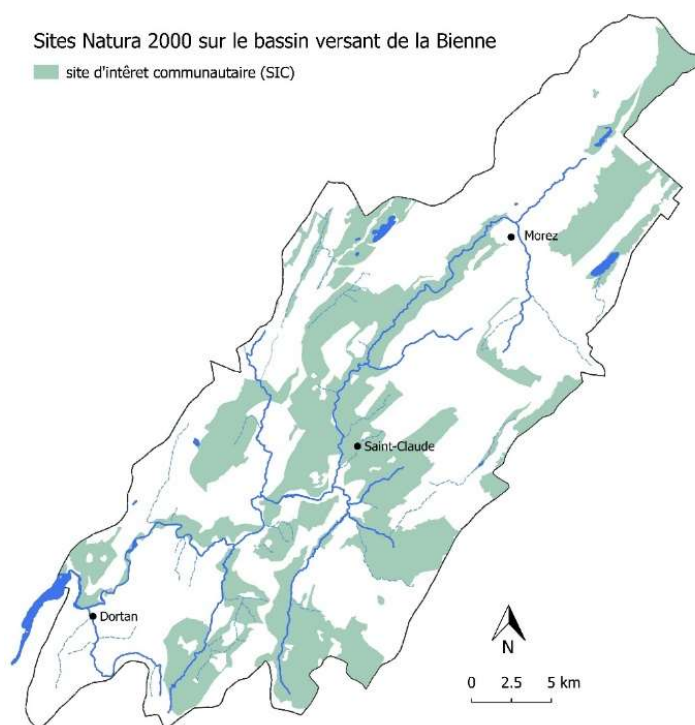


Figure 6 : Cartographies des Sites d'Importance Communautaire (SIC) inscrite au réseau NATURA 2000 (Zones Spéciales de Conservation) sur le bassin de la Bienne.

En ce qui concerne les réseaux écologiques (réservoirs biologiques et corridors), le bassin de la Bienne montre un potentiel important en termes de flux de biodiversité grâce à la présence de réservoirs de biodiversité conséquents et d'une diversité de milieux, ouverts, boisés aquatiques pouvant servir de corridors (figure 7). En particulier, sur le bassin, la majorité des cours d'eau et leurs abords ont été identifiés comme trame bleue représentant donc un enjeu essentiel pour la restauration de la biodiversité aquatique. De même, une surface importante du bassin versant a été identifiée comme trame verte dont une grande partie jouxte les cours d'eau classés en réservoirs biologiques (figure 7).

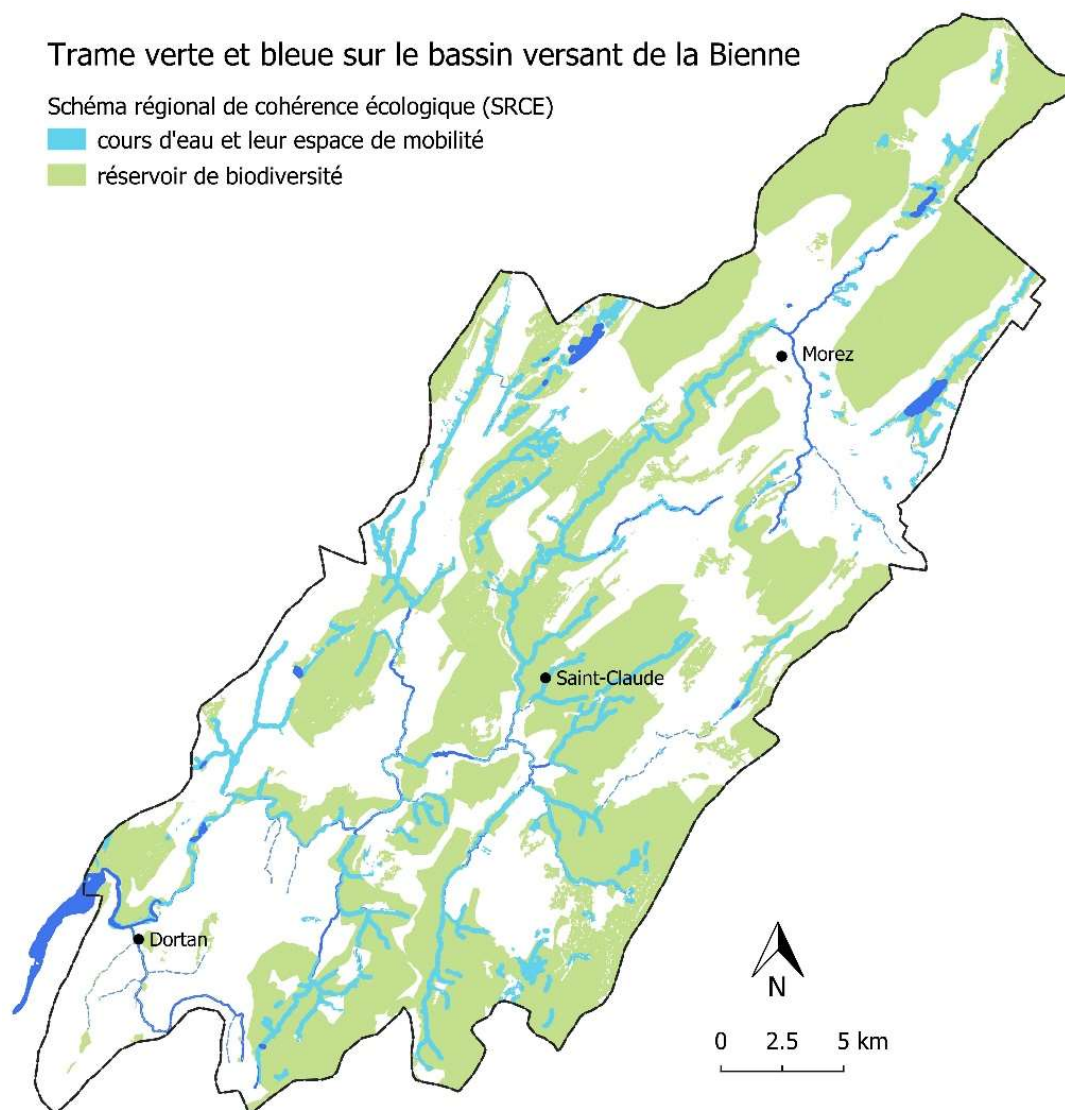


Figure 9 : Carte de la trame verte et bleue sur le bassin de la Bienne regroupant les réservoirs de biodiversité surfaciques et des cours d'eau inscrits au SRCE.

Ce fort potentiel de restauration fait du bassin de la Bienne un territoire à enjeux où la résilience des processus assurant la fonctionnalité des milieux aquatiques est encore possible afin d'avoir un impact positif sur la biodiversité associée.

1.3 Objectifs globaux du projet

Le projet a pour but de favoriser la résilience de la biodiversité sur le bassin de la Bienne par une approche originale de restauration des habitats en priorisant les actions qui favorisent le rôle de diffusion des poches de biodiversité existantes (notion de puits de biodiversité).

L'objectif final du projet est de définir un plan d'actions opérationnelles pour assurer une meilleure circulation biologique au sein de la trame bleue et de la trame turquoise à partir des poches (ou « hotspots ») de biodiversité encore présentes sur le bassin de la Bienne.

Le travail réalisé a consisté à répondre aux différents objectifs suivants :

- Localiser sur l'ensemble du réseau hydrographique les poches de biodiversité présentant à la fois une forte richesse biologique et une bonne fonctionnalité écologique à partir d'espèces cibles de poissons, d'invertébrés aquatiques et d'oiseaux inféodés à la trame verte et bleue ;
- Identifier les points noirs ou points de blocage qui limitent la diffusion des individus et des espèces depuis ces poches de biodiversité vers les autres zones du bassin et notamment les milieux restaurés ou en cours de restauration (rupture de continuité, lacunes en corridors écologiques, qualité d'habitat insuffisante ou absence d'habitat favorable, artificialisation des berges, barrages structurants...);
- Prendre en compte les besoins de continuité écologique au sein des différents habitats thermiques disponibles en lien avec le réchauffement climatique en caractérisant la distribution spatiale des refuges thermiques essentiels à la survie des individus et en identifiant les points de blocages qui limitent l'accès à ces refuges ;
- Proposer un plan d'action pour lever les points de blocage identifiés et ainsi accroître la résilience des espèces cibles en augmentant les flux de biodiversité sur l'ensemble du territoire.

1.4 Une démarche méthodologique en 4 volets

Pour atteindre ces objectifs, le travail a développé une **approche multi-spécifique** ciblée sur trois compartiments biologiques représentant chacun un volet d'étude :

- **Les poissons** en s'intéressant à la truite commune qui représente les besoins des salmonidés ;
- **Les invertébrés aquatiques** avec une approche quantitative de la biodiversité présente et qualitative sur les espèces patrimoniales de plécoptères, éphémères et trichoptères ;
- **L'avifaune** avec deux espèces cibles concernées par les deux trames vertes et bleues : le cinglé plongeur et le martin-pêcheur.

L'échelle géographique du projet est l'ensemble du réseau hydrographique du bassin versant de la Bienne afin d'assurer une cohérence du point de vue des trames écologiques et du fonctionnement des poches de biodiversité en lien avec les espèces cibles.

Un 4^{ème} volet a consisté à réaliser une cartographie thermique de la Bienne en utilisant la technologie de l'infra-rouge thermique aéroporté (IRT-a) afin de décrire **les habitats thermiques** favorables pour les salmonidés et d'inventoriés les refuges thermiques.

Les méthodes mises en place doivent permettre de mettre en évidence les différences de répartition de cette biodiversité au sein du bassin aussi bien au niveau de la richesse spécifique que des abondances.

Notre démarche méthodologique s'est appuyée en premier lieu sur les données existantes en termes d'inventaires patrimoniaux et d'abondances pour mettre en œuvre les collectes de données complémentaires et nécessaires aux objectifs de ce projet.

En raison de l'importance du réseau hydrographique sur le bassin, les collectes d'informations complémentaires sur une sélection de **35 tronçons de cours d'eau différents**.

Les méthodologies développées avaient pour but de :

- Permettre de **collecter pour chaque volet les données de manière concomitante** sur les 35 tronçons sélectionnés
- Pouvoir être appliquées de manière **standardisée sur des largeurs de cours d'eau très différentes** (de quelques mètres pour la Bienne amont ou sur les affluents à plusieurs dizaines de mètres sur la Bienne aval) ;
- Dresser une **cartographie précise de la variabilité de la biodiversité** des compartiments et espèces ciblés ;
- Fournir des **indicateurs de la richesse biologique et des abondances** des compartiments biologiques étudiés.

1.5 Choix des 35 tronçons d'études au sein de la trame turquoise

Les 35 tronçons d'étude ont été choisis en concertation avec le PNR Haut Jura et ses partenaires techniques afin de s'assurer de la prise en compte de l'ensemble des connaissances disponibles auprès des experts. Un travail de synthèse cartographique des données existantes a servi de base pour visualiser les principaux tronçons à enjeux.

Afin d'intégrer, dans le choix des tronçons, la biodiversité présente au titre des trames vertes et bleues, un travail cartographique permettant de pré-identifier les zones à enjeux au sein de la trame turquoise a été mené en couplant les données relatives aux corridors milieux aquatiques, aux trames vertes et bleues et aux réservoirs biologiques (figure 10).

Recoupement trame verte et trame bleue sur le bassin versant de la Bienne

- linéaire de trame turquoise pré-identifiée
- corridors milieux humides
- réservoirs biologiques

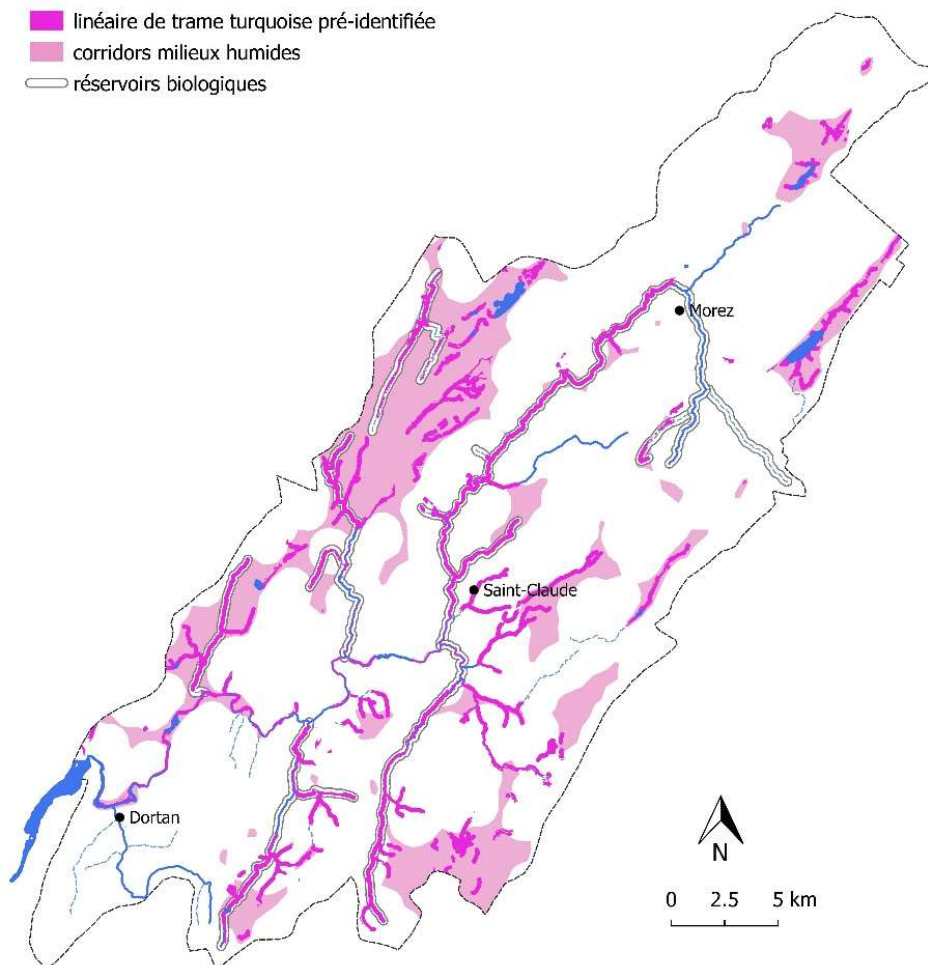


Figure 10 : Carte de pré-localisation des enjeux liés trame turquoise sur le bassin de la Bienne.

