



HAL
open science

Relation entre les caractéristiques morphologiques des cours d'eau et les communautés biologiques

Simon Navel, Jérôme Belliard

► **To cite this version:**

Simon Navel, Jérôme Belliard. Relation entre les caractéristiques morphologiques des cours d'eau et les communautés biologiques. Irstea; AFB - Agence française pour la biodiversité. 2018, pp.104. hal-04184200

HAL Id: hal-04184200

<https://hal.inrae.fr/hal-04184200v1>

Submitted on 21 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



Relation entre les caractéristiques morphologiques des cours d'eau et les communautés biologiques

Application aux données CARHYCE

Rapport final

**Simon NAVEL (Irstea)
Jérôme BELLIARD (Irstea)**

Décembre 2018

- **AUTEURS**

Simon NAVEL, Ingénieur de recherche contractuel (Irstea), simon.navel@irstea.fr

Jérôme BELLIARD, Ingénieur de recherche (Irstea), jerome.belliard@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Anne VIVIER, Chargé de mission Restauration des milieux (RDI), anne.vivier@afbiodiversite.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Marie-Bernadette ALBERT, Ingénieur de recherche (Irstea), marie-bernadette.albert@irstea.fr

Nathalie THOMMERET, Maitre de Conférences (ESGT, Le Mans)

Clélia BILODEAU, Maitre de Conférences (Ladys, Univ Paris 7)

Vincent TAMISIER, (LGP – Univ. Paris 1)

Frédéric GOB, Maitre de Conférences (LGP – Univ. Paris 1), frederic.gob@univ-paris1.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France métropolitaine

Niveau de lecture : professionnels



- **RESUME**

Ce rapport final présente les travaux menés au sein de l'équipe HEF d'Irstea Antony dans le cadre de l'action T de la convention ONEMA-Irstea 2013-2015 poursuivie par l'action 42 de la convention 2016-2018. L'objectif de ces travaux était d'analyser les relations entre les caractéristiques hydromorphologiques mesurées par le protocole CARHYCE et les communautés biologiques des cours d'eau métropolitains.

Les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau influencent potentiellement la structure des communautés, elles ont donc été intégrées à l'évaluation de l'état écologique en tant que « soutien à la biologie ». Des efforts importants ont été entrepris pour le développement d'outils permettant d'évaluer l'état hydromorphologique des cours d'eau, à différentes échelles. Parmi ces outils, le protocole CARHYCE définit un cadre commun pour la description de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle, en se basant sur des mesures de terrain. Le protocole CARHYCE a été mis en œuvre dès 2009 et a été étendu progressivement à l'ensemble du territoire national permettant de disposer d'un volume important de données. Ces données de terrain sont également à la base du développement d'un indicateur multi-métrique de l'état hydro morphologique des sites basé sur la mesure de l'écart entre situation observée et modèle de référence.

Pour étudier les liens entre hydromorphologie et biologie nous avons croisé les données CARHYCE avec les données macroinvertébrés et poissons acquises sur un millier de sites environ suivis dans le cadre du Réseau de Contrôle de Surveillance DCE. Nos analyses montrent que dans l'ensemble il existe de nombreux liens entre les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau et la composition taxonomique et la structure fonctionnelle des communautés de macroinvertébrés et de poissons.

Les relations entre indicateur de l'état hydro morphologique et bioindicateurs I2M2 et IPR+ suggèrent que l'altération de la géométrie du lit des cours d'eau se traduit par une altération des communautés d'invertébrés et de poissons. Deux modifications de la géométrie apparaissent plus particulièrement pénalisantes pour les communautés biologiques : la réduction de la pente de la ligne d'eau et dans une moindre mesure l'approfondissement excessif du chenal (matérialisé par une augmentation de la profondeur et de la surface mouillée à plein bord). Les peuplements de macroinvertébrés se montrent par ailleurs sensibles à l'altération des séquences seuils/mouilles et à la réduction de la largeur du cours d'eau.

Au-delà de la géométrie du lit de cours d'eau, le substrat minéral du fond se révèle particulièrement structurant pour les communautés vivantes tant pour les macroinvertébrés que pour les poissons. Cette influence du substrat s'observe d'abord du point de vue sa composition granulométrique en lien avec la grande variété des préférendums des taxons invertébrés et poissons. Elle concerne également l'importance du colmatage du fond qui se traduit notamment par un déclin des taxons EPT et à l'inverse une progression des oligochètes au niveau des communautés d'invertébrés et des espèces lithophiles protégeant leur ponte dans le substrat au niveau des communautés de poissons.

Enfin, la composition des communautés est influencée par l'abondance de substrats additionnels, de structures d'habitats ou d'abris (par exemple la végétation aquatique ou les débris ligneux), qu'ils soient situés dans le chenal ou en berge. A cet égard, il convient de souligner que nombre des liens significatifs mis en évidence entre caractéristiques hydromorphologiques et composition des communautés restituent sans doute des gradients plus globaux d'organisation des hydrosystèmes liés notamment à la dimension amont-aval et à la structuration régionale du territoire (en lien avec la diversité géologique et climatique en particulier).

De manière générale, les liens entre caractéristiques hydromorphologiques et communautés d'invertébrés apparaissent plus étroits que ceux entre caractéristiques hydromorphologiques et communautés de poissons. Cette différence dans l'intensité des réponses semble traduire une différence dans l'échelle spatiale d'intégration de l'habitat entre les deux groupes d'organismes, les invertébrés réagiraient d'avantage à l'habitat local (tel qu'appréhendé par le protocole CARHYCE) alors que les poissons intégreraient les éléments d'habitat à des échelles spatiales plus étendues.

Les résultats de nos analyses montrent qu'il existe de nombreux liens entre l'hydromorphologie des

cours d'eau et la structure des communautés de macroinvertébrés et de poissons. La réponse des communautés vivantes aux variations de la morphologie des cours d'eau se manifeste à la fois sur leur composition taxonomique, leur structure fonctionnelle et les bioindicateurs DCE à la base de l'évaluation écologique. Les résultats permettent de dégager les caractéristiques morphologiques qui semblent les plus structurantes pour les communautés. A cet égard ils constituent des éléments utiles pour appréhender les conséquences biologiques de futures opérations de restauration de la morphologie des cours d'eau.

- **SOMMAIRE**

1. Introduction	6
1.1. Cadre général	6
1.2. Objectifs généraux	8
1.3. Point sur les pratiques les plus répandues	9
1.3.1. La chenalisation	10
1.3.2. Les Retenues	10
2. Constitution du jeu de données	11
2.1. Généralités	11
2.2. Jeux de données sources	12
2.2.1. Données d'hydromorphologie de la base nationale CARHYCE	12
2.2.2. Communautés de macroinvertébrés benthiques	24
2.2.3. Peuplements piscicoles	26
2.3. Mise en relation des jeux de données et filtrage	27
2.3.1. Généralités	27
2.3.2. Association des différents jeux de données	27
2.3.3. Filtrage	28
3. Méthodes d'analyses	32
3.1. Relations entre indicateurs/métriques hydromorphologiques et biologiques	32
3.2. Analyses portant sur les autres variables hydromorphologiques	33
3.2.1. Structure taxonomique	33
3.2.2. Structure fonctionnelle	34
3.3. Analyses spécifiques concernant le colmatage	34
4. Hydromorphologie et structure des communautés	35
4.1. Relations entre indicateurs hydromorphologiques et biologiques	35
4.1.1. Métriques hydromorphologiques versus métriques invertébrés benthiques	35
4.1.2. Métriques hydromorphologiques versus métriques piscicoles	39
4.1.3. Discussion sur les relations entre métriques	41
4.2. Analyses portant sur les autres variables hydromorphologiques	43
4.2.1. Communautés d'invertébrés	44
4.2.2. Communautés de poissons	55
5. Discussion générale et conclusion	62
6. Table des illustrations	68
7. Remerciements	71
8. Annexes	72
8.1. Annexe 1	72
8.2. Annexe 2	74
8.3. Annexe 3	79
8.4. Annexe 4	80
8.5. Annexe 5	82
8.6. Annexe 6	87
8.7. Annexe 7	88
8.8. Annexe 8	90
8.9. Annexe 9	95
8.10. Annexe 10	96
8.11. Annexe 11	98
8.12. Annexe 12	103

- **RELATION ENTRE LES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES COURS D'EAU ET LES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES – APPLICATION AUX DONNEES CARHYCE**

1. Introduction

1.1. Cadre général

Les écosystèmes aquatiques sont reconnus comme étant des écosystèmes particulièrement influencés par des pressions nombreuses et variées résultant des activités humaines. Ainsi, les cours d'eau sont sous la dépendance des pressions exercées à différentes échelles. Ils subissent les pratiques exercées à l'échelle locale (e.g. altérations de la morphologie du lit suite à des opérations de recalibrage, des travaux d'aménagement des berges). Ils sont également influencés, à la manière de véritables réceptacles, par les activités et pratiques d'utilisation des sols (e.g. agriculture intensive, urbanisation etc.) sur les bassins versants qui les alimentent. Les cours d'eau supportent donc tout un cortège de pressions d'origine anthropique susceptibles d'altérer leur structure et leur fonctionnement. Face à ce constat, les cours d'eau sont aujourd'hui au centre des préoccupations des politiques et des gestionnaires qui cherchent à garantir leur bon fonctionnement.

Dans cette optique de gestion/préservation des écosystèmes aquatiques, l'Union Européenne s'est dotée, en 2000, d'un cadre législatif essentiel avec la directive cadre sur l'eau (DCE). Cette directive définit un cadre pour le suivi et l'évaluation de la qualité des masses d'eau dans les différents états membres, avec pour objectif un maintien/retour vers un « bon état » en 2015 (avec possibilités de reports sous conditions). La DCE représente un pas en avant important pour la gestion/préservation des cours d'eau en fixant un calendrier et des objectifs précis mais aussi en préconisant certaines approches pour l'évaluation de l'état des cours d'eau. Pour les eaux superficielles, et les cours d'eau en particulier, l'objectif d'atteinte du « bon état » n'est réalisé qu'à la double condition de justifier (1) d'un bon état chimique (non-dépassement de seuils de concentration pour une liste préétablie de composés chimiques potentiellement toxiques) et d'un bon état écologique. Si les caractéristiques chimiques de l'eau (e.g. présence de polluants) ont depuis longtemps été utilisées pour évaluer l'état des cours d'eau, la mesure d'un état écologique reposant largement sur l'emploi d'indicateurs biologiques est un des apports majeurs de la DCE.

Contrairement aux mesures ponctuelles de physico-chimie qui doivent être très régulièrement répétées pour fournir une information pertinente (e.g. tous les mois dans les monitorings classiquement mis en œuvre), les bioindicateurs présentent le gros avantage d'intégrer les conditions d'habitat sur une période plus longue (potentiellement variable d'un groupe biologique à l'autre) et de manière continue. Les compartiments biologiques sont devenus avec la DCE, un élément central pour évaluer l'intégrité des cours d'eau et mesurer la réponse des écosystèmes aux pressions d'origine anthropique. Anciennement principalement basés sur des espèces sensibles – notamment aux pollutions organiques et par les nutriments (N et P) -, les bio-indicateurs désormais utilisés dans le cadre de la DCE sont multi-métriques et incorporent des éléments de structures et des traits fonctionnels des espèces pour les communautés d'invertébrés benthiques, de poissons, de diatomées et enfin de macrophytes (les éléments de qualité biologique –EQB- définis par la DCE pour les cours d'eau). La nature « multi-métrique » de ces bio-indicateurs permet notamment d'intégrer l'ensemble des impacts liés aux pressions pesant sur le milieu. Un travail important a été fourni pour développer ces nouveaux bio-indicateurs DCE-compatibles. Mais, au-delà, la DCE demande également que l'évaluation de l'état écologique ne se limite pas aux seuls EQB, mais qu'elle intègre aussi différents paramètres additionnels soutenant la biologie : la physicochimie et l'hydromorphologie (*Figure 1*). Ces éléments de soutien sont susceptibles d'avoir un rôle structurant important vis-à-vis des communautés biologiques ; leur prise en compte dans l'examen des relations entre les pressions anthropiques et le degré d'intégrité des écosystèmes est donc essentielle. L'état écologique des cours d'eau est donc finalement décrit par l'état des communautés biologiques **conditionnées par la physicochimie et l'hydromorphologie**. Ce rôle de « soutien » est illustré dans la manière d'agréger les différents éléments de qualité permettant de définir l'état écologique, avec la biologie qui constitue le 1^{er} élément de classification. Malgré son rôle structurant **potentiellement** important, l'hydromorphologie n'intervient directement comme élément d'évaluation que pour discriminer les stations qui présentent un très bon état (*Figure 1*).

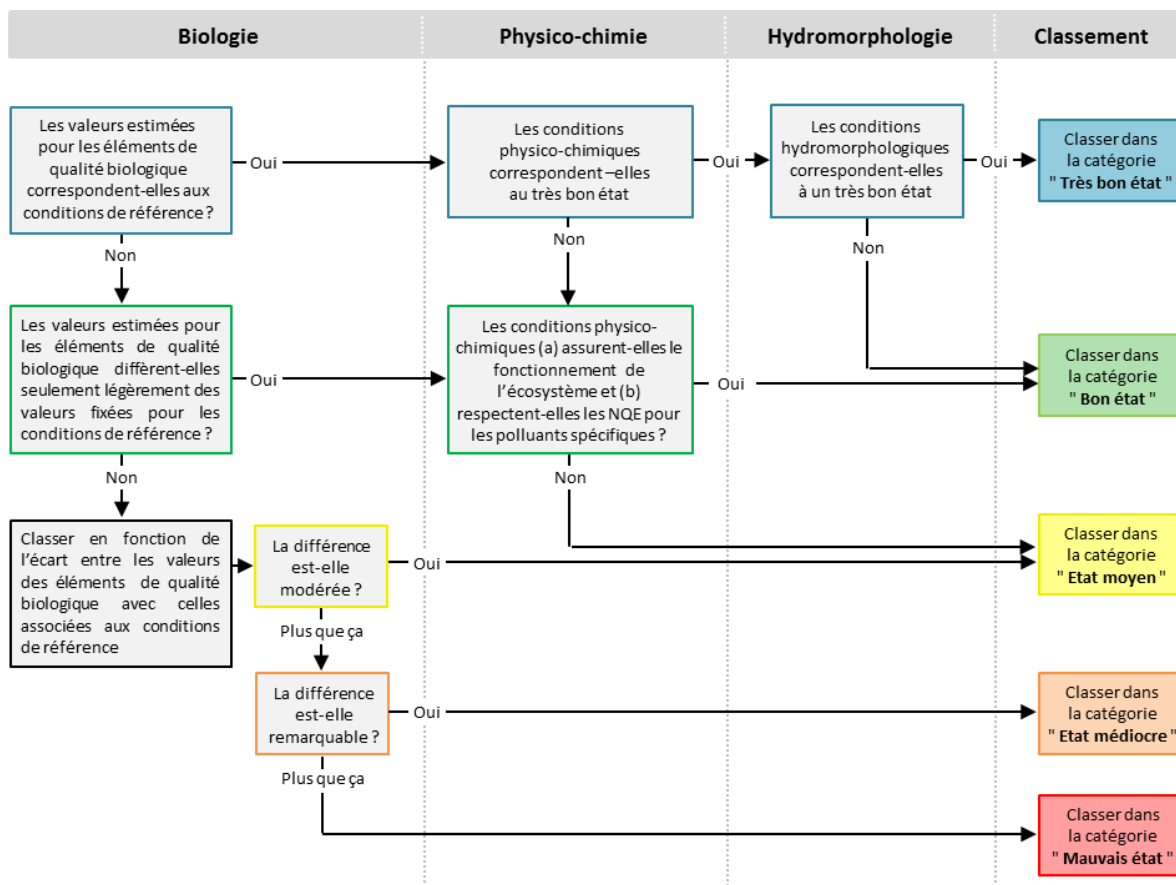


Figure 1 : Règles d'agrégation pour la détermination de l'état écologique des cours d'eau. L'hydromorphologie est un élément permettant de distinguer les stations en très bon état de celles en bon état écologique. Cette distinction s'applique aux stations qui présentent déjà les conditions du très bon état (conformité aux conditions de référence) à la fois pour les éléments de qualité biologiques et physico-chimiques

Les relations entre les caractéristiques physicochimiques du milieu (e.g. acidité, concentration en nutriments) et les caractéristiques des communautés biologiques est un domaine qui a été particulièrement bien étudié, déjà bien avant la mise en œuvre de la DCE. De leur côté, les relations précises liant les caractéristiques hydromorphologiques et les communautés biologiques restent encore largement méconnues bien que les scientifiques et les gestionnaires s'accordent sur l'importance des perturbations de l'hydromorphologie comme causes d'altérations majeures des écosystèmes d'eau courante. Ces difficultés viennent notamment de l'utilisation en routine de descripteurs des communautés qui ne sont pas adaptés pour la mise en évidence du rôle de l'hydromorphologie. Dans leur étude sur les macroinvertébrés benthiques, Feld *et al.* (2014) montrent par exemple que les bio-indicateurs synthétiques historiquement utilisés -comme les indices de diversité- ne sont pas affectés par la dégradation de l'hydromorphologie car les taxons qui disparaissent le long de ce gradient de dégradation physique sont en général remplacés par d'autres taxons aux caractéristiques écologiques comparables. Cette étude met ainsi en évidence **la difficulté à aborder cette question de l'impact de l'hydromorphologie et l'intérêt d'examiner les conséquences sur les communautés biologiques à différents niveaux de structuration** (e.g. recours à des taxons cibles).