Au final, les 35 tronçons retenus intègrent les connaissances incluses dans la trame turquoise (trame bleue et trame verte), les ouvrages existants (données ROE), les travaux de restauration en cours ou en projet, les données piscicoles existantes, les avis d'experts (PNR, fédération de pêche et AAPPMA) (Figure 11). 16 tronçons se situent sur le cours principal de Bienne et 19 sur les affluents présentant des enjeux biodiversités (L'Evalude, le ruisseau de l'Abîme, le système Flumen-Tacon-Grosdar, le Lison, le Longvirv et son affluent le ruisseau de la Vulve, l'Héria et enfin le Merdanson)

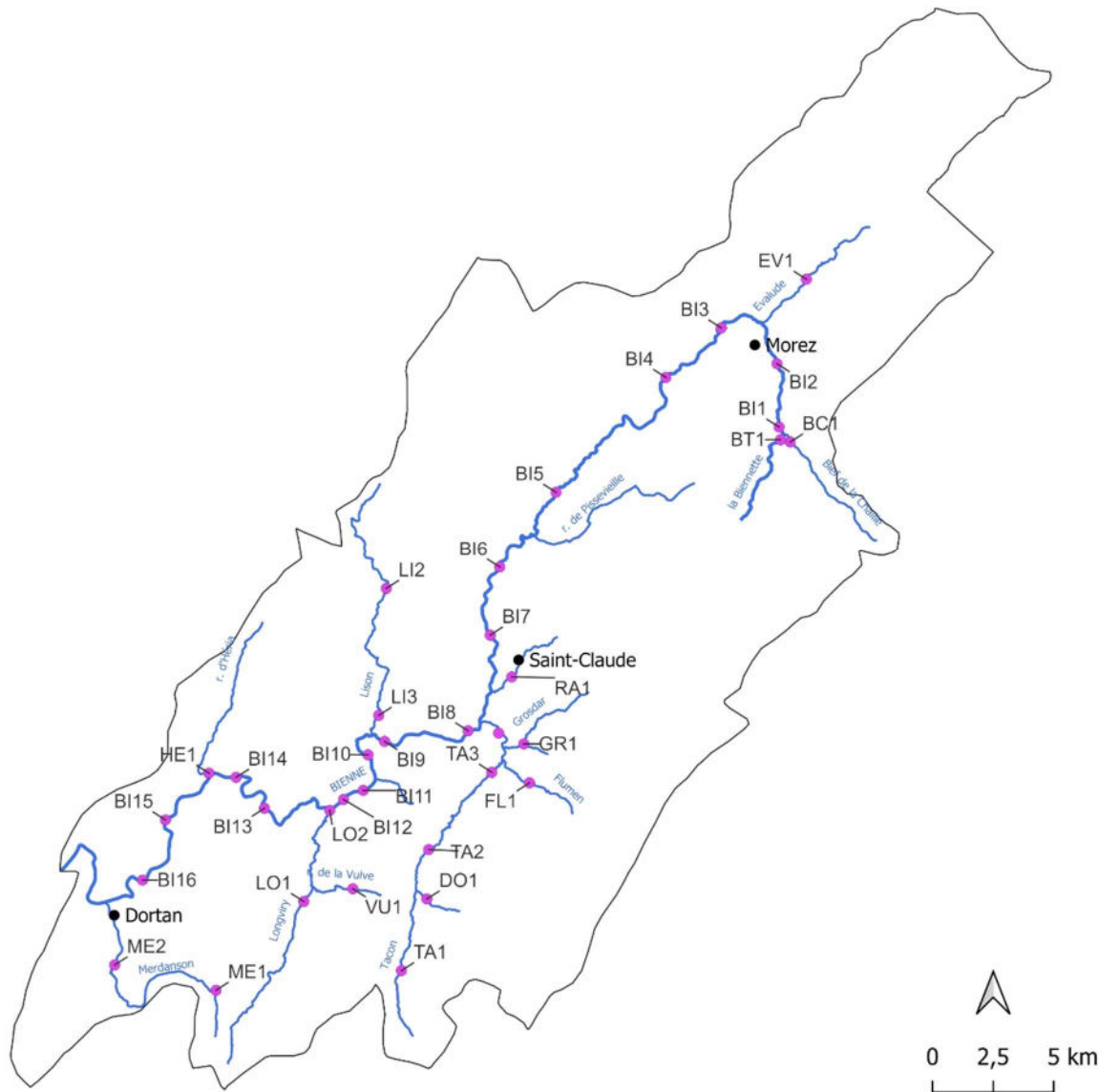


Figure 10 : Carte de localisation des 35 tronçons d'études retenus sur le bassin de la Bienne.

2. MÉTHODOLOGIE DU VOLET INVERTÉBRÉS AQUATIQUES

Les invertébrés représentent une **clé de voute** dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ils assurent le recyclage de la matière organique, contribuant ainsi à l'épuration des milieux, et la convertissent en biomasse disponible pour la chaîne alimentaire. Les invertébrés aquatiques au sens large représentent ainsi la **source d'alimentation** principale des Truites fario, étudiées dans le volet ichtyologique, ainsi que du cincle, étudié dans le volet ornithologique. Les insectes aquatiques en particulier, dont les stades adultes sont pour la plupart aériens, représentent **une passerelle majeure entre les écosystèmes aquatiques et terrestres**.

De nombreuses méta-analyses menées durant ces 10 dernières années témoignent d'une **diminution drastique des effectifs et de la biomasse des insectes terrestres**, allant jusqu'à 70 à 80% en seulement 30 ans dans les paysages européens mixtes agro-industriels. Les facteurs identifiés sont la perte de fragmentation des habitats naturels, les pollutions aux biocides et le réchauffement climatique.

Les études sur les insectes aquatiques sont moins abondantes. Les rares disponibles semblent étonnamment mettre en évidence une **augmentation de leur abondance** (Klink, 2020), (Jonas Jourdan, 2018), associée aux améliorations récentes des processus d'épuration des eaux usées et au réchauffement climatique qui augmente dans une certaine mesure la productivité.

Ces études à larges échelles (européen, à mondiale) ne considèrent toutefois que les 3 dernières décennies et **éludent vraisemblablement la principale chute historique liée à l'avènement de l'agriculture moderne** qui est plus ancienne. Le principal risque lorsque l'on s'intéresse à l'évolution des écosystèmes est l'amnésie environnementale. Les générations humaines qui se succèdent oublient l'évolution et les changements de leur environnement, le référentiel se décalant. Pour autant, nombreux existent encore les témoignages datant du milieu du vingtième siècle d'une abondance aujourd'hui disparue. Il faut ajouter à cela que les protocoles de collecte de la faune d'invertébrés aquatiques n'ont émergé en France qu'à partir des années 1970 et que ceux-ci visaient la description de la biodiversité à un niveau de détermination basique, et ne traduisaient pas la biomasse.

La présente démarche ne vise pas à reproduire le protocole actuellement appliqué sur le territoire, issue des protocoles historiques (IB, IBG, IBGN puis IBG-DCE), centrés sur la bio-indication, et dont l'objectif est de traduire l'efficacité des politiques de gestion de la qualité des eaux.

Elle vise une approche quantitative et patrimoniale à l'échelle des 35 tronçons étudiés.

Sa contribution est ainsi à la fois **d'identifier au sein du bassin versant de la Bienne les poches de biodiversités**, dans l'objectif de préservation qui guide le programme global, et de **prendre acte de l'état 2022 de la productivité et de la patrimonialité du peuplement d'invertébrés** du bassin versant de la Bienne, dans le cadre d'une gestion à long terme de ce territoire.

2.1 DIVERSITÉ D'ESPÈCES PRÉSENTES ET PATRIMONIALITÉ DES TAXONS OBSERVÉS

2.1.1 Groupes taxonomiques visés

La diversité des espèces a été étudiée pour les groupes de **plécoptères**, de **trichoptères** et d'**éphémères**. Ce sont des invertébrés aquatiques, appartenant au groupe des insectes, qui ont un stade adulte aérien. Ce sont des groupes sensibles, indicateurs du bon fonctionnement écologique des milieux.

Ils sont indicateurs de biodiversité, intégrant à la fois la diversité habitationnelle intrinsèque des cours d'eau et celle des biotopes associés tels que :

- les milieux humides connectifs ou non (mares, suintement, zones humides...);
- les milieux naturels rivulaires : forêts et prairies nécessaires au stade aérien ;
- les connexions avec d'autres poches de biodiversité (corridors aériens).

Ils sont ainsi un indicateur pertinent de l'identification des poches de biodiversité de la Bienne.

2.1.2 Méthodologies d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage mises en œuvre sont de trois ordres :

- Le fauchage aérien au filet, visant la capture d'adultes. Cette méthode permet la capture des trois groupes d'insectes avec une contribution forte à l'inventaire des plécoptères.
- Prélèvements aquatiques au filet surber, visant la collecte de larves matures pour permettre la détermination à l'espèce. Cette méthode permet la capture des trois groupes d'insectes avec une contribution forte à l'inventaire des éphémères dont la détermination est plus facile à ce stade de développement.
- Piège lumineux nocturne, visant le prélèvement d'adultes. Cette méthode est particulièrement efficace pour les trichoptères.

Fauchage aérien au filet

Les chasses diurnes ont été mises en œuvre lors de chaque campagne (trois répliques), par deux hydrobiologistes. Le temps de chasse est compris entre une et deux heures par sites, ce qui correspond au délai nécessaire pour épuiser les différents habitats, jusqu'à épuisement de la capture de nouvelles espèces.



Figure 1 : illustration du fauchage aérien d'insectes aquatiques au stade adulte, mis en œuvre sur le bassin versant de la Bienne.

Les insectes sont capturés à vue au filet entomologique ou par fauchage de la végétation rivulaire. Les réplicas réalisés permettent de couvrir les périodes de vol qui diffèrent selon les espèces.

Prélèvements aquatiques au filet surber

Les prélèvements au filet surber sont réalisés dans l'eau, en prospectant les supports les plus favorables aux invertébrés benthiques.

A la différence d'un prélèvement classique, celle-ci vise à collecter uniquement des larves matures déterminables avec toutes les précautions nécessaires à une bonne conservation des taxons prélevés.

Trois campagnes ont été effectuées, en parallèle du fauchage, afin de couvrir les différentes périodes de maturité des larves.



Figure 2 : filet surber destiné à la capture de larves d'invertébrés benthiques

Piège lumineux nocturne

La chasse nocturne d'imagos est réalisée à l'aide de tours entomologiques munies de tube actinique 15W. La chasse a lieu à partir de la tombée de la nuit jusqu'à 1 à 2 h du matin, correspondant à la fin du pic d'activité des invertébrés. Cette méthode de concentration des insectes, non destructive, permet de ne collecter que les individus destinés à être déterminés. Une tour a été déployée sur chaque tronçon. Plusieurs rotations sont effectuées sur chaque tour pour couvrir les différentes périodes de vols des insectes.



Figure 3 : tour entomologique installée de jour sur le bassin versant de la Bienne, en préparation de la collecte de nuit.

2.1.3 Période de prélèvements et effort de prospection

Trois campagnes ont été réalisées en 2022, afin de répartir l'échantillonnage dans la saison estivale. Les périodes d'interventions ont été précisément sélectionnées pour éviter les périodes de froid, de vent, de pluie, qui ne sont pas propices au vol des invertébrés. En raison d'une canicule particulièrement forte, l'échantillonnage estival a été décalé au début d'automne.

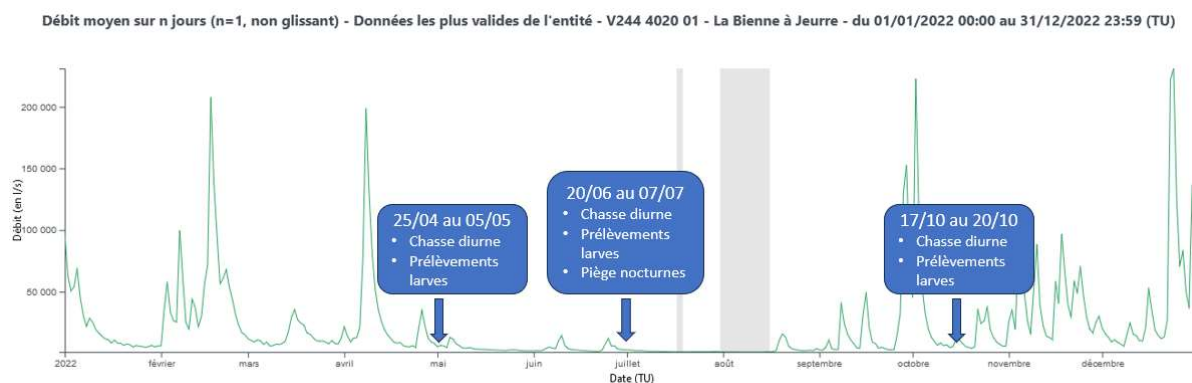


Figure 4 : positionnement et programme des campagnes d'échantillonnages, replacées sur l'hydrogramme de la Bienne à Jeurre (2022)

2.1.4 Traitement de la collecte

La collecte a été déterminée au laboratoire sous loupe binoculaire et microscope. Le succès de la détermination à l'espèce dépend du stade de développement des individus, et de l'état de conservation. C'est pourquoi la collecte et le traitement nécessitent d'être adapté, par rapport à des prélèvements standards.

Environ 6000 individus ont été déterminés.

Le traitement de ces résultats permet d'évaluer la répartition de la **biodiversité** et la recherche de **taxons patrimoniaux**, appréhendée par l'utilisation des listes rouges, et en particulier la liste rouge des éphémères de France métropolitaine (2018) et la liste rouge des éphémères, trichoptères et plécoptères de Suisse (2012)



2.1 Approche quantitative : densité d'invertébrés et approche biogénique des tronçons

2.1.1 Groupes taxonomiques visés

La démarche appliquée ici est une approche de type « productivité », complémentaire à l'approche « patrimoniale et biodiversité », décrite ci-avant. L'ensemble des groupes d'invertébrés sont pris en compte, au stade aquatique de leur développement. Le niveau de détermination retenu ici est la famille, ce qui permet de catégoriser les densités d'invertébrés et de considérer séparément les groupes biodisponibles pour les poissons.

2.1.2 Méthodologies d'échantillonnage

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un surber, muni d'un cadre d'1/20² de mètre carré qui sert de gabarit. Six répliques sont réalisées par sites, sur les substrats dominants des sections courantes, considérées comme le siège de la productivité des cours d'eau. Sur les cours d'eau considérés, les répliques ont ainsi été réalisées sur des supports de types pierres/galets.

Concrètement, le prélèvement consiste à extraire, sur la surface standardisée, l'ensemble du substrat et de la faune en place, pour un tri et une comptabilisation de la faune en laboratoire d'hydrobiologie.

Au total, 210 échantillons ont été réalisés, sur les 35 stations suivies.

2.1.3 Période de prélèvements

Une campagne a été réalisée entre fin avril et début mai 2022. L'objectif poursuivi était d'intervenir en début de saison, lorsque les larves ont un stade de développement avancé, avant les émergences printanières. L'intervention nécessitait également que le niveau d'eau soit bas, et qu'un délai suffisant se soit écoulé après la crue d'avril, pour que la faune ait pu se replacer. Il peut être noté également que cette période permet de qualifier le pool d'invertébré biodisponible pour la croissance de truites fario de l'année (0+) qui émergent au printemps.

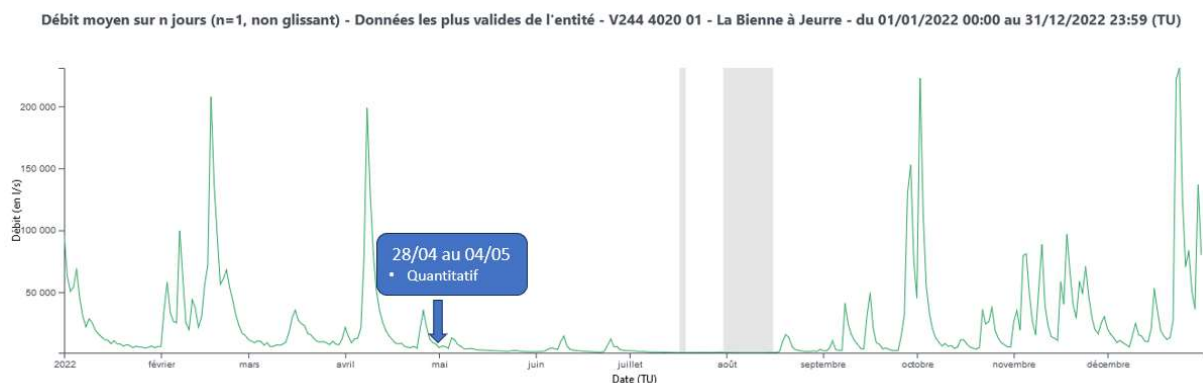


Figure 5 : positionnement de la campagne d'échantillonnage, replacée sur l'hydrogramme de la Bienne à Jeurre (2022)

2.1.4 Traitement de la collecte

Les invertébrés ont été extraits, déterminés et dénombrés à la loupe binoculaire. Le niveau de détermination retenu est la famille.

Le dénombrement est réalisé par échantillon et par classe de taille (approche biomasse) à l'aide de l'utilisation de tamis. Les classes obtenues sont les suivantes :

- 0.5 – 1 mm
- 1 – 2 mm
- 2 – 3.2 mm
- 3.2 – 4 mm
- 4 – 5 mm
- > 5mm

Au bilan, 66 000 individus ont été collectés et déterminés.



Ce protocole permet le calcul de la densité numérique d'invertébré, la pondération de cette densité par la taille des individus, et d'extraire celle disponible pour les truites, par le biais de la sélection des groupes consommés.

3. RÉSULTATS DU VOLET INVERTÉBRÉS AQUATIQUES

3.1 Répartition de la diversité en plécoptères, trichoptères et éphémères

La collecte d'invertébrés aquatique a conduit à la détermination de près de 6000 individus, et à l'identification de 124 espèces différentes de plécoptères, de trichoptères et d'éphémères. Cet effort de collecte sans précédent fait émerger une biodiversité importante qui se décline autour de :

- 32 espèces de plécoptères,
- 68 espèces de trichoptères,
- 24 d'éphémères.

La biodiversité détectée varie ainsi de 16 à 40 espèces par site. La valeur médiane est de 29 espèces. Les cartes présentées en Figure 6 illustrent la répartition de cette biodiversité par groupe taxonomique et globalement, sur les 35 sites étudiés.

L'examen des cartes de biodiversité par groupe taxonomique permet d'observer :

- Une plus grande diversité de **plécoptères** sur la partie amont du bassin versant de la Bienne et sur le bassin versant du Tacon, en relation notamment avec le caractère sténotherme d'eau froide de ce groupe taxonomique.
- Une abondance en négatif des **éphémères** sur la moitié aval de la Bienne et de ses affluents.
- Les **trichoptères** en revanche présentent des zones de biodiversités réparties sur le bassin versant. La biotypologie semble moins affecter leur répartition.

Au bilan, quatre zones de biodiversité majeure s'illustrent.

- **Le bassin versant de la Bienne amont**, jusqu'à Morez
- **Les gorges de la Bienne**, entre Morez et Saint Claude,
- **L'aval du bassin versant du Tacon**
- **Le cours principal de la Bienne**, en aval de Jeurre.

Elles correspondent à des secteurs ou à des sites contigus qui présentent des biodiversités supérieures à la valeur médiane. Il faut rappeler que les sites ont été sélectionnés pour représenter des poches potentielles de biodiversité. Ils s'inscrivent à ce titre pour la plupart dans un contexte peu anthropisé.

Au bilan :

- Il est intéressant de noter que les stations présentant une forte biodiversité ne s'observent pas isolément, mais s'inscrivent dans une zone plus vaste incluant plusieurs stations.
- Les taxons étudiés ici ont une phase adulte aérienne, qui permet la colonisation de milieux distants voir déconnectés d'un point de vue hydraulique. L'espace vital de ces espèces est méconnu, mais probablement important.
- Ainsi, **de vastes réseaux d'habitats favorables semblent nécessaires pour alimenter des peuplements diversifiés.**

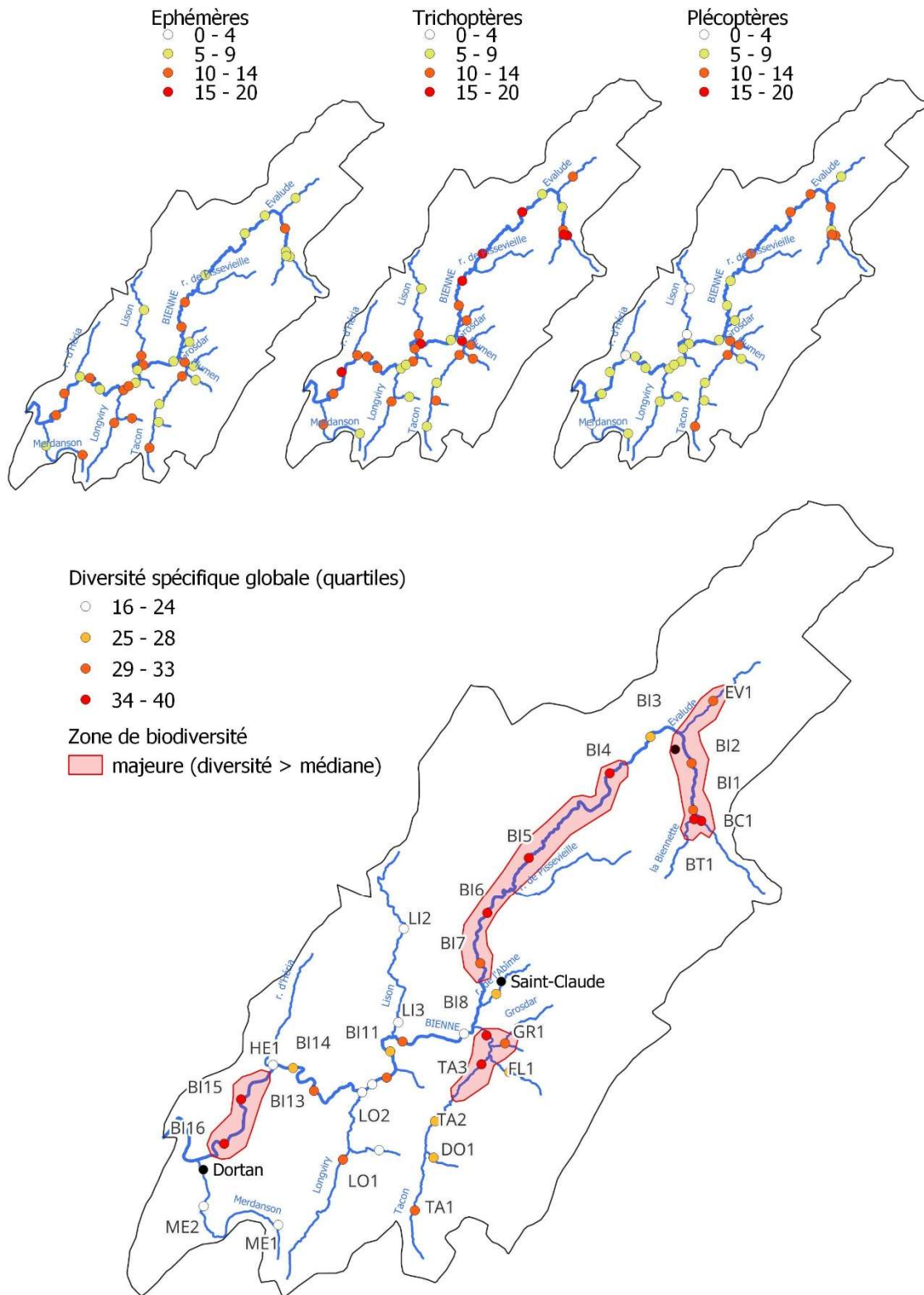
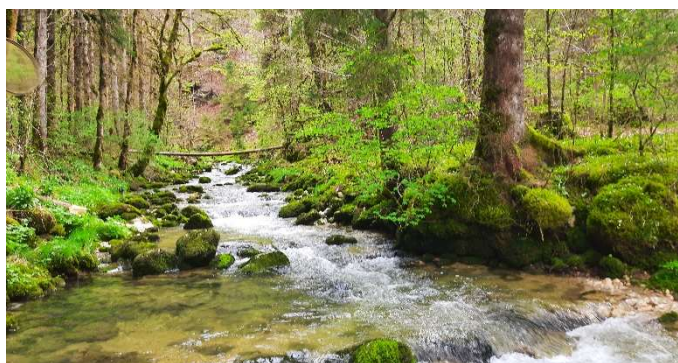


Figure 6 : cartes de répartition de la biodiversité captée lors de cette étude en 2022. Les cartes du haut individualisent la biodiversité par groupes (éphémères, trichoptères et plécoptères). La carte du bas présente la répartition de la biodiversité globale, classée par quartile. Les zones majeures de biodiversité sont identifiées en rouge.

Le bassin versant de la Bienne amont

Il comprend la Bienne jusqu'à Morez ainsi que ses affluents : le Bief de Chail, la Biennette, et l'Evalude. A noter la spécificité de la station Bi2, en secteur péri-urbain, et pour laquelle la chasse nocturne a été moins efficace en raison de la pollution lumineuse des éclairages publics.

Photo : Bief de Chaille



Les gorges de la Bienne

Les gorges de la Bienne correspondent aux stations Bi4 à Bi7. Sur ce secteur, la Bienne est peu accessible et donc particulièrement préservée de l'anthropisation. Les trichoptères et les éphémères contribuent principalement à la biodiversité de la collecte.

Photo : Bi5



Bassin versant aval du Tacon

Ce secteur correspond aux deux stations aval du Tacon (Ta3 et Ta4), et au Grosdar (GR1). Les trois groupes contribuent sur ce secteur à la biodiversité de la collecte. Ce n'est pas le milieu le plus préservé de l'anthropisation puisqu'il est situé à proximité de la ville de Saint Claude mais il est à l'intersection de milieux variés. Moins de biodiversité a été captée sur l'amont du bassin versant, moins central hydrologiquement.