Ces lacunes en termes de connaissances sur l'influence de l'hydromorphologie étaient déjà apparues particulièrement flagrantes lorsqu'il a été envisagé d'incorporer des caractéristiques hydromorphologiques dans l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau lors de la mise en place de la DCE. Des efforts considérables ont alors été entrepris, notamment en France à travers les programmes portés par l'ONEMA - désormais AFB - afin d'acquérir des données solides portant sur l'hydromorphologie et d'étudier son rôle sur les communautés biologiques. Différents outils (e.g. SYRAH-CE, ROE, CARHYCE) ont ainsi été développés afin d'apporter des éléments de connaissance de l'hydromorphologie des cours d'eau à différentes échelles et tenter d'évaluer le degré d'intégrité/d'altération de ce compartiment. Si l'évaluation d'un état hydromorphologique est un enjeu déjà majeur en soi, l'objectif final dans le cadre de la DCE reste malgré tout de

comprendre dans quelle mesure cet état hydromorphologique conditionne l'état des communautés biologiques en place. La compréhension des relations hydromorphologie - biologie est donc essentielle si l'on souhaite être en mesure de proposer des solutions appropriées en termes de gestion/restauration des cours d'eau dans l'optique du retour vers le bon état demandé par la DCE.

Des travaux importants ont d'abord été entrepris pour décrire l'état d'altération physique des cours d'eau et évaluer la réponse des communautés à ces altérations sur des portions du territoire français (voir Belliard *et al.* 2009, Gob *et al.* 2010 sur les cours d'eau du bassin Seine Normandie). Des résultats ont ensuite été obtenus plus récemment sur la réponse des communautés biologiques vis-à-vis de l'hydromorphologie mesurée à l'échelle stationnelle à partir du protocole CARHYCE (AFB 2017) et déployé sur l'ensemble du territoire (Lausecker *et al.* 2012, Daniel 2013, Belliard *et al.* 2014). Ces premiers résultats, obtenus à partir d'un nombre relativement restreint de stations de mesure, ont notamment fourni des indications sur les éléments d'hydromorphologie les plus structurants et sur la réponse différentielle des différentes communautés biologiques (poissons et macroinvertébrés benthiques). L'application de CARHYCE sur un nombre désormais bien plus important de stations, associée aux progrès réalisés pour la caractérisation de l'état hydromorphologique (mesure d'un écart à une situation de référence), nous permet aujourd'hui de disposer d'un jeu de données plus solide pour affiner notre compréhension des relations entre les divers éléments d'hydromorphologie et la structure des communautés.

A partir de calculs réalisés sur les données brutes, CARHYCE permet d'évaluer à quel point la situation hydromorphologique d'un site s'éloigne d'une situation de « référence » attendue en absence de perturbations d'origine anthropique. Le développement d'un indice / de métriques d'altération physique des cours d'eau à partir des données CARHYCE a été réalisé par nos partenaires du Laboratoire de Géographie Physique (LGP). Cette phase de développement a été conduite en parallèle de nos propres travaux centrés sur les liens avec les compartiments biologiques et qui sont présentés dans le cadre de ce rapport. Le timing concomitant des deux actions n'a permis de disposer de métriques finalisées que tardivement pour l'analyse des liens avec les communautés biologiques. La finalisation des travaux sur les indicateurs d'altération hydromorphologique et l'acquisition des données issues des prochains cycles de mesures CARHYCE (voir note ci-dessous), pourront permettre à l'avenir d'approfondir davantage les analyses des relations hydromorphologie-biologie des cours d'eau.

Note : L'intérêt des suivis temporels réside notamment dans le fait d'apporter des informations sur l'évolution de la situation des masses d'eau. Une question particulièrement cruciale pour l'analyse des relations entre hydromorphologie et biologie consiste à vérifier si des modifications des caractéristiques hydromorphologiques des sites au cours du temps entraînent des réponses au niveau de la structure de leurs communautés biologiques (toutes choses étant égales par ailleurs). Un aspect important de la mise en œuvre du protocole CARHYCE réside donc dans la répétition des opérations de mesure sur un même site, tous les 6 ans. Pour le moment, les données disponibles ne nous permettent pas de couvrir 2 cycles de mesure et d'analyser l'impact d'une évolution temporelle de l'hydromorphologie, mais « seulement » l'influence des différences en termes d'hydromorphologie, d'un site à l'autre, à partir des données du 1^{er} cycle de mesure. Les données acquises sur les prochains cycles de mesure auront donc un intérêt tout particulier, puisqu'elles fourniront non seulement une « mise à jour » de l'état hydromorphologique des stations, mais également des éléments d'appréciation de l'impact des éventuels changements temporels de la morphologie sur les compartiments biologiques.

Des travaux menés actuellement au sein de l'équipe HEF d'Irstea Antony (l'action n°41 ; Evelyne Tales, coordination AFB Anne Vivier) portent sur l'analyse des suivis d'opération de restauration. Ces travaux abordent ainsi l'évolution temporelle des sites et constituent donc un complément intéressant à nos propres analyses.

1.2. Objectifs généraux

L'action 42 de la convention ONEMA(AFB)-Irstea 2016-2018 (« Connaissance des caractéristiques physiques des cours d'eau et de leurs altérations ; implications pour les communautés biologiques (CARHYCE) ») fait suite à l'action T de la précédente convention (2013-2015). Elle s'inscrit dans le contexte de mise en place de la DCE et plus précisément dans le travail d'évaluation de l'état écologique des masses d'eau superficielles. Elle se focalise plus particulièrement sur le suivi de

l'état hydromorphologique en tant que soutien à la biologie. L'objectif ultime de cette action est d'être en mesure de comprendre l'influence des pressions d'origine anthropique à la base des perturbations hydromorphologiques des cours d'eau et d'évaluer l'impact de ces perturbations sur les communautés biologiques. Une meilleure compréhension des relations entre les altérations hydromorphologiques et les communautés biologiques permettra de proposer des réponses adaptées en termes de gestion/restauration des écosystèmes dans l'optique du retour vers le « bon état » demandé par la DCE.

Ce rapport présente les travaux portant sur l'analyse de ces liens, menés au sein de l'équipe HEF (Hydroécologie fluviale) de l'unité de recherche HBAN (Hydrosystèmes et Bioprocédés) d'Irstea Antony. Ces travaux reposent essentiellement sur l'exploitation des données acquises sur les stations du réseau de contrôle de surveillance (RCS) pour les cours d'eau de France métropolitaine. Ils s'intéressent plus particulièrement aux données issues du protocole CARHYCE (caractérisation physique des cours d'eau) mis en œuvre par les équipes de l'ONEMA-AFB (AFB 2017) et aux données portant sur les communautés d'invertébrés et de poissons. L'approche méthodologique employée consiste à lier, par le biais d'outils statistiques, des descripteurs de l'état des communautés biologiques aux caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau.

La compréhension de l'influence de l'hydromorphologie (au sens large, c'est-à-dire incluant les caractéristiques des berges, la présence d'abris, la ripisylve...) sur les compartiments biologiques est au cœur du travail présenté dans ce rapport. Cette problématique peut être abordée selon différents niveaux d'organisation biologique. L'approche la plus immédiate consiste à examiner les conséquences des modifications de l'hydromorphologie sur la composition taxonomique des communautés. Dans ce cadre, les changements au niveau des composantes physiques du cours d'eau sont supposés modifier la disponibilité des habitats et donc *in fine* influencer la distribution des espèces et taxons en fonction de leurs préférences écologiques. Une manière plus fonctionnelle d'aborder cette problématique consiste à examiner les modifications des communautés vivantes du point de vue des traits fonctionnels (traits biologiques et écologiques) des taxons qui les composent. A noter cependant que dans cette perspective, une modification de composition taxonomique de la communauté n'entraîne pas nécessairement modification de ces caractéristiques fonctionnelles dans la mesure où les changements mis en jeu peuvent impliquer des remplacements ou turn-over de taxons aux caractéristiques éco/biologiques similaires.

Dans le contexte de la mise en œuvre de la DCE, la question du lien entre l'altération (dans le sens d'un écart à une situation peu ou pas impactée par les activités humaines) de l'hydromorphologie des cours d'eau et l'altération de leurs communautés vivantes est un aspect essentiel. Cette question a été abordée de manière spécifique en confrontant l'indicateur d'altération hydromorphologique développé par le Laboratoire de Géographie Physique (LGP) avec les bio-indicateurs développés pour les communautés d'invertébrés (I2M2) et de poissons (IPR+). Ces analyses ont été menées à la fois en considérant les indicateurs synthétiques mais aussi, avec plus de détails, en considérant les différentes métriques qui les composent.

L'indicateur d'altération hydromorphologique développé par le LGP rend essentiellement compte de la géométrie hydraulique des cours d'eau en situation de plein bord (voir 2.2.1), mais de nombreuses informations complémentaires sont également collectées dans le cadre du protocole CARHYCE (e.g. état des berges, substrats minéraux et substrats biogènes, colmatage) et sont susceptibles d'influencer significativement les communautés biologiques. Leur contribution dans le contrôle de la composition et de l'état des communautés ont donc également été examinées. Dans ce cadre, l'influence du colmatage a été traitée de manière spécifique du fait des enjeux particuliers sur ce volet (réflexion autour d'éventuels ajustement méthodologiques), et d'un volume de données plus restreint que pour les autres descripteurs hydromorphologiques.

1.3. Point sur les pratiques les plus répandues

Les données brutes et les données calculées à partir de CARHYCE ont pour objectif de décrire l'hydromorphologie d'un site. De manière naturelle, les caractéristiques hydromorphologiques peuvent différer assez largement d'un site à l'autre, y compris au sein d'un même contexte géographique global (e.g. même HER d'appartenance). La compréhension de cette variabilité naturelle quantifiable avec CARHYCE, représente un enjeu important, en particulier dans l'objectif d'évaluer l'ampleur de modifications hydromorphologiques imputables aux pratiques humaines. Nous évoquons ici très succinctement les types d'aménagements physiques des cours d'eau les plus répandus sur le territoire et leur influence potentielle sur l'hydromorphologie, potentiellement détectables grâce aux données CARHYCE.

1.3.1. La chenalisation

Sous le terme de chenalisation on englobe généralement le recalibrage et la rectification, deux pratiques différentes mais très souvent associées sur le terrain. Le recalibrage consiste à modifier le profil en travers du cours d'eau, alors que la rectification se caractérise par une modification de son profil en long. Les objectifs de la chenalisation sont multiples. Rescindre les méandres (rectification) permet de gagner des surfaces exploitables pour l'agriculture ou l'urbanisation. Les cours d'eau rendus rectilignes peuvent également constituer un mode d'aménagement jugé « rationnel » pour la délimitation des propriétés. Par rapport à un cours d'eau naturel, son équivalent rectifié présente donc un profil plus pentu et évacue ainsi les eaux plus rapidement diminuant localement les risques d'inondation. En revanche, l'accélération et la concentration des écoulements qui en résulte est susceptible d'augmenter les risques d'inondations plus en l'aval. Pour minimiser ce risque, les cours d'eau rectifiés ont donc souvent été recalibrés en les rendant plus larges et/ou plus profonds, leur permettant d'écouler de plus gros volumes d'eau. Rectification et recalibrage sont donc généralement associés pour augmenter la capacité d'écoulement du chenal. La concentration de l'écoulement qui en résulte est également susceptible d'avoir des effets « secondaires » de plus long terme comme de l'incision liée au processus d'érosion du fond.

En milieux urbanisés, les marges de manœuvre sur les berges sont souvent contraintes par la présence d'infrastructures (voirie, habitations ou autres ouvrages) qui peuvent conduire à privilégier l'augmentation de la profondeur plutôt que celle de la largeur lors des opérations de recalibrage. Jouer sur la profondeur est d'ailleurs plus efficace dans les cours peu puissants comme les cours d'eau de plaine. En effet, dans les cours d'eau plus puissants (exemple des cours d'eau d'altitude avec une pente importante), l'incision peut être compensée par les apports solides de l'amont. Dans ces cas, des ouvrages de rétention accompagnent la chenalisation, pour bloquer les apports sédimentaires depuis l'amont. La chenalisation et la concentration de l'écoulement qui en résulte peuvent avoir un impact en termes d'érosion des berges. Cet effet non désiré peut être contrecarré par un renforcement des berges (par enrochement par exemple), et l'énergie du cours d'eau dissipée par l'érosion concernera alors plutôt le fond du lit.

1.3.2. Les Retenues

Les cours d'eau sont également largement affectés par la présence de retenues (e.g. barrages, seuils, vannages). Ces retenues peuvent avoir un impact important sur la circulation de l'eau et sur le transit des sédiments. La pente de la ligne d'eau peut alors être affectée parfois sur de longues distances, avec une pente quasi nulle en amont, dans la zone de remous du barrage ou seuil et une chute brutale de la cote de l'eau au niveau de l'ouvrage. Du fait de l'impact sur l'hydraulique et notamment sur la vitesse d'écoulement, un dépôt de sédiments se fait à l'amont de la retenue. Dans la mesure où la charge solide est « piégée » localement en amont de la retenue, il en résulte un déficit sédimentaire à l'aval que le cours d'eau tend à compenser en érodant le fond du lit. Ces phénomènes conduisent ainsi à des ajustements du profil en long du cours d'eau sur le long terme qui modifieront la pente naturelle initiale du lit.