Photo : Ta3

Le cours principal de la Bienne aval

Cette zone n'est représentée que par deux stations (Bi15 et Bi16), correspondant aux deux sites les plus aval de l'étude. Les éphémères et les trichoptères contribuent principalement à la biodiversité de la collecte. Les deux sites amont Bi14 et Bi13 présentent une biodiversité intéressante et auraient pu à quelques taxons près, être intégrés à cette zone de biodiversité majeure. Ce n'est en revanche pas le cas des affluents (Merdanson, Héria).



Photo : Bi15

3.2 Répartition des espèces patrimoniales

Les listes rouges des espèces menacées constituent un inventaire à échelle définie de l'état de conservation des espèces animales et végétales. C'est un indicateur privilégié pour identifier les espèces patrimoniales et suivre l'état de conservation d'un milieu. Sur les 124 espèces recensées, 33 figurent sur la liste rouge Suisse est éphémères, trichoptères et plécoptères, soit 27% de l'inventaire. En France, seule la liste rouge des éphémères est disponible. Celle des plécoptères est en cours de publication. Sur les 24 espèces d'éphémères recensées, 2 sont sur la liste rouge.

Dans le détail, les espèces figurant sur les listes rouges représentent :

- 9 plécoptères sur 32
- 18 trichoptères sur 68
- 6 éphémères (dont 2 sur la liste rouge Française) sur 24

Le tableau complet des espèces recensées sur les listes rouges Française et Suisse est présenté sur la Figure 7.

Les points forts des **listes rouges Suisse** (2012) sont qu'elles concernent tous les groupes faunistiques investigués et que la Suisse proche comprend des habitats similaires à ceux rencontrés dans le jura Français. Une partie du bassin versant amont de la Bienne est par ailleurs sur le bassin territoire Suisse. Elle n'est toutefois pas complètement concordante avec l'état des populations sur le territoire français, et peut se révéler pessimiste sur le statut de certains taxons moins courants en Suisse. L'exemple de *Perla marginata*, observé sur 34 des 35 stations du présent suivi, et classé « quasi menacé » en suisse l'illustre. Parmi les espèces dont le statut est le plus critique en Suisse, il est possible de citer :

- *Leuctra pseudorosinae* (EN : En danger), qui présente une faible répartition en France (limité à jura-alpes), et en déclin continu en Suisse (1 station).
- *Glossosoma bifidum* (CR : En danger critique), dont la zone d'occupation est fragmentée, et en déclin continu en Suisse. Il est rare en France également, cité uniquement dans la littérature dans le jura (1 station).
- *Hydroptila simulans* (CR), dont la zone d'occupation est fragmentée, en déclin continu en Suisse également en raison de la qualité de l'habitat. Il est en revanche présent sur de nombreux sites en France (6 stations).
- *Polycentropus kingi* (CR) dont la zone d'occupation est fragmentée, en déclin continu en Suisse. Il est plutôt cité en pleine en France. (1 station).

La **liste rouge Française** est plus récente (2018), et qualifie l'aire géographique exacte concernée. En revanche, seules les éphémères sont prises en compte actuellement, le travail préalable d'inventaire et d'évaluation n'étant pas terminé pour les autres groupes. Deux espèces du présent inventaire sont concernées :

- *Rhitrogena gratianopolitana* (NT : quasi menacée), courante dans les piémonts des Alpes proches, mais ayant une aire de répartition fragmentée. Non cité dans le Jura (OPIE)
- *Baetis nubecularis* (VU : vulnérable), espèce rare fréquentant les cours d'eau à débit soutenus, du Jura. En déclin continu constaté.

Ces taxons traduisent la présence d'habitats rares, voire en déclin. Leur présence contribue pleinement à la définition de poches de biodiversité. Les cartes de la Figure 8 et de la Figure 9 présentent la répartition des espèces menacées par statut, et globalement, sur le secteur d'étude. Pour comparaison, les zones de biodiversité, identifiées précédemment sont replacées.

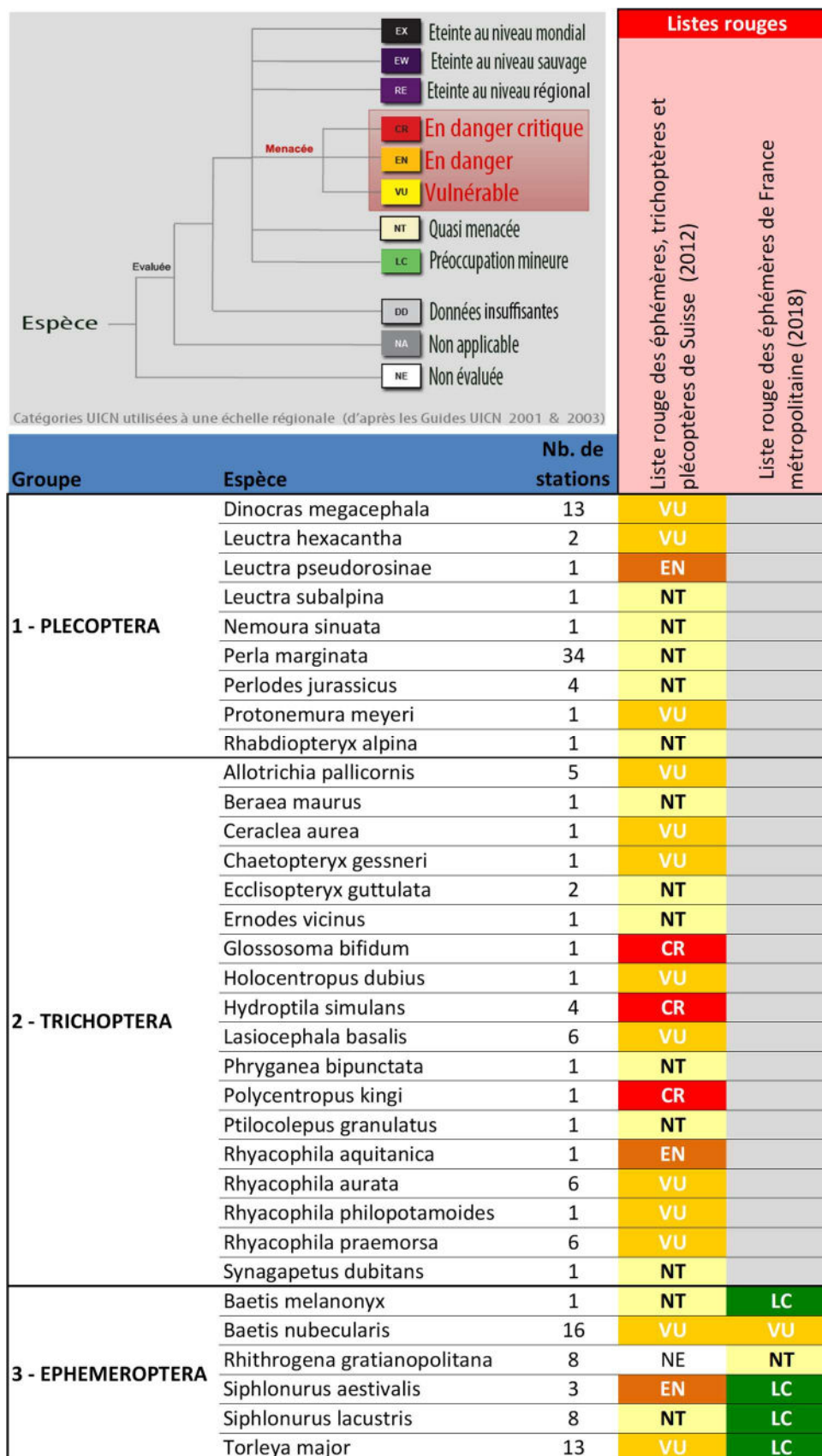


Figure 7 : espèces collectées sur le bassin versant de la Bienne et concernées par les listes rouge Française et Suisse

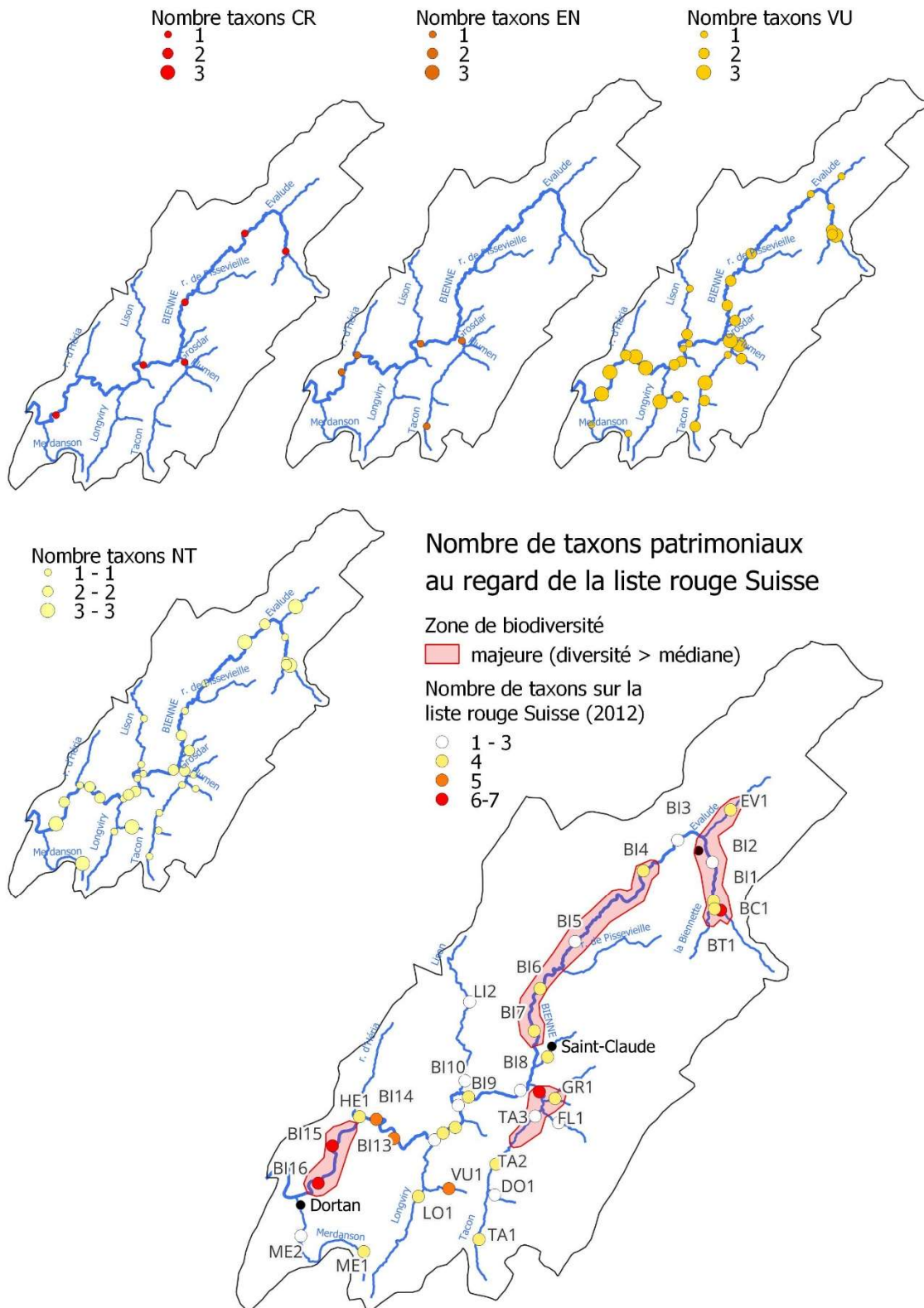


Figure 8 : carte de répartition des espèces classées sur la liste rouge Suisse des plécoptères, éphémères et trichoptères. En rouge, les zones de biodiversités identifiées d'après la diversité globale.

Taxons patrimoniaux au regard de la liste rouge Française des éphémères

Statut NT

- *Rhithrogena gratianopolitana*

Statut VU

- *Baetis nubecularis*

Zones de biodiversité

- Zone de diversité majeure (nombre de taxons > médiane)
- ▭ Zone de présence de taxons sur LR France

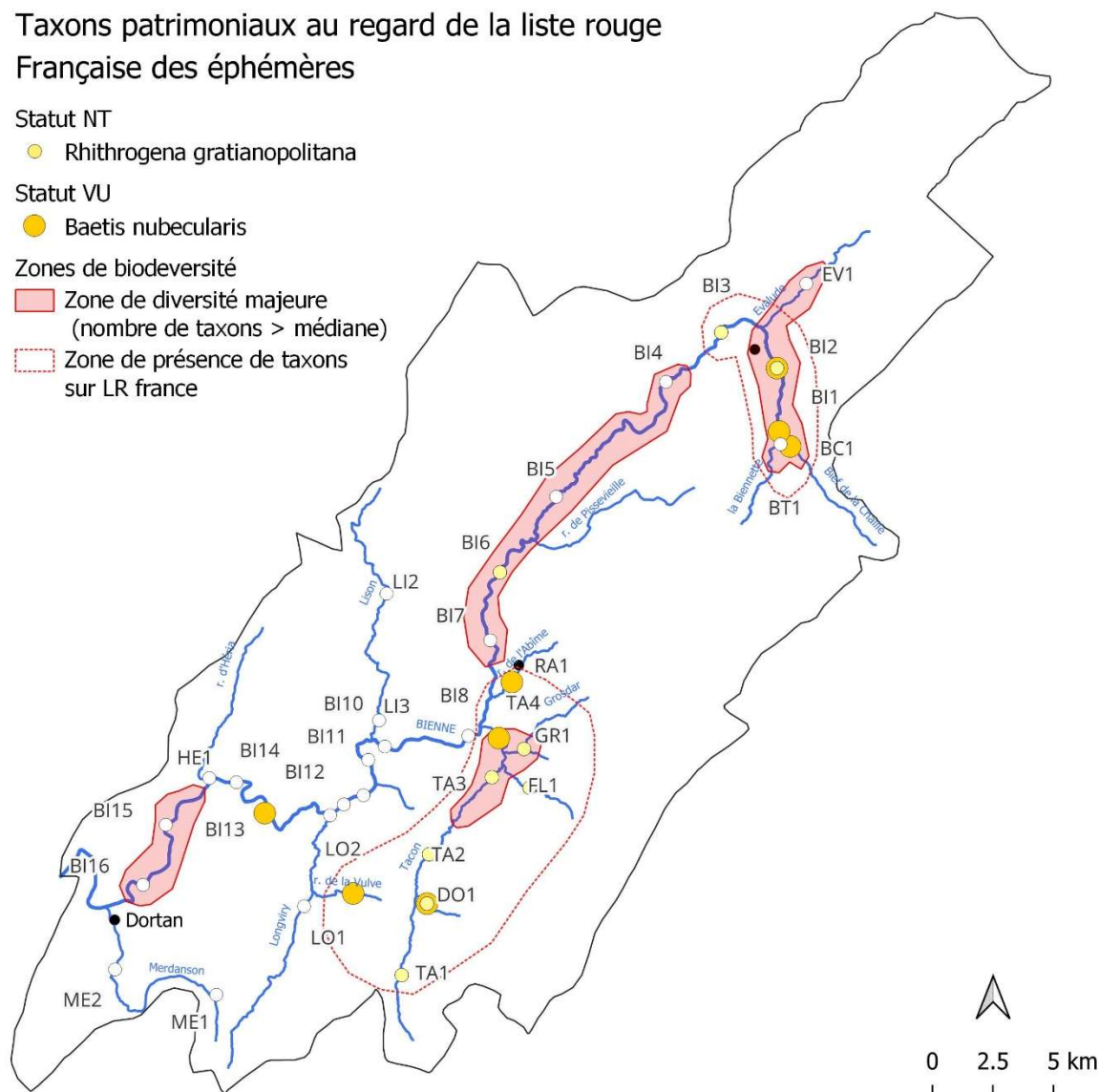


Figure 9 : carte de répartition des espèces classées sur la liste rouge Française des éphémères. En rouge, les zones de biodiversités identifiées d'après la diversité globale, en pointillé les zones de présence des espèces menacées.

Concernant la répartition des taxons sur les listes rouges Suisse (Figure 8), il peut être noté que :

- Toutes les stations abritent au moins une espèce classée en liste rouge,
- La donnée s'échelonne entre 1 et 7 taxons par sites.

Les principaux réservoirs de taxons patrimoniaux appartiennent aux zones de biodiversité identifiées précédemment. **Ainsi les secteurs de la Bièvre amont, du Tacon aval et de la Bièvre aval sont confortés dans leur importance.** Ce n'est en revanche pas le cas des gorges de la Bièvre, entre Morez et Saint Claude, où les taxons patrimoniaux sont moins détectés que sur le reste du bassin versant.

Les taxons sur la liste rouge Française des éphémères (Figure 9) ont une zone de présence similaire. Deux secteurs principaux se dessinent :

- Les Sources de la Bienne jusqu'à l'aval de Morez, similaire à la zone de biodiversité « Bienne amont », ce qui la conforte ;
- Le bassin versant du Tacon, élargi aux affluents proches tels que le ruisseau de l'Abime ou la Vulve (Cf. Figure 10), ce qui englobe la zone de biodiversité « Tacon aval ».

Il est intéressant de noter que lorsqu'on s'intéresse à la répartition d'espèces en particulier, les zones de présence obtenues sont vastes, approchant peut-être la notion « d'espace vital », mal connue chez les invertébrés. Cette observation conforte l'idée que de vastes espaces préservés sont nécessaires au maintien des populations d'invertébrés, et rappel que la connectivité hydraulique n'est pas une nécessité pour la définition de l'espace vital de ces espèces dont le stade adulte est aérien.



Figure 10 : Ruisseau de l'Abime (à gauche) et la Vulve (à droite) concernés par la présence de *Baetis nubecularis* (statut VU en France)

Au bilan, l'étude de la répartition des espèces patrimoniales renforce la pertinence de trois des quatre zones de biodiversité majeure, identifiées précédemment :

- Le bassin versant de la Bienne amont, jusqu'à Morez
- L'aval du bassin versant du Tacon
- Le cours principal de la Bienne, en aval de Jeurre.

Les gorges de la Bienne, entre Morez et Saint Claude, ne s'illustrent en revanche pas sur ces critères.

3.3 Densité numérique globale par station

La densité numérique des invertébrés aquatiques concerne de nombreuses problématiques en lien avec la robustesse des écosystèmes.

- **La densité numérique globale**, abordée dans ce chapitre, a trait à la densité du maillage trophique, qui est un facteur de résistance et de résilience écologique.
- **La densité numérique des éphémères, trichoptères et plécoptères**, abordée dans la suite du rapport évalue en particulier la potentialité des sites à alimenter les mécanismes de dispersion de ces groupes, à partir des poches de biodiversité.
- **Enfin, les densités numériques pondérées par la taille et des PETCD** (taxons biodisponibles pour les poissons et les oiseaux) s'intéressent spécifiquement à la notion de productivité et d'alimentation de la chaîne trophique vers les maillons supérieurs.

Cette première partie concerne la densité numérique globale. Elle est exprimée en nombre d'individus moyens par mètres carrés. La répartition des résultats obtenus à partir des échantillons de chaque station est présentée sous forme de boxplots dans la Figure 11.

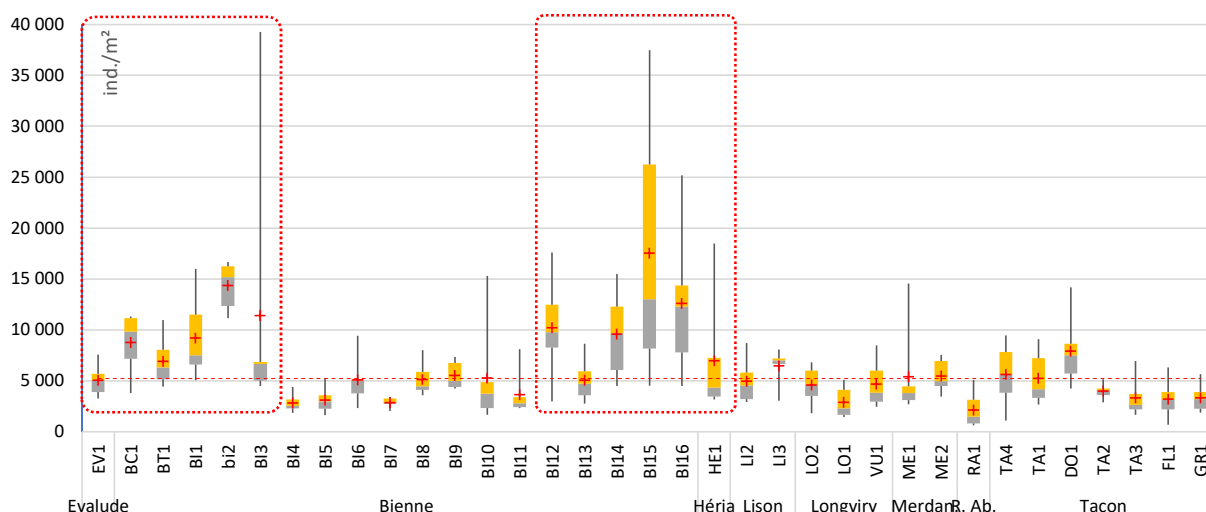


Figure 11 : Boxplot, par quartiles, des résultats de densités obtenues sur les répliques de chaque station. Le centre de la boxplot (limite gris/jaune) représente la valeur médiane. La croix rouge, la valeur moyenne. La ligne pointillée rouge horizontale matérialise la valeur médiane des moyennes observées sur les échantillons. Deux zones de forte densité sont matérialisées en pointillés rouges.

Cette première présentation des résultats, ainsi que l'observation des résultats de la Figure 12 permet d'effectuer les commentaires suivants :

- Les densités moyennes par stations s'échelonnent entre 2160 (ruisseau de l'Abime) et 17537 (Bi15) individus par mètres carrés.
- La valeur médiane de la densité moyenne sur chaque station est d'un peu plus de 5200 ind./m².

Les stations qui présentent des densités moyennes au-dessus de la médiane sortent nettement du lot. Il n'existe pas de référentiel de densité sur les invertébrés aquatiques, car ce paramètre est souvent considéré comme trop volatil et les prélèvements habituellement réalisés visent la bioindication. Les protocoles mis en œuvre ne cherchent ainsi pas la description de la biomasse et ce paramètre est biaisé par la sélection des substrats investigués. Ces limites évoquées, l'examen des données en notre possession sur des bassins versants locaux, mais différents, mettent néanmoins en évidence que **les plus fortes valeurs relatives observées ici sont également des très fortes valeurs absolues.**

Les stations dont la moyenne dépasse cette valeur se concentrent autour de deux secteurs, déjà identifiés précédemment :

- **Le bassin versant de la Bienne amont, jusqu'à BI3,**
- **le cours principal de la Bienne aval, en intégrant ici également les stations Bi12, Bi13 et Bi14,** ainsi que le bas de l'Héria.

La carte présentée dans la Figure 13 illustre géographiquement ces secteurs. Deux stations dont les valeurs sont en limite inférieure de la médiane (EV1 et Bi13) sont intégrées à ces zones, car elles ne dénotent pas réellement des stations voisines. A noter également la très forte variabilité des résultats sur BI3, où la moyenne est tenue par une valeur extrême sur un échantillon. Cette station en aval de Morez et de la résurgence du Trou Bleu, marque la transition entre les fortes densités en amont de la ville, et les densités plus faibles dans les gorges de la Bienne.

BV	Cours eau	Code station	Plécoptères	Trichoptères	Ephémères	Coléoptères	Diptères	Crustacés m.	Autres crust.	Hydracariens	Bivalves	Gastéropodes	Achéates	Oligochètes	Tubélarisés	Némathelminthes	Densité (ind/m ²)		
Evalude	Evalude	EV1	13%	3%	56%	5%	22%			1%				1%	0.2%	0.1%	5063		
Bienne	Biennette	BT1	7%	4%	63%	15%	10%			0.1%				1%	1%		6907		
		BC1	13%	2%	67%	6%	2%	1%	0.04%	1%				5%	2%	1%	8770		
	Bienne	Bienne	BI1	6%	2%	71%	7%	5%	2%		2%			0.04%	2%	2%	0.4%	9207	
			bi2	4%	1%	86%	2%	2%	3%		0.1%			0.02%	0.3%	2%		14370	
			BI3	2%	1%	28%	3%	58%	4%		1%				3%	1%	0.2%	11417	
			BI4	6%	1%	60%	9%	13%	6%		0.2%				3%	1%		2823	
			BI5	5%	1%	51%	15%	19%	0.1%		1%				8%		0.1%	3110	
			BI6	8%	5%	34%	21%	13%	0.1%		0.5%				19%	0.4%		5080	
			BI7	6%	5%	39%	21%	26%			0.2%				2%	1%		2867	
			BI8	7%	1%	35%	15%	31%	1%		0.4%		0.4%		7%	2%		5137	
			BI9	1%	2%	44%	5%	46%	0.1%		1%		0.1%		1%	0.3%		5530	
			BI10	3%	3%	37%	7%	46%	0.4%		0.4%				3%	0.1%	0.3%	5267	
			BI11	3%	4%	38%	10%	37%	1%		0.5%		2%		3%	1%	0.2%	3657	
			BI12	1%	2%	19%	5%	72%	0.1%		0.2%		0.1%	0.1%		0%	0.03%		10203
			BI13	2%	3%	52%	8%	19%	11%		1%		1%	0.1%	0.3%	1%	0.1%		5070
			BI14	2%	3%	32%	6%	49%	3%		2%		0.1%		3%	0%	0.2%		9567
BI15	3%	5%	33%	15%	39%	1%		1%		0.5%	0.02%	2%	0.1%	0.1%		17537			
BI16	1%	3%	34%	7%	52%	2%		1%		0.2%		0.1%	0.03%	0.1%		12603			
Héria	Héria	HE1	0.3%	3%	14%	14%	65%	1%		1%				2%		0.2%	6960		
Lison	Lison	LI2	15%	4%	11%	11%	10%	27%		0.1%				16%	8%	0.1%	4963		
		LI3	8%	3%	16%	18%	14%	24%		1%	0.1%	0.3%	0%	15%	1%	0.2%	6497		
Longviry	Longviry	LO1	8%	14%	25%	21%	18%	6%		2%		0.1%	0%	4%	2%	0.1%	2887		
		LO2	5%	4%	26%	42%	14%			2%		0.1%	0%	8%	0.1%	0.3%	4577		
Merdanson	Merdanson	Vulvaz	3%	5%	18%	4%	33%	24%		0.4%				8%	4%	0.1%	4677		
		ME1	3%	7%	22%	3%	9%	39%		0.1%				13%	4%	0.2%	5410		
R. Abime	Ruisseau Abime	ME2	0.1%	4%	3%	1%	69%	11%		0.4%		0.2%		10%	0.2%	1%	5480		
		RA1	20%	8%	30%	10%	16%	3%		2%				8%	3%	0.3%	2160		
Tacon	Douvraine	DO1	6%	2%	80%	3%	4%	2%		0.3%				0.3%	1%	0.2%	7930		
		FL1	3%	0.3%	53%	7%	29%			5%				2%	0.1%		3223		
	Tacon	Grosdar	GR1	2%	1%	61%	3%	24%	0.4%		0.5%			7%	0.5%	0.5%	3343		
		TA1	25%	2%	32%	12%	27%	0.3%		0.3%				2%			5233		
		TA2	8%	1%	66%	12%	11%	0.1%		1%				1%			3990		
		TA3	8%	1%	46%	8%	33%			0.4%				4%		0.1%	3343		
TA4	10%	2%	51%	11%	18%	0.2%		6%				2%	0.1%	0.1%	5613				

Figure 12 : valeurs de densité numérique moyenne (en nombre d'individus par mètres carrés) par station et répartition relative (en %) dans les différents groupes taxonomiques.