Les retenues, très répandues sur l'ensemble du territoire (voir site web carmen : http://carmen.carmencarto.fr/66/ka_roe_current_metropole.map), ont potentiellement un impact majeur sur les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau et, par ce biais, peuvent moduler la structure des communautés. En tant que barrière physique elles peuvent par ailleurs affecter les déplacements amont-aval des organismes (Van Looy et al. 2014). Cette problématique de continuité, cruciale notamment pour les poissons migrateurs, n'est pas abordée dans notre étude.

2. Constitution du jeu de données

2.1. Généralités

La première étape de notre travail a consisté à constituer un jeu de données le plus complet et le plus vaste possible. Ceci reposait d'abord sur l'acquisition des jeux de données bruts les plus récents et les plus fiables possibles (données brutes pré-expertisées) concernant les compartiments suivants : hydromorphologie, communautés d'invertébrés et communautés de poissons (*Figure 2*). Un travail important de croisement et de mise en cohérence de ces jeux de données bruts, initialement indépendants, a ensuite été réalisé. Un certain nombre de filtres ont été testés et pour certains adoptés, afin d'écartier les stations pour lesquelles la relation hydromorphologie – biologie risquaient d'être fortement biaisées ou masquées par d'autres facteurs de contrôle (voir 2.3.3).

Nous présenterons rapidement ici les différents filtres que nous avons développés pour l'établissement d'un jeu de données consolidé. Au final, certains n'ont pas été mis en œuvre et d'autres ont été amenés à évoluer en cours de projet sur la base de retours de discussions entre partenaires, en recherchant le compromis optimal entre le volume de stations retenues dans le jeu de données final et le niveau de cohérence entre les données des différents compartiments.

L'acquisition des données brutes y compris pour le développement des filtres a souffert de difficultés en partie liée 1) à l'existence de nombreux partenaires/gestionnaires impliqués dans l'acquisition et la bancarisation des différents types de données que nous avons été amenés à solliciter et 2) aux délais parfois importants séparant la phase de réalisation des opérations de terrain et la disponibilité des données après leur intégration dans les bases de données dédiées qui n'ont pas toujours permis de disposer des résultats des opérations les plus récentes.

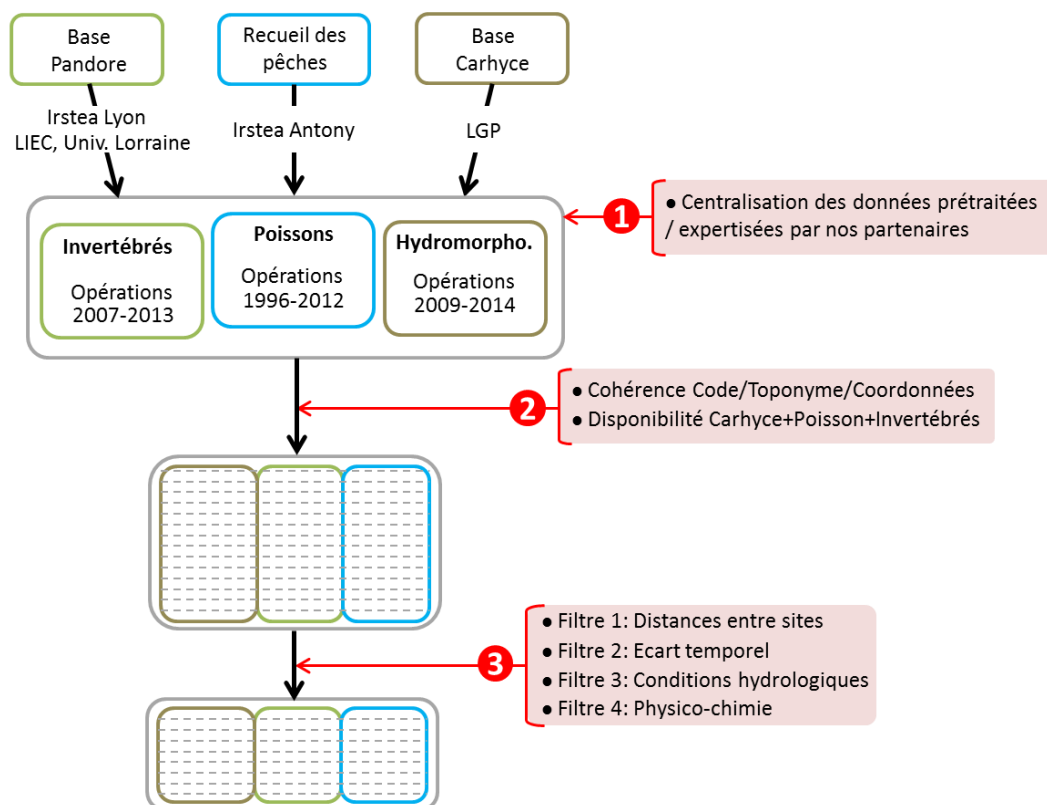


Figure 2 : Principales étapes de constitution du jeu de données global.

2.2. Jeux de données sources

2.2.1. Données d'hydromorphologie de la base nationale CARHYCE

2.2.1.1. Généralités

Les données de caractérisation hydromorphologique des stations ont été collectées sur le terrain à partir de 2009 par les services de l'ONEMA-AFB. Leur acquisition se fonde sur le protocole CARHYCE, protocole national standardisé de recueil de données hydromorphologiques quantitatives sur le terrain à l'échelle de la station, sur des cours d'eau prospectables à pied (protocole de référence mis à jour en mai 2017 - AFB 2017). Une fois collectées, ces données sont stockées dans une base dédiée, gérée par l'AFB, qui est régulièrement alimentée au gré des nouvelles opérations d'acquisition terrain (dans le cadre des monitorings DCE, le protocole CARHYCE est réalisé tous les 6 ans sur chaque site). Les données brutes bancarisées sont ensuite extraites, consolidées puis analysées et agglomérées par nos collègues du LGP (Laboratoire de Géographie Physique de Meudon – F. Gob et collaborateurs) afin de restituer un ensemble de variables et d'indicateurs synthétiques décrivant les conditions hydromorphologiques d'une station (Gob *et al.* 2014).

Pour nos analyses, nous avons utilisé des données fournies par le LGP et qui présentent les résultats de 1008 opérations menées entre le 07/01/2009 et le 16/10/2013 sur 1001 stations des réseaux de suivi. Ces tableaux renseignent un grand nombre de variables et présentent l'avantage de contenir des données déjà vérifiées et validées et d'inclure un descripteur synthétique et qui ne sont pas disponibles directement dans la base de données brute (e.g. variables à plein bord, profondeur moyenne des mouilles etc.).

Nous avons analysé de manière séparée deux ensembles de données décrivant l'hydromorphologie : (1) les métriques développées par le LGP afin d'évaluer l'état des cours du point de vue morphologique et qui reposent très largement sur la géométrie du lit à plein bord et (2) des données brutes issues de la mise en œuvre du protocole de terrain et qui décrivent de manière détaillée d'autres éléments d'hydromorphologie non représentés dans les métriques hydromorphologiques (e.g. substrats) mais potentiellement structurantes vis-à-vis des communautés biologiques.

2.2.1.2. Les données brutes et les données calculées

Les données brutes renseignent l'état hydromorphologique d'un site de manière précise et complète. Ces données brutes, portant sur différents éléments de l'hydromorphologie (e.g. géométrie du lit, berges, substrats), sont des données essentielles venant compléter les connaissances sur la biologie et la physico-chimie pour **permettre une compréhension fine du fonctionnement d'un site, prérequis essentiel au développement d'un plan de gestion adapté**. On peut distinguer différents éléments d'hydromorphologie décrits par les données CARHYCE :

► Géométrie hydraulique. Le protocole prévoit la réalisation de 15 transects permettant de décrire la forme du lit mineur. Chaque transect est constitué d'un certain nombre de points pour lesquels on relève notamment la hauteur / profondeur par rapport au niveau de la lame d'eau au jour d'acquisition. A partir de ces informations, il est alors possible de calculer un ensemble de paramètres de géométrie « moyens » décrivant la station tels que la profondeur, la largeur, le ratio largeur/profondeur ou encore la surface mouillée, au jour d'acquisition mais également en condition de plein bord. **Les éléments de géométrie du lit à plein bord** témoignent de processus à des échelles de temps importantes (crues morphogènes). Ils sont utilisés par le LGP pour l'établissement des métriques d'altération

de la morphologie du lit (voir partie 2.2.1.3). Le plein bord est identifiable sur le terrain et permet de se placer dans des conditions comparables pour tous les sites (indépendamment des conditions de débit du jour de la mesure), facilitant ainsi des comparaisons inter-sites. L'utilisation des paramètres de géométrie à plein bord pour l'étude des relations détaillées à la biologie présente néanmoins des limites dans la mesure où la réalisation du plein bord reste un évènement rare pour la plupart des cours d'eau et ne permet donc pas d'appréhender directement l'habitat « usuel » et structurant pour les communautés vivantes. **Les conditions hydrauliques « de basses eaux »** définissent a priori les conditions d'habitats les plus structurantes pour les organismes (dans la mesure où elles se rencontrent une grande partie du temps). Cette hypothèse de travail est d'ailleurs assez largement retenue dans la littérature. Si les opérations sont censées être réalisées en condition d'étiage, il est bien difficile de s'assurer qu'elles ont bien toutes été réalisées dans des conditions de débit équivalentes d'un site à l'autre ce qui rend plus délicate la comparaison inter-sites des données « au jour d'acquisition ».

Dans l'idéal, il conviendrait d'aborder ces conditions « de basses eau » en retenant un débit de référence commun à toutes les stations, par exemple le Q50 (débit médian) pour lequel seraient déterminées les caractéristiques géométriques et hydrauliques. Ces données seraient particulièrement appropriées pour une mise en relation avec les caractéristiques des communautés biologiques. Malheureusement, à ce stade nous ne disposons pas de solution fiable et généralisable permettant de « reconstituer » ces variables à différents débits sur nos stations d'étude. Des premiers tests ont été réalisés sur quelques sites à partir de données récoltées avec le protocole CARHYCE dans deux conditions de débit contrastées. Cette double prise de données peu permettre d'ajuster des relations de géométrie hydraulique reliant les caractéristiques géométriques du lit du cours d'eau (par exemple largeur, profondeur) aux valeurs de débits. Elle pourrait permettre ainsi d'affiner les calculs du débit à plein bord et éventuellement d'extrapoler les paramètres hydrauliques pour des débits caractéristiques (e.g. le Q50). Ces développements sont cependant limités par la difficulté de mettre en œuvre le protocole CARHYCE dans des conditions de fort débit, suffisamment contrastées par rapport à la prise de données standard réalisée à bas débit.

Parmi les variables de géométrie hydraulique que nous avons souhaité analyser plus en détail, nous nous sommes concentrés sur les variables de géométrie à plein bord, qui sont celles à la base du développement des métriques d'altération morphologique et permettent des comparaisons inter-sites.

► Substrat minéral. Les caractéristiques sédimentaires sont reconnues comme ayant une influence majeure sur les communautés biologiques, en particulier pour les macroinvertébrés benthiques vivant à l'interface eau-sédiment. Une proportion importante de sédiments fins dans la matrice sédimentaire est généralement associée à des tailles d'interstices réduites. Si l'habitabilité des sédiments est conditionnée par des processus complexes faisant intervenir entre autres l'agencement des particules ou encore les caractéristiques physicochimiques de l'eau, la taille des grains est considérée comme un facteur majeur de contrôle des habitats sédimentaires. Le substrat minéral est également un élément important pour certains taxons de poissons qui l'utilisent comme support pour leur ponte ou pour leur alimentation. Beaucoup de particules fines peuvent affecter les taux d'oxygène dans les sédiments et la survie des œufs, des particules très grossières peuvent quant-à-elles s'avérer trop lourdes pour être mobilisées (e.g. fouille pour la nourriture, déplacement du substrat pour la constitution du nid).

Dans la base de données CARHYCE, nous disposons de deux éléments d'information concernant la granulométrie du substrat minéral superficiel:

- 1) La mesure (réalisée avec une précision millimétrique) de la taille de 100 particules échantillonnées à intervalle régulier (1/10 de la largeur mouillée) sur un radier identifié au sein de la station (protocole de Wolman modifié).
- 2) La classe de taille de la particule sédimentaire échantillonnée au droit de chaque point de mesure sur les transects. Chaque particule échantillonnée est assignée à une classe de

taille d'une échelle granulométrique de Wentworth modifiée, en se basant sur sa mesure précise ou sur l'utilisation d'un gabarit (voir détails dans le protocole CARHYCE de référence). Comme nous disposons par ailleurs de la hauteur/profondeur par rapport à la ligne d'eau pour chaque point des transects, il est possible de ne sélectionner que le sous-échantillon correspondant aux mesures réalisées sur les points « en eau » au jour d'acquisition CARHYCE.

Le choix de l'utilisation de l'une ou l'autre des descriptions du substrat minéral présent dans la base de données CARHYCE (*i.e.* granulométrie sur le radier vs. granulométrie sur les transects) n'a pas d'incidence majeure en termes de robustesse du jeu de données dans la mesure où des tests préliminaires ont montré que l'on dispose en moyenne d'environ 100 particules sédimentaires échantillonnées sur les transects pour chaque station. Si la « qualité/force » des données n'est pas un élément permettant de privilégier l'une des deux descriptions du substrat minéral, nous pouvons par contre faire un choix sur la base de l'information précisément portée par les deux éléments et par leur capacité à être représentatifs des conditions de la station. Les mesures réalisées sur le radier ne sont pas représentatives de l'ensemble de la station lorsque l'on s'intéresse au substrat minéral en tant qu'habitat pour les communautés biologiques. En effet, ces mesures sont réalisées sur un radier unique, avec une granulométrie a priori plus grossière que sur l'ensemble de la station. L'intérêt premier de ces mesures est d'abord d'ordre géomorphologique. L'information portée par les particules sédimentaires échantillonnées sur les points des transects « en eau » au jour d'acquisition fournit une vision plus représentative du compartiment sédimentaire sur l'ensemble de la station et semble donc plus pertinente dans l'optique d'une mise en relation avec les compartiments biologiques.

Pour nos analyses, nous nous sommes donc intéressés à l'assemblage granulométrique des points « en-eau » (points avec une profondeur ≥ 0) au jour d'acquisition. Pour chaque site, nous récupérons la classe granulométrique de l'ensemble des points en eau au jour d'acquisition, en excluant les points NR (non renseignés) et TV (Terre végétalisée, ne concernant que des points situés au niveau de la berge (prof. = 0)). Nous calculons ensuite la proportion de chaque classe granulométrique dans l'assemblage granulométrique connu pour l'ensemble de la station.

Les classes granulométriques sont les suivantes : Vase-V, Argile-A, Limon-L, Sable-S, GravierFin-GF, GravierGrossier-GG, CaillouFin-CF, CaillouGrossier-CG, PierreFine-PF, PierreGrossière-PG, puis enfin Blocs-B, Roches-R et Dalles-D.

Un examen rapide montre que la distribution des classes granulométriques est cohérente le long du gradient longitudinal (Figure 3). Le long de ce gradient (selon les zones de Huet (1954) qui intègrent à la fois la pente et la largeur du cours d'eau), on observe bien une augmentation des classes granulométriques les plus fines (V-A-L-S) au détriment des classes granulométriques les plus grossières (PF-PG-B-R-D). On note également que les classes granulométriques intermédiaires (GF,GG,CF voire aussi CG) se retrouvent globalement dans des proportions comparables, que l'on soit dans des stations en amont ou plus en aval des cours d'eau. On note enfin que la classe Sable est très représentée quel que soit la position de la station dans le gradient.

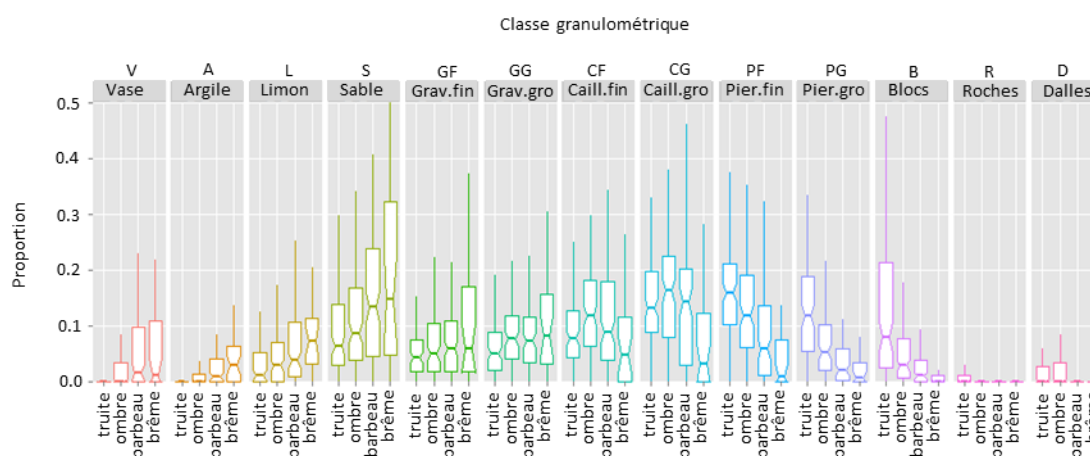


Figure 3 : Proportion des différentes classes dans l'assemblage granulométrique des stations, en fonction de la zone HUET.

► Substrats additionnels. Sur chaque point de mesure des transects, la présence éventuelle de substrats additionnels (le terme « support » est également utilisé dans certains rapports d'étude pour cet élément) est précisée. Les substrats additionnels sont classés en 6 catégories : "Chevelu racinaire" (CR), "Végétation surplombante" (VS), "Débris ligneux grossiers / embâcles" (DL), "Végétation aquatique" (VA), "Pool détritique" (PD), "Concrétion calcaire" (CC). Cet élément de CARHYCE est potentiellement important à la fois comme ressource alimentaire de certains organismes, mais aussi, comme support habitat.

Sur les 6 catégories de substrat additionnel, deux renseignent notamment de la présence de matière organique (i) détritique (pool détritique constitué de feuilles mortes ou débris ligneux fins) et (ii) fraîche végétation aquatique principalement macrophytes). L'abondance de ces substrats pourrait par exemple être reliée aux groupes trophiques des détritivores (e.g. gammaridés) et herbivores, respectivement, pour les communautés piscicoles et de macroinvertébrés benthiques. Les embâcles et les chevelus racinaires quant-à-eux représentent des caches appréciées par certains taxons. Hormis le substrat « concrétion calcaire » susceptible d'affecter négativement les communautés, l'ensemble des substrats additionnels renseignés sont supposés plutôt favoriser la présence de certains taxons.

Nous avons analysé le taux de couverture de la station pour chacune des 6 catégories ("Chevelu racinaire", "Végétation surplombante", "Débris ligneux grossiers / embâcles", "Végétation aquatique", "Pool détritique", "Concrétion calcaire"). Pour cela nous avons rapporté pour chaque type de substrat, le nombre de point en eau présentant ce substrat au nombre total de points en eau (tous transects confondus).

► Habitats caractéristiques. Nous nous sommes intéressés à la présence de chacune des 4 classes (« Chevelus racinaires - CR », « Sous-berges - SB », « Débris ligneux - DL », « Végétation surplombante - VS » et « blocs rocheux - BR ») à l'échelle de la station, chaque habitat étant considéré indépendamment.

► Matériaux sur les berges. Nous avons analysé la proportion de berges concernées par chacune des modalités « Matériaux naturels », « Technique végétale », « Enrochement » et « Matériaux artificiels » qui décrivent le degré d'artificialisation des berges.

► Ripisylve. La ripisylve peut moduler la structure des communautés mais son influence est complexe. La ripisylve conditionne entre autres les apports en matière allochtone (e.g. feuilles), l'ombrage du cours d'eau donc sa température et sa productivité primaire (e.g. développement de macrophytes) ou encore la stabilité des berges et donc les apports latéraux de matériel sédimentaire. Cet effet est d'autant plus complexe qu'il dépend de la taille des cours d'eau : majeur sur les petits cours d'eau de tête de bassin et plutôt modéré sur les plus grands cours d'eau (Vannote et al. 1980). Dans la base de données CARHYCE, la ripisylve est décrite pour les deux rives de chaque transect par un ensemble de données qualitatives : (i) la présence/absence de chacune des 3 strates : "arborée", "arbuscive" et "herbacée", (ii) l'épaisseur de la strate arbustive (rideau d'arbre, 5-10m, 10-25m, >25m), (iii) le type de végétation ("naturelle", "exogène" et "plantée") et (iv) la strate dominante. Cette description de la ripisylve sur les transects est complétée par une évaluation de sa continuité (6 catégories) à l'échelle de l'ensemble de la station pour chacune des 2 rives. Globalement ces informations sont riches et complexes et ne nous ont pas semblées aisément analysables au regard des compartiments biologiques. Nous avons donc fait le choix de ne pas les retenir dans nos analyses finales considérant que la présence et l'importance de la ripisylve transparaisait déjà largement au travers d'autres éléments déjà pris en compte comme la végétation surplombante, la présence de débris ligneux ou de pool détritique et même la végétation aquatique (on sait en effet que la végétation aquatique est limitée en présence d'ombrage généré par la ripisylve).

► Colmatage. Les données concernant le colmatage du substrat collectées dans le cadre de CARHYCE utilisent la méthode dite « des bâtonnets » décrite initialement par Marmonier *et al.* (2004). Cette méthode propose une mesure indirecte de la disponibilité de l'oxygène dissous en fonction de la profondeur dans les sédiments utilisée ensuite comme indicateur du degré de colmatage. La méthode consiste à insérer entièrement

dans le sédiment, des bâtonnets en bois (carrelets de bois clair -pin ou sapin non traité-, de 8 x 8 mm et d'une longueur de 30 cm) en tant que source de matière organique pour les communautés microbiennes hétérotrophes présentes dans les sédiments. Dans leur papier initial, Marmonier *et al.* (2004) montrent que les bâtonnets tendent à noircir progressivement (temps d'exposition sur le terrain : 1 mois) sous l'effet des processus microbiens réalisés en zones hypoxique et anoxique. Les bâtonnets permettent donc d'avoir une idée de la stratification des processus microbiens et des caractéristiques chimiques de l'eau dans les 30 premiers centimètres de sédiments (stratification limitée à zone oxique / zones hypoxique et anoxique). Nous utilisons la longueur de bois noirci comme indicateur du degré de colmatage. La longueur de bois resté clair indique à l'inverse l'épaisseur de la zone oxique.

Cette méthode présente l'avantage d'être une mesure intégrative (exposition sur 1 mois entier) et de ne pas être onéreuse ce qui est important pour un déploiement dans le cadre de réseaux de suivis. Elle souffre par contre de proposer une évaluation très indirecte du colmatage (un proxy), dépendant de communautés microbiennes dont les caractéristiques et les activités fluctuent largement avec les paramètres du milieu (*e.g.* la température).

Sur le terrain, le colmatage est évalué à partir de 8 mesures. Sur chacun des 2 radiers visuellement les plus marqués sur la station, on enfonce dans les sédiments 4 bâtonnets repartis de manière homogène depuis le bord de berge gauche vers le bord de berge droit.

La prise de mesures à différentes échelles intra-station (échelle du radier et échelle du point sur le radier (*e.g.* bord de berge / centre du chenal) n'a pas pour objectif premier d'apporter un niveau de définition spatial plus fin pour la réalisation d'analyses à ces échelles, mais plutôt de consolider l'évaluation du colmatage à l'échelle stationnelle avec une mesure synthétique. Pour nos analyses nous avons décidé de décrire le niveau de colmatage des stations en utilisant la médiane des valeurs relevées pour l'ensemble des bâtonnets car elle présente l'avantage, par rapport à la moyenne, d'être moins sensible à d'éventuelles valeurs extrêmes ou aberrantes, d'autant plus quand le nombre de données à agréger est réduit (d'autant que les données manquantes sont nombreuses).

Un examen rapide des valeurs de colmatage entre sites révèle une cohérence globale marquée par une augmentation globale du colmatage de long du gradient longitudinale (appréhendé soit par la zone piscicole de Huet soit par la pente du cours d'eau) (*Figure 4*). On constate néanmoins que pour une position donnée dans ce gradient longitudinal, il persiste une forte variabilité du niveau de colmatage.

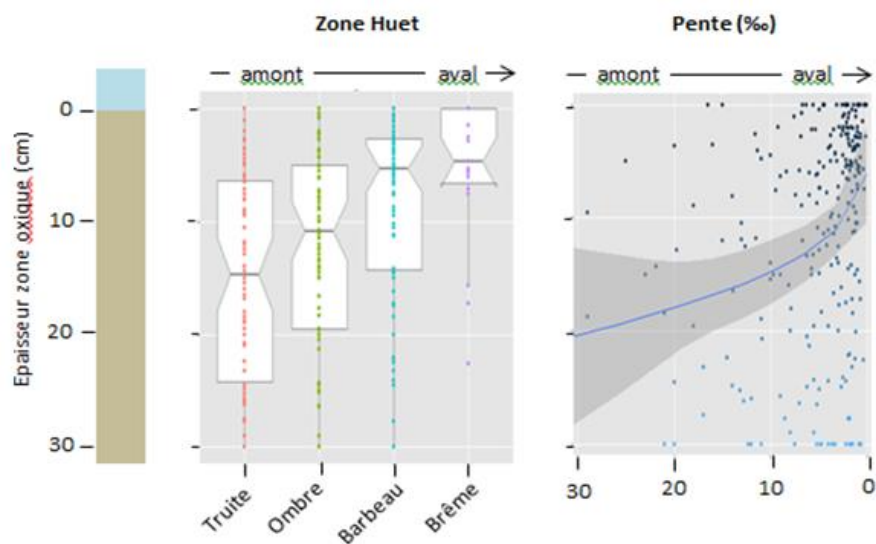


Figure 4 : Valeurs de l'épaisseur de la zone oxique (=longueur de bâton de couleur claire) par station en fonction de la Zone Huet (graphique de gauche) et de la pente du cours d'eau (graphique de droite).

Note : Les données concernant le colmatage ont été l'objet d'analyses spécifiques. Un rapport intermédiaire de l'action T présente de manière complète l'ensemble de nos travaux réalisés sur ce volet des données CARHYCE. Parce qu'il était au centre de questionnement pour d'éventuels changements méthodologiques et pour être en phase avec le calendrier de développement du protocole CARHYCE de référence, les études spécifiques au colmatage ont été réalisées en amont des autres analyses présentées dans ce rapport final. Le rapport intermédiaire cité précédemment inclut entre autres des discussions sur les différentes méthodes d'évaluation du colmatage et confronte une

méthode alternative (méthode de la conductivité développée par Datry, *et al.* (2015)) à la méthode actuellement proposée dans le protocole et employée sur les opérateurs sur le terrain. Dans le cadre de ce rapport final nous ne présenterons et ne discuterons que la partie des résultats concernant le colmatage évalué avec la méthode des bâtonnets proposée dans le protocole CARHYCE. Nous invitons cependant le lecteur qui souhaiterait approfondir cette question à se référer au rapport précédent.

2.2.1.3. Les métriques d'écart à la référence

Dans la logique de la mise en œuvre de la DCE, les données brutes issues de CARHYCE peuvent être utilisées pour évaluer un **degré d'intégrité** « global » du site. Cela passe par une comparaison aux conditions sur les sites qui, dans le même contexte géographique, sont dans le meilleur état possible (sites de référence). Ce sont alors les indicateurs synthétiques - exprimés comme des écarts à la référence- qui sont utilisés pour l'évaluation des sites et non pas les données brutes elles-mêmes.

L'indice d'altération physique des cours d'eau, développé par l'équipe du LGP, se base sur le calcul d'écarts entre les valeurs mesurées sur les stations et les valeurs prédites par des modèles « de référence », pour 6 paramètres :

- La **largeur mouillée moyenne à plein bord** (res_stand.Moy_Lm_Qb).
- La **profondeur max moyenne à plein bord** (res_stand.Moy_Hmax_Qb).
- Le **ratio Largeur/Profondeur moyen à plein bord** (res_stand.Moy_RatioLP_Qb).
- La **profondeur moyenne des mouilles** (res_stand.Moy_PMouille).
- La **pente de la ligne d'eau** (res_stand.PENTE_LIGNE_EAU_M).
- La **surface mouillée moyenne à plein bord** (res_stand.Moy_Sm_Qb).

Le choix de ces métriques ainsi que le mode de calcul de ces écarts est expliqué en détails dans les rapports concernant le développement de cet indice. On retiendra cependant que **l'objectif majeur des métriques et de l'indice est de permettre la discrimination entre des sites proches de la situation de référence (et donc considérés a priori comme peu impactés) des sites dont la morphologie s'écarte fortement des conditions de référence et pour lesquels on peut suspecter un impact anthropique majeur sur les caractéristiques des cours d'eau. Ce choix de métriques a donc été fait indépendamment de toute considération pour la biologie.** Les paramètres retenus concernent largement la géométrie à plein bord (largeur mouillée, profondeur max., ratio Largeur/Profondeur et surface mouillée) et incluent également la pente de la ligne d'eau ainsi que la profondeur moyenne des mouilles (indicateur de la variabilité longitudinale / de la diversité de faciès). Le débit de plein bord est considéré comme particulièrement structurant d'un point de vue hydromorphologique. Définir des mesures en condition de plein bord permet en outre de standardiser la description des stations et de faciliter leur comparaison ultérieure. Cependant, si les conditions de plein bord sont essentielles pour modéliser la morphologie des cours d'eau, elles restent généralement très peu fréquentes et ne correspondent pas aux contraintes qui s'appliquent aux organismes dans les gammes de débits plus fréquentes. Elles ne sont donc pas celles qui vont nécessairement modéliser les communautés biologiques. Les deux autres métriques, indépendantes de conditions de plein bord (profondeur des mouilles et pente de la ligne d'eau) semblent en revanche potentiellement mieux traduire les conditions d'habitat les plus structurantes pour les communautés biologiques.