L'examen de la Figure 12 amène les compléments suivants :

- Les éphémères dominent globalement les densités. Elles représentent en moyenne environ 40 % des effectifs.
- La contribution des diptères est toutefois significative, en particulier :
 - Sur la Bienne en aval de Morez (Bi3 -> 58%)
 - Sur la Bienne à partir de l'aval des gorges (Bi7) jusqu'à l'aval.
 - Sur quelques affluents tels que l'Héria (65%) ou le Merdanson aval (69%).

Concernant les secteurs à forte densité :

- Les éphémères dominent sur le secteur Bienne amont, à l'exception de Bi3
- Les éphémères et les diptères ont une contribution similaire sur le secteur de la Bienne aval.

Densité numérique moyenne sur les tronçons

Classes de densité (quartiles) en ind./m²

- 2160 - 3824
- 3824 - 5233
- 5233 - 7445
- 7445 - 17537
- Zones de densité

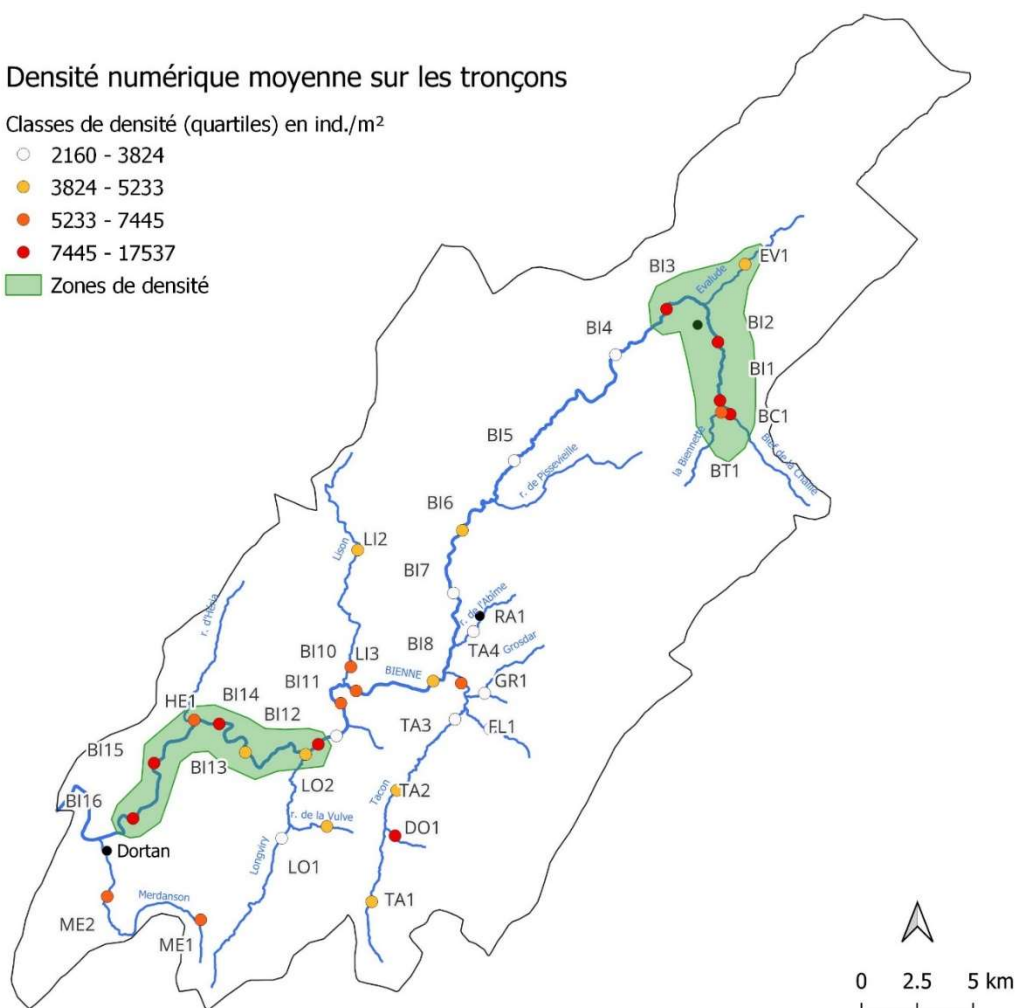


Figure 13 : Carte de répartition de la densité numérique d'invertébrés. Les classes de densité sont établies par quartiles (nombre égal d'échantillons dans chaque classe).

Au bilan, deux secteurs de fortes densités d'invertébrés aquatiques sont identifiables :

- **Le bassin versant de la Bienne amont**, jusqu'à Bi3, avec toutefois une réserve sur cette dernière station qui présente des résultats différents des autres stations. Sur ce secteur, les éphémères dominent le peuplement. Cette zone de forte densité coïncide presque exactement, à l'exception de Bi3, à la zone de biodiversité majeure identifiée précédemment.
- **Le cours principal de la Bienne aval**, à partir de Bi12, en incluant le bas de l'Héria. Sur ce secteur la densité est alimentée majoritairement par une contribution mixte des éphémères et des diptères. Cette zone de forte densité englobe la zone majeure de biodiversité de la Bienne aval, mais s'étend un peu plus nettement en amont.

3.4 Densité numérique ETP par station – approche dispersion de taxons patrimoniaux

La densité numérique des éphémères, trichoptères et plécoptères (ETP) évalue la potentialité des sites à alimenter les mécanismes de dispersion de ces groupes, à partir des poches de biodiversité. La carte de la Figure 14 présente géographiquement les résultats, classés par quartiles. Les groupes de stations présentant des densités d'ETP supérieures à la médiane sont regroupés en « zones de forte densité d'ETP ». Pour rappel, les zones de biodiversité majeures, identifiées d'après la collecte spécifique d'ETP sont présentées également.

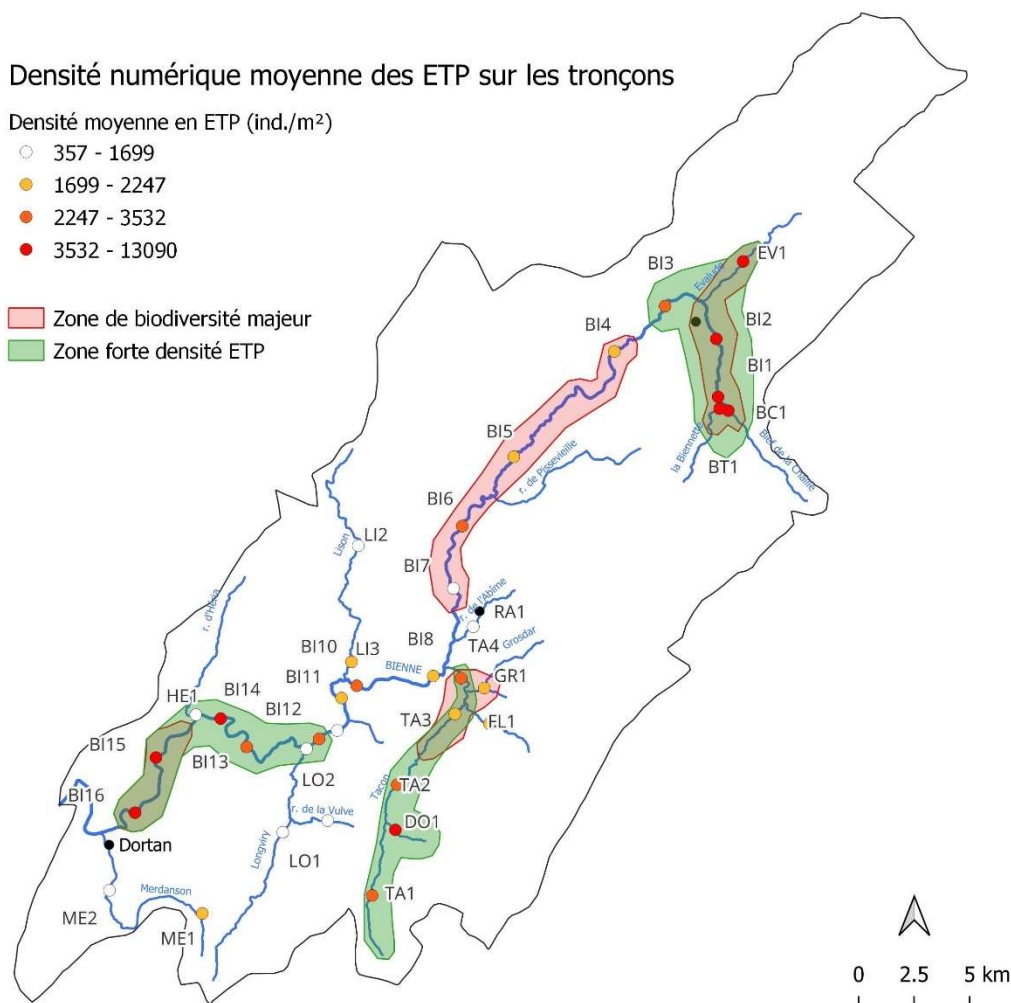


Figure 14 : Carte de répartition de la densité numérique d'éphémères, de trichoptères et de plécoptères. Les classes de densité sont établies par quartiles (nombre égal d'échantillons dans chaque classe). Les zones de fortes densités sont identifiées en vert. Les zones majeures de biodiversités, établies d'après la diversité de la collecte spécifique, sont rappelées en rouge.

Au bilan, trois zones de zones de forte densité d'ETP s'illustrent nettement :

- **Le bassin versant de la Bièvre amont**, jusqu'en aval de Morez. Ce secteur correspond presque exactement à une des trois zones de biodiversité majeures. Seul le secteur Bi3 n'avait pas été intégré en termes de biodiversité. En termes de densité cette station reste en deçà des autres, d'autant que la moyenne est portée par un prélèvement atypique qui augmente fortement la moyenne.
- **Le cours principal du Tacon et la Douveraine**. Seule la station TA3 présente une valeur légèrement inférieure à la médiane. Cette zone de forte densité englobe, à l'exception du Grosdar la zone de biodiversité majeure du Tacon aval.

- **Le cours principal de la Bienne**, en aval de Jeurre. Les parties aval des affluents de ce secteur (Héria et Longviry) sont exclues. Cette zone de forte densité englobe la zone de biodiversité majeure de la Bienne aval.

En revanche les gorges de la Bienne entre Morez et Saint Claude, identifiées par le volet biodiversité, ne sont pas confortées ici. Elles n'étaient pas confortées non plus par l'inventaire des taxons patrimoniaux.

3.5 Densité numérique pondérée par la taille – approche biomasse

La densité numérique pondérée par la taille pondère les effectifs d'invertébrés par la taille en mm de ceux-ci. Cette métrique prend en compte tous les groupes d'invertébrés. Ce n'est pas une métrique de biomasse au sens propre du terme puisque les individus ne sont pas pesés, mais elle s'en approche en donnant plus de poids (mathématiquement) aux individus matures et aux gros taxons. On approche ainsi la notion de productivité du milieu, indépendamment de la structure des peuplements. La répartition cartographique des résultats est présentée dans la Figure 15.

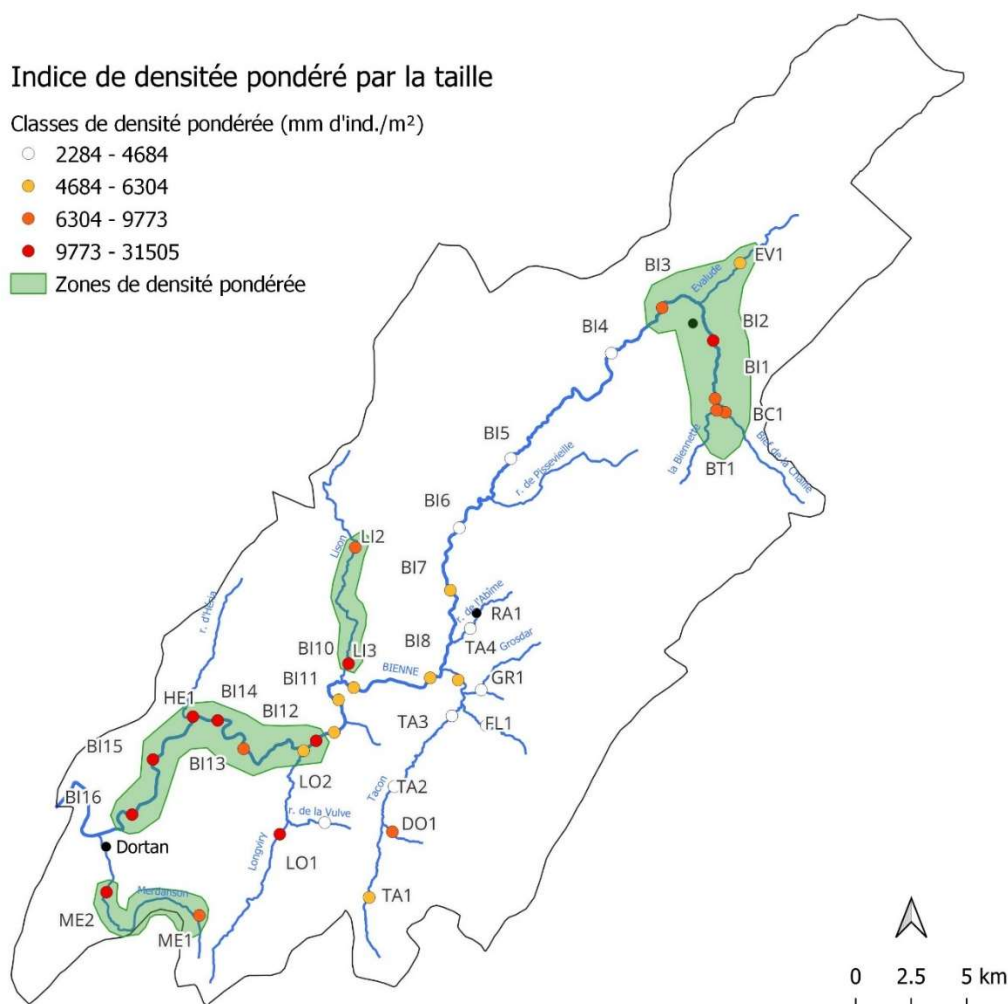


Figure 15 : Carte de répartition de la densité numérique pondérée par la taille. Les classes de densité sont établies par quartiles (nombre égal d'échantillons dans chaque classe). Les zones de fortes densités sont identifiées en vert.

Les deux secteurs de forte densité globale (Bienne amont et Bienne aval) sont strictement confortés dans leur délimitation. Cette approche met en évidence en complément la **capacité biogénique de deux affluents : le Merdanson et le Lison**, qui ne s'exprime pas sur les approches patrimoniales et de biodiversité, en raison probablement de perturbations anthropiques de leur écologie.

3.1 Quelques éléments de comparaison entre la densité d'invertébrés biodisponibles et les densités de truites fario 0+

Les invertébrés aquatiques représentent l'alimentation principale de la truite fario. Cette alimentation se fait lors de la dérive, active ou subie des taxons, au stade larvaire, nymphal ou imago (Elliott, 1973). Tous les groupes faunistiques n'ont ainsi pas la même biodisponibilité, certains groupes comme les ETP, les crustacés, ou les diptères étant consommés abondamment, tandis que d'autres, comme les mollusques ou les oligochètes y échappent presque complètement (De Crespin De Billy, Dumont, Lagarrigue, Baran, & Statzner, 2002), (De Crespin De Billy & Usseglio-Polatera, 2002). La bibliographie sur le sujet permet d'identifier 5 groupes taxonomiques apparaissant fréquemment dans les bols alimentaires, en fonction de leur abondance dans les milieux concernés : les plécoptères, trichoptères, éphémères, crustacés malacostracés (gammare) et diptères (PTECD). Pour ces groupes, les familles abondantes sont citées dans la bibliographie. Les familles non citées sont peu abondantes, sans qu'il soit possible de conclure sur leur biodisponibilité. Il a donc été retenu ici de considérer comme biodisponible l'ensemble des familles de ces 5 groupes.

Une tentative de comparaison entre les densités d'invertébrés biodisponibles et les densités de 0+ peut être faite ici en raison de plusieurs facteurs particulièrement favorables :

- Les investigations ont été réalisées la même année,
- La collecte d'invertébrés a été effectuée pendant la période de croissance des truites 0+. Elle correspond donc strictement aux conditions alimentaires qui ont permis la survie des truitelles.
- L'année 2022 a été très favorable au recrutement de truites fario, réduisant ainsi l'effet d'autres facteurs.

Toutefois des limites importantes doivent être prises en compte dans cette superposition de résultats.

- La densité d'invertébrés est une mesure statique. L'évaluation de la productivité du milieu devrait prendre en compte la vitesse de renouvellement des générations d'invertébrés. Ce biais est toutefois restreint par la faible durée de l'expérimentation (quelques mois de croissances des truitelles).
- D'autres facteurs, probablement plus importants, affectent le succès du recrutement : succès reproducteur, nombre de géniteurs efficaces, caractères génétiques de populations, hydrologie, etc. Aussi mêmes si les conditions expérimentales sont favorables et que l'effet de plusieurs facteurs sont réduits, il est peu probable d'observer une corrélation stricte entre biomasse d'invertébrés et densité de truitelle sans effectuer d'analyse multifactorielle qui dépasse le cadre de ce volet.

La juxtaposition des résultats apporte néanmoins des éléments de discussion intéressants. La carte de la Figure 16 présente les densités en invertébrés biodisponibles pour ichtyofaune et les densités en truites fario de moins d'un an (0+) selon les mêmes modalités graphiques.

La carte de répartition des densités d'invertébrés biodisponibles montre globalement des résultats similaires à la carte de répartition de la densité globale d'invertébrés. Les deux secteurs de fortes densités : le bassin versant de la Bienne amont, et le cours principal de la Bienne aval se retrouvent ici.

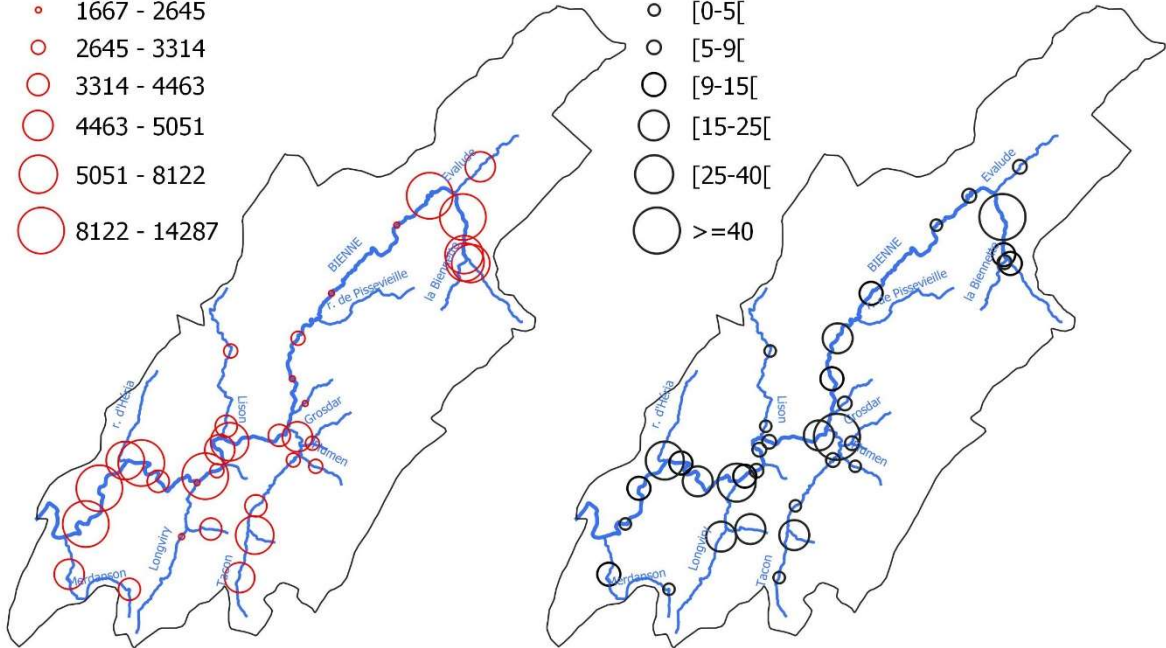
L'observation de la superposition de cette information avec la densité de truitelles est non dissonante même s'il est difficile d'identifier une concordance générale. Les focus effectués dans la Figure 17 permettent d'effectuer quelques commentaires.

Densité PTECD en ind./m²

- 1667 - 2645
- 2645 - 3314
- 3314 - 4463
- 4463 - 5051
- 5051 - 8122
- 8122 - 14287

Densité TRF 0+

- [0-5[
- [5-9[
- [9-15[
- [15-25[
- [25-40[
- ≥40



Comparaison de la densité en invertébrés biodisponibles pour l'ichtyofaune et de la densité en truite fario de moins d'un an (0+)

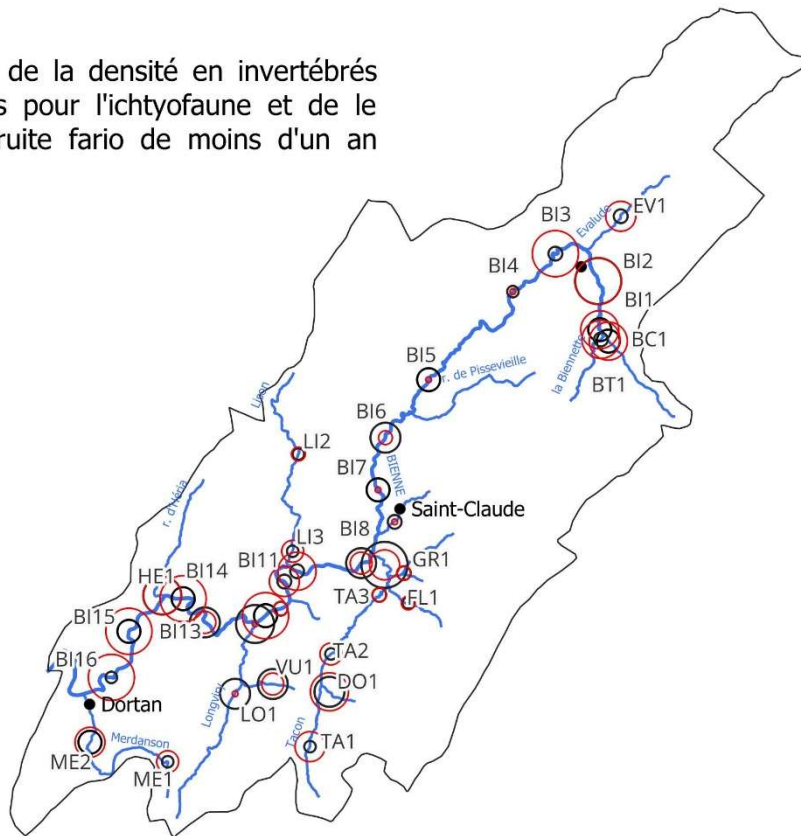
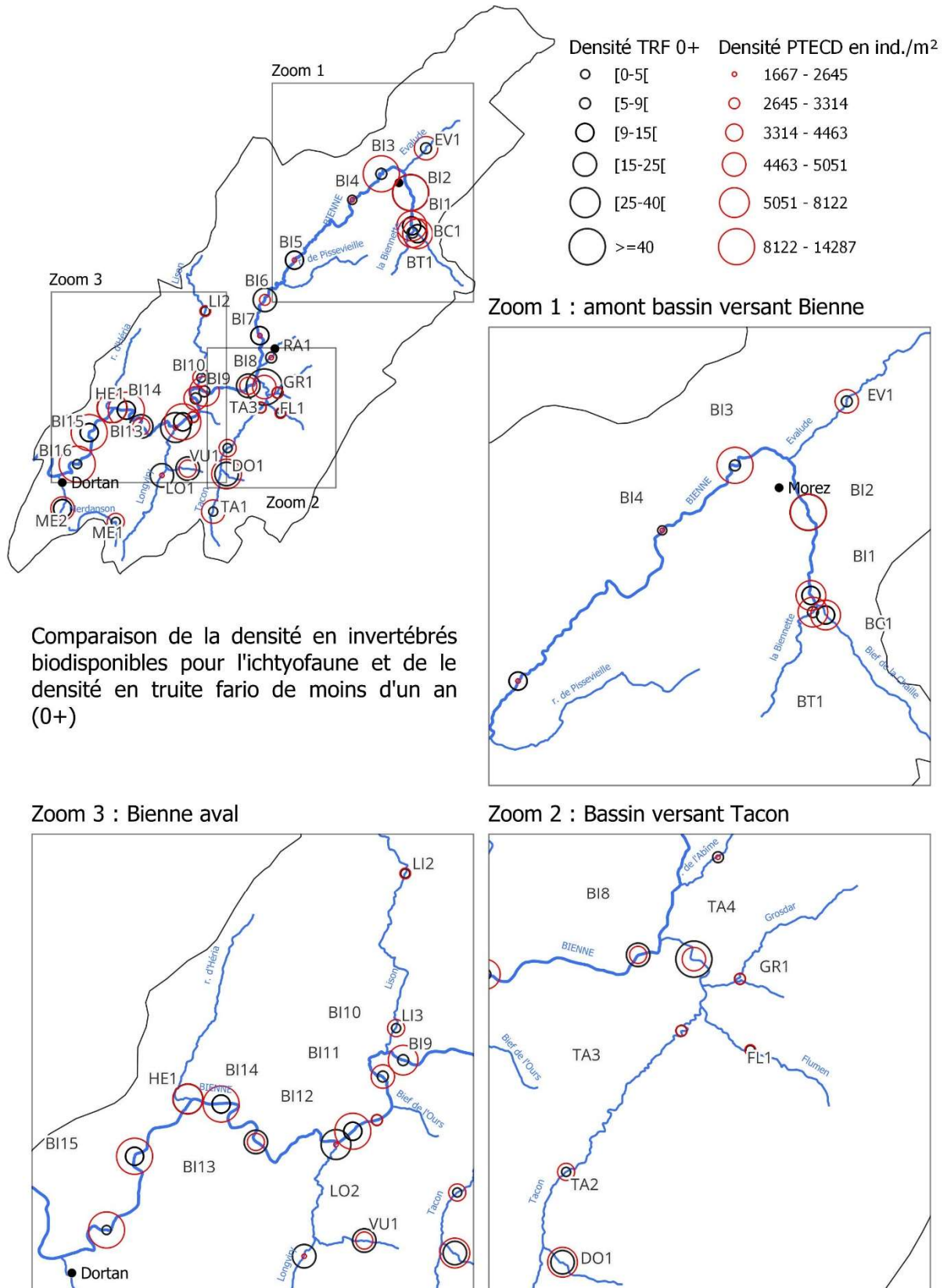


Figure 16 : cartes de comparaison des densités en invertébrés biodisponibles pour ichtyofaune et de la densité en truite fario de moins d'un an (0+). Les paramétrages des analyses thématiques sont identiques : 8 quantiles et même variation graphique de l'échelle.