Pour ces métriques hydromorphologiques, les modèles de référence sont définis en utilisant des stations expertisées comme n'étant pas ou peu altérées à partir des données de pression qui avaient été récoltées dans le cadre du développement de l'IPR+ (données fournies par une expertise des agents de terrain de l'ONEMA concernant des facteurs potentiels de l'altération des cours d'eau). Ces stations de référence sont utilisées pour définir la relation existant au sein d'une hydroécocorégion (HER de niveau 1) entre la surface du bassin versant et chacun des 6 paramètres. En d'autres termes, on utilise les stations de référence pour définir ce que devrait être la valeur, en absence d'altération, d'un paramètre donné d'une station, étant connus son HER d'appartenance et la surface de son bassin versant (BV).

Seules les stations expertisées comme pas ou peu altérées sont utilisées pour définir les paramètres des modèles de référence. L'écart au modèle est par contre quantifié pour toutes les stations (quel que soit leur niveau d'altération supposé) pour lesquelles nous

disposons de l'information de l'HER d'appartenance et du BV. Les écarts sont donc calculés pour les stations expertisées comme étant altérées (en vert sur la *Figure 5* ci-dessous) mais aussi pour les stations pour lesquelles nous ne disposons pas de données de pression (*Figure 5*, en bleu). Les écarts sont également quantifiés pour les stations non altérées ayant servi à construire le modèle (*Figure 1* *Figure 5*, en rouge). On remarque qu'il y a une **variabilité relativement importante au sein même des stations pas ou peu altérées utilisées pour définir les modèles de référence**. Cela s'explique par le fait qu'aux cotés de l'HER d'appartenance et de la surface du bassin versant, pris en compte dans les modèles, il existe de nombreux autres facteurs naturels susceptibles de façonner l'hydromorphologie des cours d'eau (e.g. géologie locale, pluviométrie locale...). **Le recouvrement est important entre stations altérées et non altérées en termes d'écart aux modèles de référence** (*Figure 5*) même si globalement et logiquement ces écarts sont un peu plus marqués pour les stations altérées que pour celles non altérées. Ainsi, si de très gros écarts aux modèles ont de fortes chances d'illustrer la présence effective d'altérations anthropiques du lit du cours d'eau, le fort recouvrement met malgré tout en évidence **la difficulté à distinguer de manière certaine les stations altérées et de celles de référence sur la seule base des 6 paramètres morphologiques retenus**. Cette difficulté est, pour partie, liée au fait que les données de pression utilisées pour définir l'état des stations (référence vs. altéré) n'ont pas nécessairement un impact fort sur les caractéristiques morphologiques à plein bord. Il se peut donc qu'une station considérée comme étant altérée d'après les données de pression ne diverge en réalité que très peu d'une station de référence en termes de géométrie à plein bord, l'altération sous-tendue par les données de pression s'exprimant potentiellement sur d'autres éléments.

Au final, si les écarts au modèle de référence permettent de suspecter une altération quand ces écarts sont importants, un travail complémentaire reste dans tous les cas nécessaire pour confirmer si cet écart est lié à des activités anthropiques ou s'il reflète d'abord la variabilité naturelle des caractéristiques morphologiques et leurs particularités locales.

En dépit de ces limites, on remarque cependant que les stations expertisées comme altérées ont des écarts standardisés au modèle de référence plus importants en moyenne et aussi plus variables (positifs ou négatifs) que les stations considérées comme non altérées (*Figure 5*, partie basse). Cela s'applique globalement à l'ensemble des paramètres, quel que soit le sens de l'écart au modèle (*Figure 5*, partie haute) mais certains paramètres présentent une différenciation plus marquée entre stations altérées et non altérées. Les écarts standardisés dans le sens 1) d'un ratio L/P plus faible, 2) d'une profondeur de mouille plus faible, 3) d'une profondeur max plus forte, 4) d'une surface mouillée plus forte et 5) d'une pente de ligne d'eau plus faible sont ceux pour lesquels le contraste altérée/référence est le plus importante.

Afin de mieux comprendre comment ces variables pouvaient rendre compte d'altérations, nous avons tenté de déduire quelles pouvaient être leurs réponses potentielles face à certaines pratiques d'aménagement et de gestion des cours d'eau parmi les plus répandues.

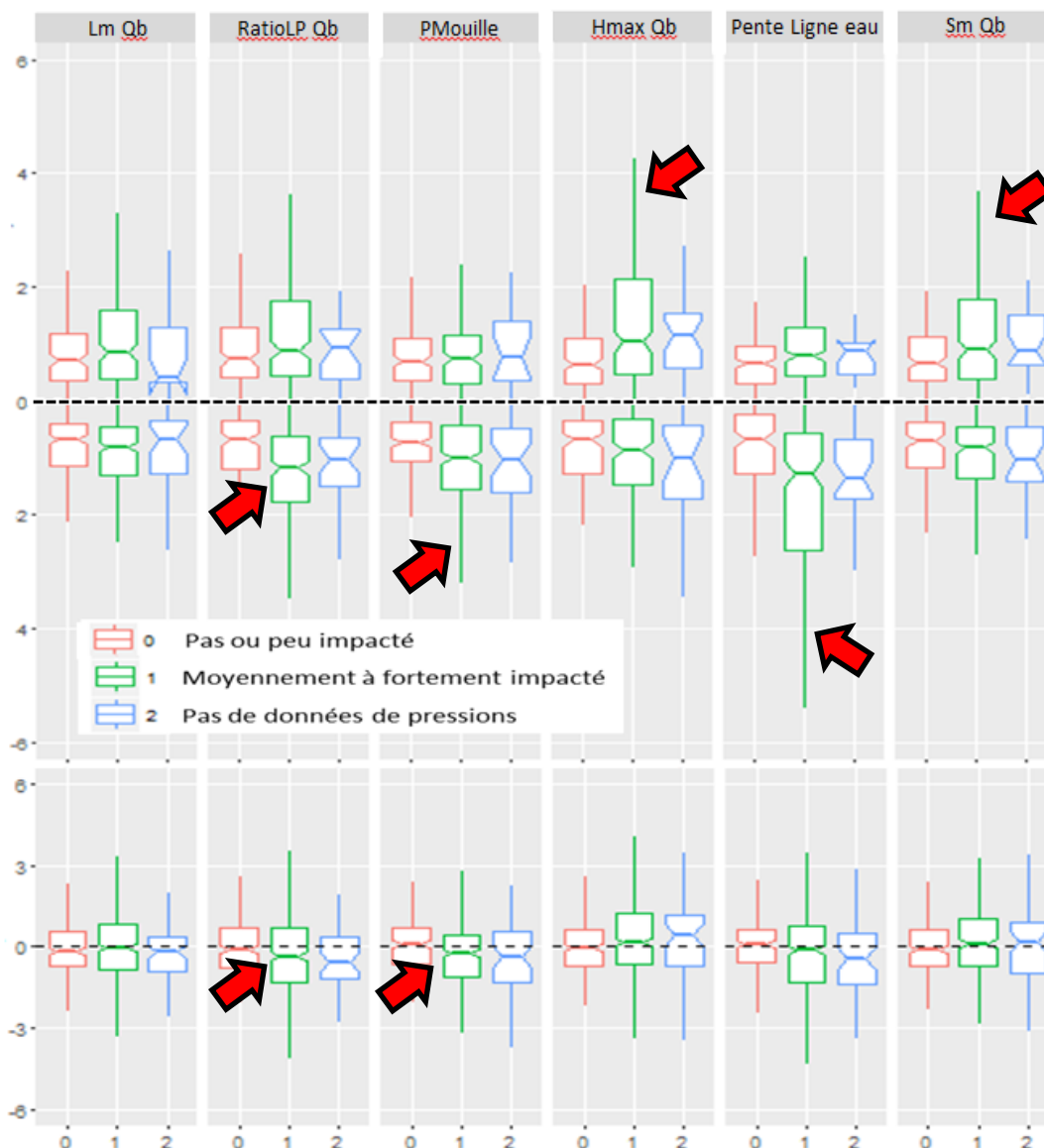


Figure 5 : Écarts standardisés aux modèles de référence pour les 6 métriques hydromorphologiques, en fonction de l'état expertisé des stations. (variable « type_IPR_corr_LGP » : 0 =station de référence donc utilisée pour le modèle, 1= station altérée, 2=stations sans données de pression). Les écarts au modèle de référence sont présentés 1) séparés en fonction du sens (positif ou négatif) de l'écart au modèle (graphique du haut) et 2) tous sens confondus (graphique du bas).

Effets potentiels des pratiques d'aménagement sur les métriques hydromorphologiques issues de CARHYCE

Les 6 métriques issues de CARHYCE sont susceptibles d'être affectées à des degrés divers par les différentes pratiques d'aménagement des cours d'eau et notamment la chenalisation et la mise en place d'obstacles (barrages et seuils).

La largeur mouillée à plein bord (res stand.Moy Lm Qb) peut être influencée très directement par des opérations sur le lit, dans le cadre d'un recalibrage par exemple. Quand le cours d'eau est recalibré, on cherche à augmenter sa capacité d'écoulement en augmentant la profondeur et/ou la largeur. On admet que le « surcalibrage » est la plupart du temps réalisé par un élargissement du lit mineur (voir Malavoi et Adam, 2007). Cependant, élargir le lit est parfois délicat en raison de la perte de terrains que cela implique, ce qui peut être problématique aussi bien en milieu rural (pertes de terres agricoles) qu'en milieu urbain (voirie, foncier de tout type). La marge de manœuvre sur la largeur peut donc être restreinte dans certains cas. Dans le cadre d'une étude menée sur les cours d'eau de l'AESN (Belliard *et al.* 2009 et 2016), on a constaté que les sites altérés étaient généralement moins larges que les sites non altérés. Quand les cours d'eau sont naturellement assez évasés, leur recalibrage et la consolidation des berges peuvent

aboutir à une largeur à plein bord plus faible que la situation « naturelle ». Les cours d'eau recalibrés, de par leurs berges abruptes, peuvent être moins larges à plein bord tout en ayant une largeur en eau plus forte à basses eaux (voir schéma *Figure 6*). L'augmentation de capacité d'écoulement est alors assurée principalement par une augmentation importante de la profondeur. Ce cas de figure n'est efficace que dans le cas d'un approfondissement qui peut rester relativement pérenne, c'est-à-dire dans des cours d'eau relativement à faible énergie pour lesquels il y aura peu d'apports solides depuis l'amont et/ou depuis les berges, ou lorsque des ouvrages viennent bloquer ces apports. Dans le cas de l'étude menée sur la Seine, la plupart des cours d'eau étaient des cours d'eau urbanisés/agricoles peu puissants. Dans la base de données CARHYCE, la diversité des cours d'eau est beaucoup plus grande (e.g. urbanisés, agricoles, naturels montagnards ou de plaine). Le fort recouvrement entre les écarts standardisés calculés pour les stations de référence et les stations altérées (*Figure 5*) suggère qu'il est globalement difficile de déceler un impact anthropique sur la seule base de cette mesure, hormis pour les quelques stations présentant des écarts très importants.

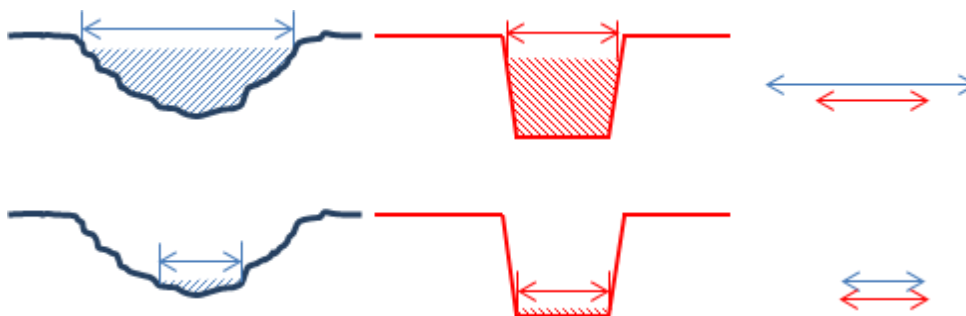


Figure 6 : Largeur en eau à deux débits différents. Comparaison entre un cours d'eau naturel (bleu) et un cours d'eau dont le lit recalibré par surcreusement (rouge).

La profondeur maximum à plein bord (res stand.Moy Hmax Qb). Comme évoqué précédemment, quand on cherche à augmenter la capacité d'écoulement pour minimiser le risque inondation, on peut augmenter la largeur et/ou la profondeur. Approfondir un cours d'eau permet de limiter mécaniquement le risque de débordement (on abaisse la cote du fond du lit et donc de la ligne d'eau). Les sédiments retirés du lit pour le creuser peuvent par ailleurs être réutilisés pour endiguer les berges (parfois d'un seul côté) ce qui réduit encore les possibilités de débordement. Au creusement du lit s'ajoute donc potentiellement une élévation de la cote du plein bord (*Figure 7*). Quand cette augmentation de profondeur est associée à une augmentation des vitesses (par exemple suite une rectification entraînant une augmentation de la pente) ou que le cours d'eau chenalisé est plus étroit, la concentration du courant peut générer de l'incision qui creusera encore davantage le fond de lit.

Si un recalibrage conduit en général à une profondeur à plein bord plus forte que la référence, les cours d'eau « altérés » peuvent également présenter une profondeur à plein bord plus faible. Les stations affectées par la présence d'un obstacle (barrage, retenue, vannage, seuil) à l'aval proche peuvent rentrer dans ce cas de figure. La présence d'un obstacle bloquant plus ou moins de flux de sédiments vers l'aval peut avoir ce type de conséquence. Une sédimentation peut avoir lieu à l'amont de l'obstacle et ainsi surélever le fond du lit, aboutissant in fine à réduire l'écart entre la cote du fond lit et la cote du plein bord.

L'écart au modèle de référence pour les stations altérées penche cependant globalement dans le sens d'un écart positif (*Figure 5*). Cette situation repose sur un nombre important de stations concernées par une profondeur « excessive » à un niveau potentiellement très important, alors que, en sens inverse, les situations de profondeur plus faible que la référence restent globalement limitées pour les stations altérées.

Ce déséquilibre pourrait résulter du « sur-calibrage » du lit qui est une pratique particulièrement répandue et dont l'effet se conjugue potentiellement avec de l'incision.

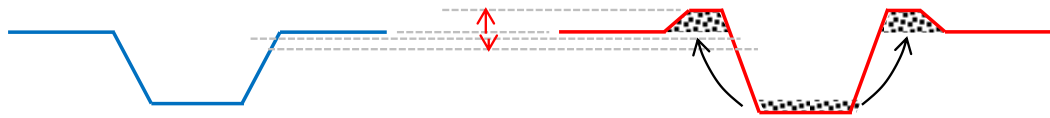


Figure 7 : Conséquence du creusement du lit du cours d'eau et du dépôt des sédiments en berge.

La surface mouillée à plein bord (res stand.Moy Sm Qb). Que ce soit en jouant sur la profondeur ou sur la largeur, les opérations visant à limiter les risques d'inondation conduisent à augmenter le calibre du cours d'eau. Avec un cours d'eau qui peut accueillir de plus forts débits, on réduit localement les risques d'un débordement. Une surface mouillée plus faible que la référence conduit au contraire à augmenter le risque d'inondation. Dans le cas de la plupart des travaux sur les cours d'eau, le lit tend à être sur-calibré artificiellement afin de réduire localement les risques d'inondation. Dans des sites expertisés comme altérés, les situations où la surface mouillée est inférieure à la moyenne de référence doivent donc être plutôt considérées comme le reflet de la variabilité « naturelle » des cours d'eau au sein d'une même HER (voir 1.3). Une sur-calibration peut également refléter une variabilité naturelle du paramètre mais il est très probable que les écarts très importants soient liés essentiellement à des travaux sur le lit. On remarque notamment que l'écart des stations altérées au modèle de référence dans le sens d'une surface mouillée plus forte peut être assez important et dépasse assez largement la variabilité constatée sur les stations non altérées (Figure 5) qui décrivent ce qui est de l'ordre des variations naturelles. Des études complémentaires au cas par cas sont cependant nécessaires pour valider l'origine anthropique quand des écarts importants sont constatés.

Le ratio largeur/profondeur à plein bord (res stand.Moy RatioL/P Qb) décrit la forme du lit du cours d'eau (plus ou moins encaissée). Dans le cas d'un recalibrage, on cherche à accroître la capacité d'écoulement en augmentant la profondeur et/ou la largeur. En augmentant conjointement ces deux dimensions, on ne modifie que très peu le ratio L/P. Cependant, comme certains cours d'eau ont très peu d'espace de liberté, on peut avoir tendance à approfondir davantage qu'à élargir, tout en consolidant les berges parfois abruptes. Cela peut tendre à déséquilibrer le ratio L/P vers une forme de cours d'eau plus encaissée (ratio L/P plus faible). Les données CARHYCE témoignent de ce type de déséquilibre. Si le niveau médian des écarts positifs au modèle de référence est assez comparable entre stations altérées et non altérées, les écarts négatifs sont quant à eux très contrastés (Figure 5). En d'autres termes les stations altérées peuvent présenter un lit très étroit sortant assez largement de la gamme de ce qui est observé du fait de la variabilité naturelle. Le ratio L/P est aussi un bon indicateur de la dynamique du cours d'eau. Les cours d'eau puissants avec d'importants apports solides ont un ratio L/P plus élevé. Les ouvrages faisant entrave à la dynamique naturelle des cours d'eau sont susceptibles de modifier le ratio L/P et contraindre l'évolution du lit vers une forme plus encaissée. Le ratio L/P est un paramètre complexe dépendant de nombreux paramètres comme le degré de cohésion des berges, la nature du substrat du fond du lit et sa capacité à s'inciser etc. Connaître l'origine d'un écart au modèle de référence sur ce paramètre nécessite un gros travail d'investigation complémentaire.

La pente de la ligne d'eau (res stand.PENTE LIGNE EAU M) peut être très largement affectée par les pratiques de rectification et par la présence d'ouvrages de rétention. La présence d'un ouvrage est susceptible d'affecter un linéaire de cours d'eau assez important en en modifiant son profil d'équilibre et donc sa pente. En amont de l'ouvrage le piégeage des sédiments tend à réduire la pente du lit. En aval au contraire le déficit en apport de sédiments issus de l'amont peut générer des phénomènes d'érosion du fond du cours d'eau susceptibles d'augmenter localement la pente naturel du lit (Figure 8). La pente peut également être affectée très directement par les opérations de rectification qui consistent à recouper les méandres et induisant de faite une plus forte pente. La pente est la métrique issue des données CARHYCE qui présente les écarts aux modèles de référence les plus contrastés entre stations altérées et non altérées (Figure 5). Cela concerne essentiellement les écarts négatifs (donc dans le sens d'une pente plus faible), suggérant l'idée d'un rôle prépondérant des obstacles à l'écoulement parmi les pratiques

affectant l'intégrité des cours d'eau.

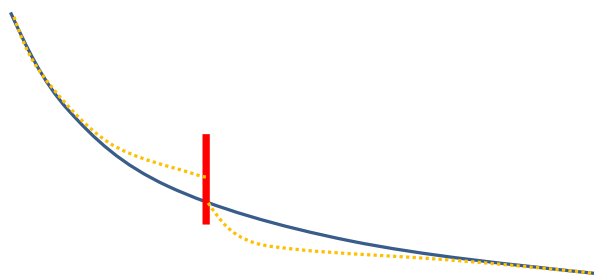


Figure 8 :.Conséquences de l'implantation d'un barrage ou seuil sur la pente du cours d'eau. En bleu, pente naturelle du cours d'eau. En rouge ajustement de la pente après mise en place de l'ouvrage.

La profondeur moyenne des mouilles (res. stand.Moy PMouille). Les opérations lourdes de rectification et de recalibrage ont tendance à homogénéiser les conditions d'habitat, entre autre en termes de faciès d'écoulement et de substrat. On a donc tendance à associer altération du lit mineur et banalisation de l'habitat aquatique. L'alternance répétée de profils seuils-mouilles bien marqués, propice à la biodiversité, laisse alors la place à un fond de lit plus homogène, potentiellement moins propices à l'implantation de communautés vivantes diversifiées (Figure 9). Dans CARHYCE, l'identité des mouilles et leur profondeur est évaluée à partir de la droite de régression de la cote du fond du lit, en prenant le point le plus profond de chaque transect. Avec cette méthode de calcul, le nombre de mouilles peut parfois rester identique malgré les opérations sur le lit et l'homogénéisation s'exprime alors dans leur profondeur moyenne réduite. Il faut retenir que parmi les 6 métriques morphologiques retenues, la profondeur des mouilles est la seule qui renvoie assez directement à la diversité des formes et donc à une notion de diversité d'habitats, qui est un élément essentiel de la structuration des communautés. Il s'agit également d'un descripteur qui renseigne sur les conditions de milieux indépendamment des conditions du plein bord. En d'autres termes, cette variable est un indicateur qui, *a priori*, est particulièrement approprié pour décrire les conditions qui sont structurantes pour les communautés.

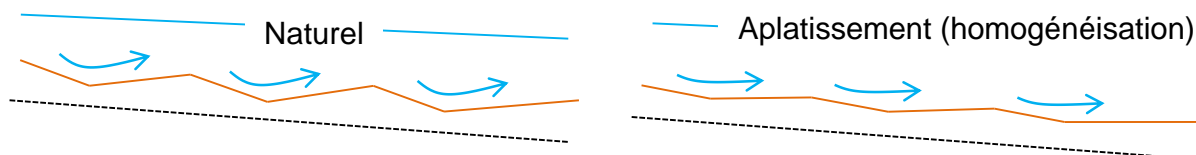


Figure 9 :.Atténuation de l'alternance mouilles radiers sur un cours d'eau..

Covariations entre métriques hydromorphologiques

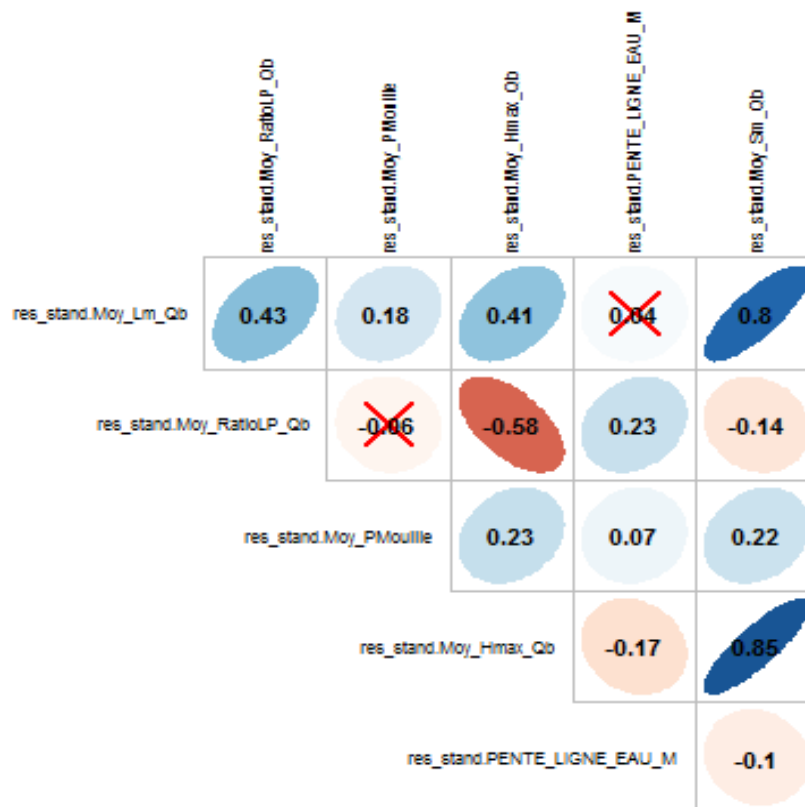


Figure 10 : Matrice de corrélations entre les 6 métriques hydromorphologiques. La forme, l'orientation et la couleur de l'ovale rendent compte du sens et de l'intensité de relation entre les deux variables considérées ; le coefficient de corrélation Pearson est indiqué et la présence d'une croix rouge signifie que la corrélation n'est pas significative (p -value > 0.05).

Comme on peut le pressentir dans les points évoqués précédemment, les différentes variables morphologiques ne vont pas varier de manière indépendante, soit parce qu'elles sont liées entre elles par construction, soit parce qu'elles vont changer dans le même sens ou en sens inverse face à une pression. Nous avons donc analysé les variations existant entre les métriques hydromorphologiques (Figure 10).

Par construction, la surface mouillée est liée à la largeur et à la profondeur. Plus l'écart standardisé sur la profondeur maximale à plein bord est forte, plus l'écart standardisé pour la surface mouillée à plein bord est élevé ($r=0.85$). Plus l'écart standardisé de la largeur à plein bord est élevé, plus l'écart standardisé de la surface mouillée à plein bord est élevé ($r=0.80$). De manière logique, un cours d'eau trop profond et/ou trop large a donc une surface mouillée trop élevée. Dans une moindre mesure, et par construction là aussi, le ratio L/P est également lié négativement à la profondeur max à plein bord ($r=-0.58$) et positivement à la largeur plein bord ($r=0.43$). Enfin, un cours d'eau plus large que la référence est également plus profond ($r=0.41$). Ces relations étaient pressenties du fait de la dépendance des variables liée à leur mode de calcul. D'autres relations sont significatives malgré un coefficient de corrélation très faible comme par exemple le ratio L/P et la surface mouillée ($r=-0.14$). On note enfin que la pente de la ligne d'eau et la profondeur des mouilles sont deux paramètres qui ont des coefficients de corrélation assez faibles avec l'ensemble des autres métriques hydromorphologiques ($|r \max|=0.23$). Ces variables (pente de la ligne d'eau et de la profondeur moyenne des mouilles) sont donc de bons compléments aux 4 autres descripteurs hydromorphologiques décrivant la forme en travers du lit.

Ces relations devront être gardées à l'esprit dans l'interprétation des liens hydromorphologie / communautés biologiques. Du fait de l'existence de covariations entre métriques hydromorphologiques, on évitera ainsi d'interpréter les liens entre métriques biologiques et métriques morphologiques comme le résultat de relations de causalité directes. C'est pourquoi dans les analyses qui suivront nous éviterons de parler de phénomènes de cause à effet mais plutôt d'associations.

2.2.2. Communautés de macroinvertébrés benthiques

Pour les données concernant les macroinvertébrés benthiques, nous utilisons les prélèvements réalisés dans le cadre des suivis sur les stations des réseaux et qui décrivent pour de très nombreuses opérations de contrôle i) les assemblages faunistiques prélevés et 2) le site de prélèvement (e.g. identité et typologie de la station DCE, coordonnées géographiques du site de mesure). Ces prélèvements obéissent au protocole défini pour l'I2M2 (Indice invertébré multi-métrique : nouvel indice multi-métrique de bioévaluation des cours d'eau basé sur le compartiment macro-benthique et se substituant à l'IBGN ; Mondy *et al.*, 2012). Nous avons utilisé des données fournies par le laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC ; UMR 7360 CNRS - Université de Lorraine). Ces données ont déjà subi de nombreuses vérifications. Les fichiers bruts utilisés par le LIEC sont issus de la base Pandore hébergée et vérifiée (e.g. coordonnées, dates, toponymes, codes) à Irstea Lyon (contact Martial Ferréol). Les résultats des opérations de contrôle invertébrés ont ensuite été expertisés par nos collègues du LIEC pour leurs propres projets de recherche (développement d'outils de bioindication). Les données utilisées dans nos analyses sont les données récupérées en octobre 2015, elles concernent les résultats des prélèvements pour 10318 opérations réalisées entre le 24/06/2004 et le 30/10/2013 sur 1955 stations. L'abondance de près de 800 taxons (représentés par leur code SANDRE) est renseignée pour chaque opération de contrôle, à l'échelle du bocal (B1, B2 ou B3, voir protocole d'échantillonnage I2M2).

2.2.2.1. Structure taxonomique

Nous utilisons le programme sur R développé par le LIEC ((Philippe Usseglio-Polatera, Pierre Bady) pour le développement de l'I2M2, afin de réaliser une harmonisation taxonomique. Cette harmonisation consiste à regrouper les taxons identifiés à un niveau de détermination plus fin que celui préconisé pour le calcul de l'I2M2 (exemple *Tableau 1*). Cette étape réduit le nombre de taxons et limite le nombre d'erreurs potentielles dans les listes de taxons. A partir des listes taxonomiques harmonisées, nous faisons un regroupement des sous-échantillons (bocaux B1, B2 et B3) pour obtenir une liste taxonomique harmonisée, à l'échelle de la station.

Embranch.	Sous_embr.	Classe	Ordre	Sous_ordre	Famille	Sous_fam.	Genre	non-harmonisé		harmonisé	
								taxon	cd_taxon	taxon	cd_taxon
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	Coleo.	Adephaga	Dytiscidae	Dytiscinae	NA	Dytiscinae	2396	Dytiscinae	2396
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	Coleo.	Adephaga	Dytiscidae	Dytiscinae	Dytiscus	Dytiscus	568	Dytiscinae	2396
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	Coleo.	Adephaga	Dytiscidae	Dytiscinae	Hydaticus	Hydaticus	565	Dytiscinae	2396
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	Coleo.	Adephaga	Dytiscidae	Dytiscinae	NA	Dytiscini	20580	Dytiscinae	2396
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	Coleo.	Adephaga	Dytiscidae	Dytiscinae	NA	Hydaticini	20712	Dytiscinae	2396

Tableau 1 : Harmonisation des taxons. Exemple des Coléoptères Dytiscinae pour lesquels 5 taxons (codes 2396, 568, 565, 20580 et 20712) sont présents dans le fichier brut. L'harmonisation regroupe ces 5 taxons définis à un niveau taxonomique variable, à l'échelle de la sous-famille, avec le code 2396.

2.2.2.2. Structure fonctionnelle

Nous définissons le profil de traits fonctionnels de la communauté de chaque station à partir du profil taxonomique harmonisé récupéré à l'étape précédente et d'une base de traits qui renseigne l'affinité de chaque taxon pour chaque modalité d'un ensemble de traits biologiques et écologiques (*Tableau 2* et exemple *Figure 11*). Ce profil de traits est calculé en utilisant un outil sur R, produit par nos collègues du LIEC lors du développement de l'outil diagnostic associé à l'I2M2.