Comparaison de la densité en invertébrés biodisponibles pour l'ichtyofaune et de la densité en truite fario de moins d'un an (0+)

Figure 17 : focus sur trois secteurs de la carte de comparaison des densités en invertébrés biodisponibles pour ichtyofaune et de la densité en truite fario de moins d'un an (0+).

Le maximum de cohérence est observé sur le **bassin versant du Tacon (Zoom 2)** où les densités de juvéniles de truites sont exactement hiérarchisées avec les densités d'invertébrés consommables. Les variations se font de la même façon et dans les mêmes proportions de telle façon que les cercles de l'analyse quantitative sont presque superposés.

Sur le bassin versant de la **Bienne amont (Zoom 1)** on observe globalement un respect de la hiérarchisation des densités de juvéniles avec les densités d'invertébrés consommables. En particulier :

- La meilleure station est BI2 (Morez) pour les deux paramètres en dépit d'un habitat déjà urbain.
- Une discordance est observée en BI3. Une remarque a déjà été faite sur cette station concernant la forte incertitude de l'évaluation de la densité d'invertébrés qui est portée par un seul des six répliques. Cette remarque effectuée, la densité de truitelles associée est donc cohérente.
- Une faible valeur de densité de truitelles et d'invertébrés dans les gorges de la Bienne

Sur le cours principal de la **Bienne aval (zoom 3)**, les résultats des deux paramètres varient autour de valeurs médianes à haute de densités d'invertébrés comme de poissons. Ces discordances s'expliquent vraisemblablement par l'intervention d'autres paramètres. Par ailleurs, le cours principal de la Bienne est un grand milieu qui présente intrinsèquement plus d'aléas d'échantillonnage pour les poissons comme pour les invertébrés.

En conclusion sur l'approche de comparaison de densité :

Les variations observées sont concordantes, mais il n'existe pas de relation mathématique « simple » entre densité d'invertébrés et densité de poissons (testé, mais non présenté). La mise en évidence d'une telle relation nécessite vraisemblablement une analyse multifactorielle, prenant en compte davantage de paramètres. La comparaison simple apporte toutefois de l'explicatif, plus qu'escompté, sur les variations de densité de juvéniles. La conjoncture 2022 est sans doute très favorable à cet exercice. Ce résultat renforce la pertinence des secteurs pré-identifiés pour leur forte densité d'invertébrés comme poche de biodiversité.

4. SYNTHÈSE DES DONNÉES

4.1 POCHEs DE BIODIVERSITÉ

Synthèse des principales zones de biodiversité

- Zone biodiversité majeur
- Zone de présence d'éphémères de la Liste Rouge Française
- Zone maximales de présence d'ETP de la Liste Rouge Suisse

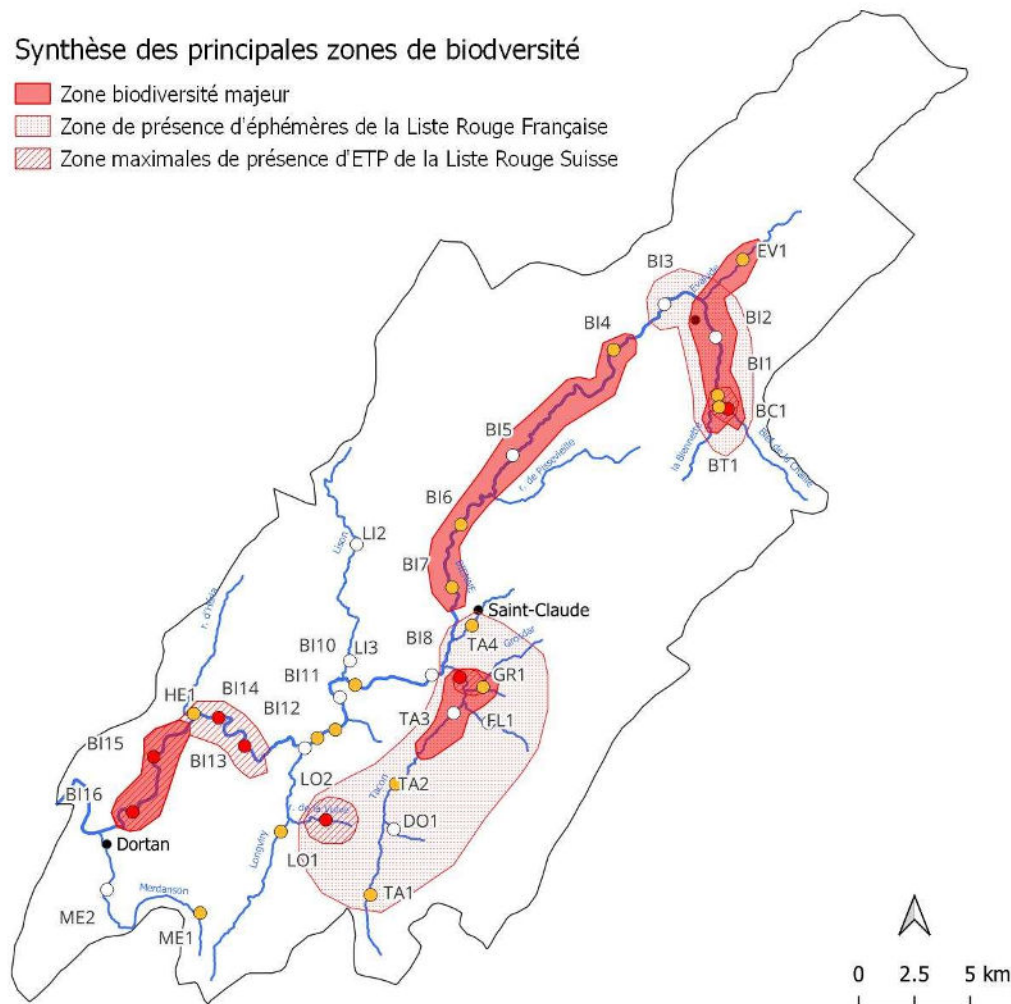


Figure 18 : carte de synthèse de la démarche de recherche de poches de biodiversités selon l'approche de biodiversité et de recherche de taxons patrimoniaux.

Les points de biodiversités ne s'observent pas isolément, mais se structurent en vastes zones, couvrant un réseau d'habitats favorables à un peuplement diversifié.

Trois secteurs se démarquent ainsi, en cumulant l'ensemble des indicateurs de biodiversité : la **Bienne amont**, en particulier le secteur amont de Morez, Le bassin versant du **Tacon** ou la diversité est maximum sur sa partie aval et la **Bienne aval** sur son cours principal.

A noter sur le **ruisseau de la Vulve**, l'existence d'une population relictuelle d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*), qui vient renforcer la zone maximale de présence d'ETP de la Liste Rouge Suisse, et la zone de présence d'éphémères sur la Liste Rouge Française.

Les gorges de la Bienne, entre Morez et Saint Claude, montrent des valeurs importantes de biodiversité, mais présentent en revanche peu de taxons patrimoniaux.

4.2 POCHE DE DENSITÉ

Synthèse des principales zones de densité

- Zone_densité
- Zone_densité_ETP
- Zone_densité_pondérée

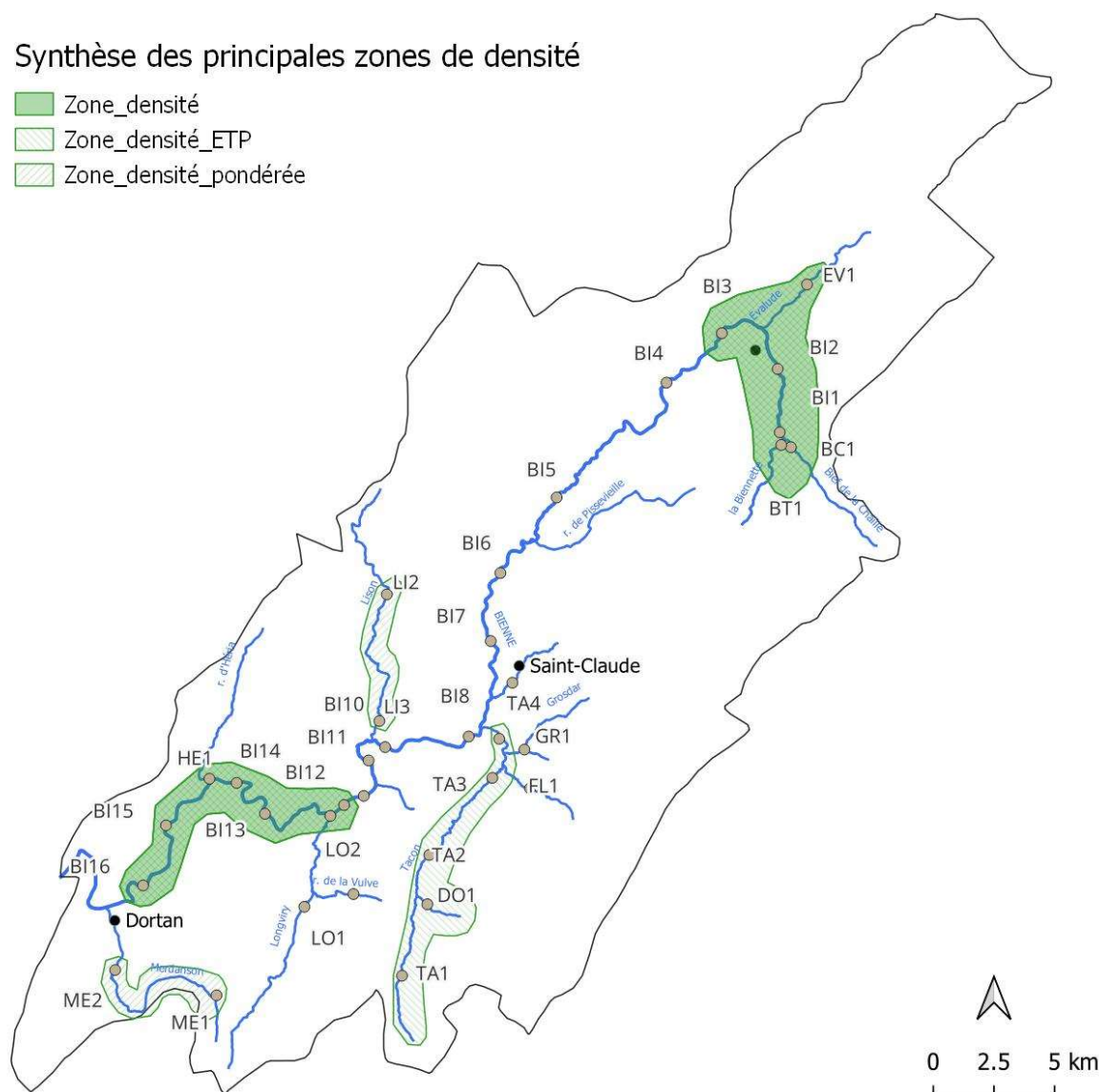


Figure 19 : carte de synthèse de la démarche de recherche de poches de biodiversités selon l'approche quantitative.

Deux secteurs principaux de forte densité d'invertébrés sont identifiables. Le bassin versant de la **Bienne amont**, et le cours principal de la **Bienne aval**. Ces secteurs se positionnent très clairement comme poche de biodiversité majeure, cumulant les critères de biodiversité, de patrimonialité, de productivités, et de source de dispersion. Ils représentent vraisemblablement des leviers de robustesse et de résilience des peuplements d'invertébrés de la Bienne.

Le bassin versant du Tacon n'est pas identifié pour la densité globale d'invertébrés, mais il se démarque en termes de densité d'ETP. Ce critère prime certainement et vient conforter l'importance de ce bassin versant, déjà identifié dans l'approche biodiversité.

Deux affluents, le Lison et le Merdanson, n'étaient pas identifiés dans les approches précédentes et se démarquent ici en termes de densité pondérée (approche biomasse). Ce résultat témoigne d'une capacité biogénique qui ne s'exprime pas complètement, probablement en raison de perturbations anthropiques.

5. RÉFÉRENCES CITÉES

- De Crespin De Billy, V., & Usseglio-Polatera, P. (2002). Traits of brown trout prey in relation to habitat characteristics and benthic invertebrate communities. *Journal of Fish Biology* 60, 687-714.
- De Crespin De Billy, V., Dumont, B., Lagarrigue, T., Baran, P., & Statzner, B. (2002). Invertebrate accessibility and vulnerability in the analysis of brown trout (*Salmo trutta* L.) summer habitat suitability. *River Res. Applic.* 18:, 533-553.
- Elliott, J. M. (1973). The food of Brown Trout and Rainbow Trout (*Salmo trutta* and *S. gairdneri*) in relation to the abundance of drifting invertebrates in a mountain stream. *Oecologia* 12, 329-347.
- Jonas Jourdan, R. B.-L. (2018). Effects of changing climate on European stream invertebrate communities: A long-term data analysis. *Science of The Total Environment*, 588-599.
- Klink, R. v. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 417-420.