Trait biologique	Nbre modalités
Size	5
Life cycle	2
Voltinism	3

Trait écologique	Nbre modalités
Transversal	6
Longitudinal	8
Altitude	3

Stages	4	Substrate	9
Reproduction	7	Current	4
Dispersal	4	TrophicStatus	3
Resistance	4	Salinity	2
Respiration	3	Temperature	3
Locomotion	6	Saprobity	5
Food	9	pH	5
Feeding habits	7	Biogeographic	5

Tableau 2 : Liste des traits bio/écologiques et nombre de modalités associées.

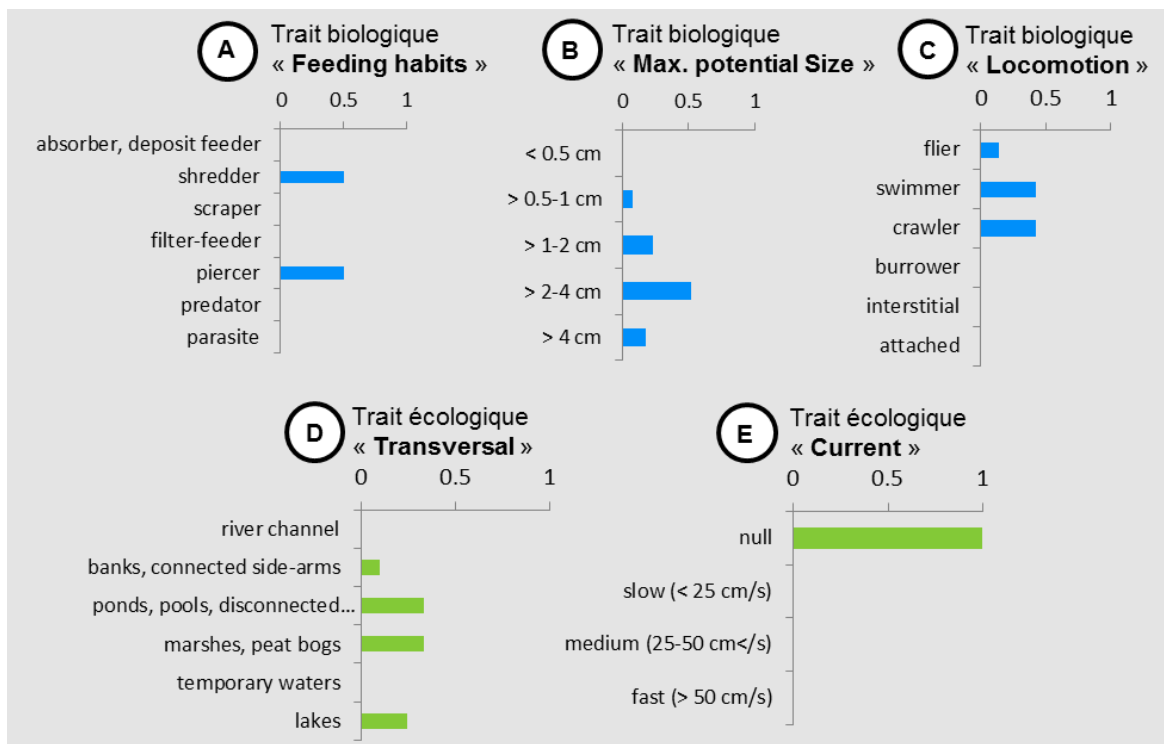


Figure 11 : Exemple de quelques traits biologiques (A, B et C) et écologiques (D et E) du taxon harmonisé *Dytiscinae* (Code SANDRE harmonisé 2396). Pour chaque trait, le degré d'appartenance du taxon aux différentes modalités est exprimé en ratio (pour un trait donnée la somme de toutes modalités est donc égale à 1).

2.2.2.3. Métriques et indice final

L'indice I2M2 est un indice multimétrique dont la réponse a été optimisée de façon à réagir à une large gamme d'altérations (à la fois physico-chimiques et morphologiques). Au final la mise au point de l'I2M2 a abouti à la sélection de 5 métriques parmi un ensemble de 2525 métriques testées. La démarche est explicitée en détail dans les articles scientifiques et les notes techniques qui décrivent cet indice (voir Mondy *et al.* 2012). Les 5 métriques qui composent l'indice final sont :

- la **diversité de Shannon** sur les bocaux B1 + B2 (habitats biogènes)
- la polluosensibilité, **ASPT –Average Score per Taxon** sur les bocaux B2 + B3 (habitats dominants),
- la fréquence relative des **taxons polyvoltins** dans l'assemblage faunistique, sur l'ensemble des échantillons (B1+B2+B3)
- la fréquence relative des **taxons ovovivipares** dans l'assemblage faunistique, sur l'ensemble des échantillons (B1+B2+B3)
- la **richesse** taxonomique dans l'assemblage faunistique, sur l'ensemble des échantillons (B1+B2+B3)

Chaque métrique calculée pour un site donné est ensuite transformées en EQR, en la confrontant à 1) la meilleure valeur au sein de la typologie simplifiée de cours d'eau et 2) la pire valeur nationale (le détail du calcul des EQR est explicité plus loin).

Un score I2M2 est calculé pour chacune des 17 catégories de pressions considérées lors du développement de l'indice (10 concernant la physicochimie et 7 concernant les risques

d'altération hydromorphologique évaluée à partir de SYRAH-CE), en combinant les 5 métriques avec des coefficients spécifiques (spécifique à la métrique et à la catégorie de pression). Le score de l'indice final I2M2 est calculé à partir du score de 17 indices I2M2 (1 par type de pression).

2.2.3. Peuplements piscicoles

Les données utilisées dans nos analyses sont issues des recueils effectués sur les réseaux (principalement RCS) dans le cadre du développement de l'IPR+ (Indice Poisson Rivière, révisé pour la DCE, Pont *et al.* 2013) et qui nous ont été fournis par Olivier Delaigue (UR HBAN, Irstea Antony). Par rapport aux données brutes extraites de la BDMAP, ces données présentent l'avantage d'avoir été soumises à des vérifications et validations supplémentaires. Le tableau le plus complet dont nous disposons contient les résultats de 12716 opérations de pêche réalisées sur 2851 sites entre le 27/01/1998 et le 15/11/2012. Le fichier indique pour chaque opération : i) l'effectif échantillonné pour un total de 118 taxons représentés par un code de 3 lettres, ii) des éléments de description des opérations tels que la surface échantillonnée, la stratégie d'échantillonnage ou la typologie du site et iii) le score de l'IPR+ et de ses métriques ainsi que les classes de qualité associées.

2.2.3.1. Structure taxonomique

Comme pour les macroinvertébrés benthiques, ces données ont été soumises à une phase d'harmonisation taxonomique visant à grouper les taxons très proches (quelques cas seulement) et à retirer du jeu de données les espèces lacustres ou d'estuaire qui n'ont pas vocation à être intégrées au calcul de l'IPR+. Nous calculons à partir de la liste des taxons harmonisée, un ensemble de métriques globales telles que l'abondance et la richesse par taxon, à l'échelle du peuplement, rapportées le cas échéant (métriques d'abondance) à la surface échantillonnée. Contrairement aux données relatives aux macroinvertébrés benthiques, les résultats de pêches poisson n'impliquent pas de regroupement de sous-échantillons.

2.2.3.2. Structure fonctionnelle

Dans le cadre du développement de l'IPR+, un travail de codage des taxons en traits biologiques a été réalisé. Contrairement aux invertébrés, chaque taxon n'est associé qu'à une seule modalité pour chacun des 12 traits biologiques considérés (*Tableau 3*). Nous utilisons cette codification pour regrouper les taxons aux caractéristiques comparables sur le trait d'intérêt que nous souhaitons tester face à une variable d'hydromorphologie.

Trait	Code trait	Nombre de modalités
Tolérance à la qualité générale de l'eau	EauGeneral	3
Tolérance à la concentration en dioxygène	EauO2	3
Tolérance à la température	EauTemp	2
Régime alimentaire	Troph	7
Tolérance à la dégradation de l'habitat	HabGlob	3
Lieu de ponte préférentiel	HabRepro	3
Degré de rhéophilie (habitat)	Hab	3
Habitat d'alimentation	HabTroph	2
Migration	Migration	4
Reproduction	Repro	5
Comportement de reproduction	ReproB	3
Soin aux jeunes	PC	2

Tableau 3 : Liste des traits biologiques considérés pour les poissons.

2.2.3.3. Métriques et indice final

L'IPR+ se base sur le calcul de 10 ou 11 métriques (une métrique concernant les juvéniles de truite n'étant calculée que pour les sites situés en zone salmonicole : « à truite » ou « à

ombre »). Parmi ces métriques, 3 (ou 4 en zone à truite / ombre) sont basées sur l'abondance des individus et 7 sont basées sur la richesse en espèces :

Abondance « relative » des individus

- juvéniles de truites (zones ombre et truite uniquement)
- espèces oxyphiles
- espèces habitat intolérants
- espèces à habitat de reproduction lotique

Richesse absolue en espèces

- à tolérance générale
- sténothermes
- à habitat de reproduction lentique
- omnivores

Richesse « relative » en espèces

- à intolérance générale
- oxyphiles
- limnophiles

Contrairement à l'I2M2, les transformations des métriques brutes en EQR ne reposent pas sur la comparaison des meilleures et pires valeurs d'autres sites, mais plutôt sur la comparaison aux valeurs attendues sur le site en absence d'altération (valeurs issues de modèles prédisant la composition des communautés sur des sites de référence en fonction d'une série de variables environnementales).

L'IPR+ est ensuite calculé en se basant sur les 2 EQR d'abondance et les 4 EQR de richesse les plus déclassantes, selon la formule suivante :

$$IPR+ = \frac{(moyenne\ des\ 2\ EQR\ d'abondance) + (moyenne\ des\ 4\ EQR\ de\ richesses)}{2}$$

Note : L'identité des 6 EQR les plus déclassantes est susceptible de varier d'un site à l'autre, mais aussi entre les différentes dates de prélèvement d'un même site suivi au cours du temps.

2.3. Mise en relation des jeux de données et filtrage

2.3.1. Généralités

Une grande partie de la difficulté dans l'analyse des relations entre l'hydromorphologie et les communautés biologiques est due à l'écart spatial et temporel entre les différentes opérations de prélèvements biologiques et de mesures hydromorphologiques rattachées à une même station. Idéalement, toutes les mesures et prélèvements devraient être réalisés au même endroit et dans un laps de temps restreint. Malheureusement, ce n'est que très rarement le cas et il est nécessaire de s'assurer que la structure des communautés biologiques est associée aux conditions hydromorphologiques (mesures CARHYCE) effectivement « perçues » par ces communautés. Si certains paramètres hydromorphologiques semblent a priori relativement stables à des échelles spatiales et temporelles assez étendues (e.g. pente, géométrie plein bord), d'autres au contraire (e.g. présence de substrat additionnel type macrophytes, abondance de particules sédimentaires fines sur le lit) sont susceptibles de varier assez fortement à des échelles spatiotemporelles relativement réduites alors qu'ils peuvent avoir un rôle structurant potentiellement important vis-à-vis des communautés vivantes. Un travail de filtrage des données est donc essentiel afin de minimiser les sources de variabilités susceptibles de générer du bruit autour des relations hydromorphologie-biologie.

2.3.2. Association des différents jeux de données

Une première étape dans le rapprochement des différents jeux de données initiaux consiste à identifier la station à laquelle chaque opération est rattachée. Les opérations de mesure CARHYCE peuvent être rattachées facilement à une station, notamment car les premiers chiffres constituant le code d'une opération correspondent au code SANDRE de la station sur

laquelle l'opération est réalisée. Pour les données concernant les macroinvertébrés, le jeu de données initial contient directement l'information du code SANDRE de la station d'appartenance, pour chacune des opérations de contrôle. Les résultats des opérations de contrôle invertébrés sont donc facilement reliés aux caractéristiques morphologiques des cours d'eau sur la base de cette codification (avec vérification supplémentaire sur les toponymes et sur les coordonnées géographiques). Pour les données concernant les poissons, l'accrochage des opérations de pêche aux mesures CARHYCE est plus délicat puisque les opérations de pêche sont rattachées dans les tableaux bruts de données à une codification de station propre à l'ONEMA-AFB (code ONEMA = code BDMAP). Pour pouvoir relier les résultats de pêche poissons aux données d'hydromorphologie de CARHYCE, il a donc été nécessaire de trouver des éléments de correspondance dans les systèmes de codification des stations. Pour cela, nous avons utilisés les listes des stations par régions publiées par l'ONEMA-AFB sur le site internet Image eaufrance (<http://www.image.eaufrance.fr/poisson/cours/p-ce-listesta.htm>). Ces listings indiquent les correspondances de stations selon les deux systèmes de codification (code SANDRE et code ONEMA). Les coordonnées (renseignées dans les fichiers bruts des opérations) ont permis d'évaluer la cohérence du raccrochage des opérations à une même station. En cas de doute dans l'équivalence des codes de station, d'incohérence dans les toponymes pour une même station supposée, les opérations concernées n'ont pas été conservées.

2.3.3. Filtrage

2.3.3.1. Filtre sur les coordonnées géographiques

Les prélèvements de poissons et de macroinvertébrés benthiques ainsi que les mesures d'hydromorphologie ont été réalisés indépendamment, chacun sur un site qui lui est propre, en fonction des contraintes de mise en œuvre sur le terrain (e.g. zone prospectable à pied, accès au secteur de pêche, zone avec une profondeur d'eau trop importante empêchant l'échantillonnage d'invertébrés). Même si tous ces compartiments appartiennent à la même entité (la station du réseau RCS à proprement parler), ils ont parfois pu être mesurés ou échantillonnés à des distances potentiellement importantes, de plusieurs centaines de mètres voire de quelques kilomètres.

Nous disposons d'informations géographiques dans les différents jeux de données bruts qui nous sont communiqués. Malheureusement, les coordonnées renseignées dans les données CARHYCE dont nous disposons correspondent aux coordonnées de la station DCE et non pas précisément des sites de mesure. Un travail a été réalisé par l'ONEMA-AFB (notamment dans les DIR) et par nos collègues du LGP pour collecter et corriger (snapping sur le réseau BDCarthage) les coordonnées précises des sites de mesure CARHYCE. Ces données récemment renseignées permettront à terme de gagner en précision. L'impossibilité d'obtenir des données fiables sur le positionnement géographique des sites nous a amené à abandonner ce filtre qui, dans le cadre du rapport, n'a donc pas pu être appliqué.

Dans nos analyses, il faut donc garder en mémoire que les sites de mesure / prélèvements des différents compartiments physiques et biologiques sont susceptibles, ponctuellement, d'être situés à des distances parfois importantes. Cela génère donc un risque de brouiller les relations entre hydromorphologie et structure des. Ce risque est a priori d'autant plus fort que les composantes hydromorphologiques considérées sont fortement variables et instables dans l'espace et le temps (e.g. présence de pool détritique). Par ailleurs nos premières observations suggèrent que ce risque s'exprime surtout dans l'analyse des relations hydromorphologie / invertébrés du fait que les opérations de contrôle Invertébrés sont réalisées par des intervenants extérieurs qui ne connaissent pas nécessairement l'emplacement des sites de prélèvements des autres compartiments. Au contraire, les prélèvements poissons et les mesures CARHYCE sont réalisés par les agents de l'AFB et sont généralement effectués sur des portions de cours d'eau identiques ou se chevauchant très largement. Les futures études sur les liens hydromorphologie–biologie basées sur les données CARHYCE devraient bénéficier grandement des précisions apportées sur le positionnement géographique des sites CARHYCE.

2.3.3.2. Filtre temporel et hydrologique

Les différents compartiments (i.e. « poisson », « invertébrés » et « CARHYCE ») sont

prélevés/mesurés indépendamment à des distances potentiellement importantes mais également à des dates différentes. Nous avons développé un filtre permettant d'écarter du jeu de données les stations pour lesquelles les prélèvements biologiques ont été réalisés à des dates i) jugées trop éloignées de la date de mesure CARHYCE et/ou ii) pour lesquelles des conditions hydrologiques dans l'intervalle temporel inter-opérations ont fortement varié et sont donc susceptible d'affecter la cohérence des données (par exemple survenue d'une crue majeure entre deux mesures/prélèvements). Pour ce filtre nous avons utilisé des chroniques de débits journaliers simulés (obtenus à partir d'un modèle pluie-débit, données fournies par V.Andréassian Equipe Hydro,UR HBAN, Irstea Antony). Après un traitement important des données, détaillé dans un rapport d'étape de l'action T, nous disposons d'une mesure comparable des débits bruts et débits classés pour chaque date de mesure/d'échantillonnage.

Les enjeux pour le filtrage temporel et hydrologique du jeu de données s'inscrivent autour de deux exigences antinomiques : i) limiter au maximum les écarts temporels et hydrologiques entre les différentes opérations de mesure et ii) conserver le plus de stations possible. Dans l'absolu, il peut sembler préférable pour une mise en relation entre l'hydromorphologie et la biologie, d'être le plus contraignant possible dans nos critères de cohérence, mais le risque est alors d'obtenir un jeu de données final trop réduit ne permettant plus d'établir des relations statistiques solides entre compartiments physique et biologiques. Cette difficulté renforcée du fait même de la mise en œuvre des suivis, avec des opérations qui sont réalisées indépendamment pour les différents compartiments pouvant aboutir à des décalages temporels parfois très importants. Des premières tentatives d'application testant différentes configurations ont montré que ce filtre réduisait considérablement la taille du jeu de données et beaucoup de stations étaient écartées malgré des critères de filtrage plutôt souples. Face à ce constat, et compte tenu également de l'influence assez modérée de l'application du filtre sur les résultats de nos premières analyses, nous avons finalement décidé de ne pas appliquer le filtre de cohérence hydrologique et de ne conserver comme seul critère que la proximité temporelle (accrochage de l'opération de pêche poisson et de l'opération de contrôle invertébrés temporellement les plus proches de l'opération de mesure CARHYCE) pour constituer notre jeu de données final.

Le travail de développement pour ce filtre a été important et pour un usage au final limité mais il pourra être valorisé puisqu'une partie des outils (données sources, codes pour R) sera utile pour répondre à la volonté exprimée par l'AFB de mettre en valeur les données concernant les chroniques de débits simulés sur stations non jaugées (Figure 12).

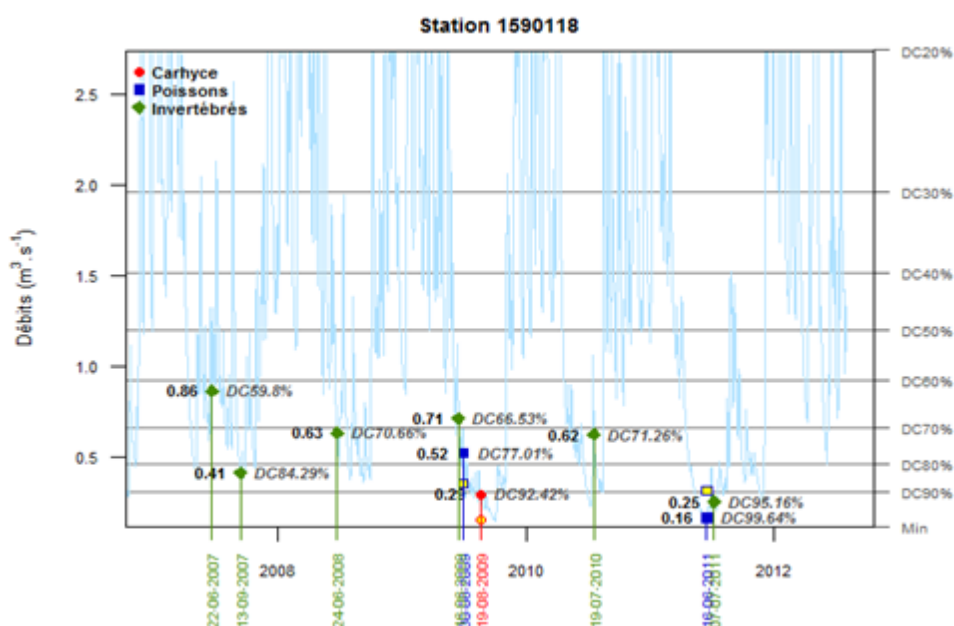


Figure 12 : Représentation des conditions hydrologiques aux différentes dates de mesures/prélèvements d'une station. Exemple de la station de l'Helpe Majeure à Eppe Sauvage (Code Onema 1590118 ; code SANDRE 1001122). La courbe représente la chronique de débits journaliers simulés (en $m^3 \cdot s^{-1}$, ordonnée gauche). Les barres horizontales grises représentent des valeurs de débits caractéristiques exprimés en débits classés (établis à partir des courbes de débits classés pour la période 31-07-2001 – 31/07/2012) (en %, ordonnée droite). Les points d'intérêt particulier correspondent aux dates des opérations de mesure CARHYCE et de prélèvements poissons et invertébrés (représentés en rouge, bleu et vert, respectivement). Ces points sont accompagnés de la

valeur précise du débit selon les 2 échelles. Quand elles sont disponibles, les valeurs de débit renseignées dans les bases de données « brutes » de chaque compartiment sont représentées en jaune. Ces données sont présentées à titre informatif et ne peuvent pas être comparées d'un compartiment à un autre (hétérogénéité des méthodes). Le graphique représente la fenêtre temporelle du 01-01-2007 au 31-07-2012 pour faciliter la visualisation des données. La chronique hydrologique s'étend évidemment en amont et des prélèvements biologiques peuvent avoir été réalisés avant, mais leur représentation nuit à la lisibilité du graphique autour de la fenêtre temporelle d'intérêt – à savoir autour de la date du CARHYCE. Cette mise en relation est automatisée sous R (changement du code station).

2.3.3.3. Filtre physicochimique

Nous avons développé un filtre permettant d'exclure les stations pour lesquelles de mauvaises conditions physicochimiques sont susceptibles d'affecter la structure des communautés biologiques (et donc de brouiller l'effet de l'hydromorphologie). Nous avons pour cela utilisé des données fournies par le LIEC qui concernent les suivis physicochimiques des stations RCS.

Ce filtre fonctionne par étapes :

- 1) Sous-sélection des données des 6 mois (180 jours) précédents les opérations de contrôle invertébrés. Sous-sélection des données de l'année (360 jours) précédant l'opération de pêche poisson.
- 2) Calcul des valeurs moyennes de chaque paramètre pour chaque opération (NA en cas de paramètre non mesuré).
- 3) Transformation des valeurs moyennes en classes de qualité par rapport au seuil du Système d'évaluation de la Qualité de l'eau (SEQ-Eau V2). (<http://rhin-meuse.eaufrance.fr/IMG/pdf/grilles-seq-eau-v2.pdf>).
- 4) Agglomération selon 14 catégories de pression du SEQ-Eau (voir ci-dessous) et classification selon le principe de l'élément le plus déclassant.

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| - Matières organiques | - Acidification |
| - Matières azotées | - Minéralisation |
| - Nitrates | - PCB |
| - Matières phosphorées | - Micropolluants organiques |
| - Proliférations végétales | - Micropolluants minéraux |
| - Matières en suspension (MES) | - Pesticides |
| - Alcalinisation | - HAP |

Pour chaque opération, nous disposons donc ainsi de l'état (en 5 classes : « High », « Good », « Intermediate », « Poor » et « Bad ») pour chacune de ces 14 catégories. Nous avons décidé d'exclure du jeu de données les opérations pour lesquelles la physicochimie avant l'opération présente au moins 1 catégorie physicochimique en mauvais état (Bad) ou au moins 2 catégories classés en état médiocre (Poor).

Le choix des grilles du SEQ-Eau, plutôt que des grilles DCE, repose sur le fait qu'elles concernent un nombre de paramètres plus large. Il s'agit par ailleurs des grilles employées par nos partenaires du LIEC lors du développement de l'indice invertébré I2M2, et qui nous aidé dans la mise en place de ce filtre.

2.3.3.4. Cas particulier du colmatage

Les données concernant le colmatage ont été soumises à une procédure particulière en ce qui concerne les règles de filtrage. Nous invitons le lecteur à consulter le rapport intermédiaire traitant spécifiquement de ces données pour avoir le détail des filtres appliqués. Nous avons maintenu un certain niveau de contraintes sur la date et les débits pour ces données que nous pensons particulièrement sensibles aux fluctuations des conditions environnementales. La méthode d'estimation du colmatage, bien qu'intégrative (exposition d'un mois), repose en effet sur des processus microbiens largement affectés par les changements des conditions environnementales comme la température. Les

conditions de débits dans l'eau de surface conditionnent également les échanges avec la zone hyporhéique.

Au-delà de ces considérations sur les débits, nous n'avons gardé pour l'analyse de l'effet du colmatage, que les situations avec des radiers disposant d'au moins 2 mesures (sur 4 théoriques). Avec cette contrainte supplémentaire, nous n'avons pu conserver que 261 stations disposant au minimum de 2 mesures sur un même radier, et au mieux de 8 mesures réparties sur 2 radiers suivis dans le protocole.

3. Méthodes d'analyses

3.1. Relations entre indicateurs/métriques hydromorphologiques et biologiques

Pour évaluer l'état hydromorphologique des stations, le LGP a développé une méthode qui repose sur la considération d'un ensemble de métriques et la mesure d'écart à des modèles de référence, ce qui permet de détecter d'éventuelles altérations. Les sorties standard proposées par le LGP, mesurent l'écart d'une métrique à la référence sous forme d'une valeur absolue (ampleur de l'écart) sans tenir compte du sens de cet écart (qui peut être positif ou négatif). Or, si on s'intéresse aux conséquences écologiques des altérations morphologiques, il apparaît essentiel de tenir compte non seulement de l'ampleur de ces altérations mais aussi de leurs directions. A titre d'exemple on s'attend à des conséquences écologiques opposées selon que la pente d'un cours d'eau augmente ou à l'inverse se réduit par rapport à sa pente initiale de référence.

Nous étudions la réponse des communautés face aux métriques hydromorphologiques présentées sous la forme de résidus standardisés qui intègrent le contexte local (modèle régionalisé par HER de niveau 1) et qui sont rendus comparables entre eux (standardisation = réduction des résidus par l'écart type de ces résidus, pour chaque métrique pour les site de référence).

Pour les bioindicateurs, les écarts à la référence tiennent également compte du contexte environnemental naturel mais pas sous la forme d'une régionalisation par HER. Pour les macroinvertébrés, l'I2M2 et ses sous métriques sont calculés selon une typologie de cours d'eau (référence par type simplifié). La typologie I2M2 est une version simplifiée des types nationaux de masses d'eau qui sont définis en fonction de l'HER1 d'appartenance et de la taille du cours d'eau (rang Strahler). On met donc en parallèle des écarts hydromorphologiques définis par HER de niveau 1 et des métriques biologiques définies à une échelle un peu plus fine tenant compte de la taille du cours d'eau dans l'HER de niveau 1. Le degré de finesse dans la régionalisation permet de définir le plus efficacement possible les altérations, en fonction de l'objet d'étude : hydromorphologie ou communauté de macroinvertébrés benthiques.

Pour les peuplements piscicoles, la référence est définie de manière assez différente. Les métriques incorporées dans l'IPR+ sont modélisées à partir de 6 variables environnementales peu influencées par les perturbations (Surface de bassin versant, indicateur de la puissance hydraulique, température moyenne de l'air, amplitude thermique, géologie du bassin versant et type de régime hydrologique). Des modèles permettent de calculer les valeurs des métriques prédites en l'absence de perturbation et l'IPR+ repose alors sur le calcul de l'écart entre ces valeurs prédites en absence de perturbation et les valeurs réellement observées calculées à partir des listes faunistiques du prélèvement effectué sur la station étudiée. Les métriques sont ensuite transformées en EQR en tenant compte notamment de la zone HUET et du type d'échantillonnage effectué. La prise en compte du contexte environnemental est donc assez différente entre l'hydromorphologie et l'ichtyofaune mais il aboutit dans les deux cas à une valeur représentant le niveau d'intégrité du site.

Pour l'analyse des relations entre les indices / métriques hydromorphologiques et biologiques, nous avons testé de manière séparée les situations où les écarts à la référence hydromorphologiques étaient positifs (≥ 0) et ceux qui étaient négatifs (≤ 0). Nous avons évalué la force de la relation entre les écarts hydromorphologiques et le score des indices/ des métriques biologiques, en utilisant des tests non paramétriques de Kendall.

Dans un premier temps, ces analyses ont été réalisées sur l'ensemble des stations retenues (après application des filtres précédemment évoqués) et pour lesquelles les écarts aux modèles de référence hydromorphologiques sont calculés. Elles ont ensuite été répétées de manière séparée sur 1) les stations pré-expertisées comme étant moyennement à fortement altérées, 2) les stations pré-expertisées comme n'étant pas ou peu altérées et 3) les stations pour lesquelles nous ne disposons pas des informations sur le niveau d'altération. L'objectif de ces analyses additionnelles est de voir si l'éventuelle relation significative entre hydromorphologie et biologie est associée aux stations altérées. Il faut cependant garder à l'esprit que le découpage du jeu de données en « sous-jeux » réduit inévitablement le nombre de stations dans les analyses, ce qui conditionne fortement les puissances statistiques des analyses.

L'ensemble des résultats est affiché sur les figures présentées pour ces analyses (*Figure 15* et *Figure 16*). Ces figures montrent la relation entre les écarts aux modèles de référence hydromorphologiques et les scores des métriques biologiques (voir schéma de la *Figure 13* ci-dessous pour la logique de représentation). Les résultats des tests pour les écarts positifs et pour les écarts négatifs sont indiqués sur chaque graphique, pour les jeux de données complet (flèche)

et pour chaque sous-jeux de données (pastille).

Après application des filtres, l'analyse globale concernant la relation entre les métriques hydromorphologiques et les métriques invertébrés a pu être réalisée à partir d'un ensemble de 843 stations (331 de type « référence », 457 de type « altéré » et 55 sans données de pression). L'analyse portant sur les relations entre métriques hydromorphologiques et métriques piscicoles a quant-à-elle pu être réalisée pour un ensemble de 774 stations (297 de type « référence », 421 de type « altéré » et 56 sans données de pression). Dans la cadre des analyses concernant les peuplements piscicoles, le nombre de stations concernées par l'analyse portant sur la métrique truite est plus faible (483 stations : 221 de type « référence », 233 de type « altéré » et 29 sans données de pression).

La répartition de ces stations dans les 2 groupes « écarts positifs aux modèles de référence » et « écarts négatifs aux modèles de référence » est variable d'une métrique hydromorphologique à l'autre.

Ces analyses ont été réalisées sur R version 3.1.2, avec le package « Kendall » (version 2.2).

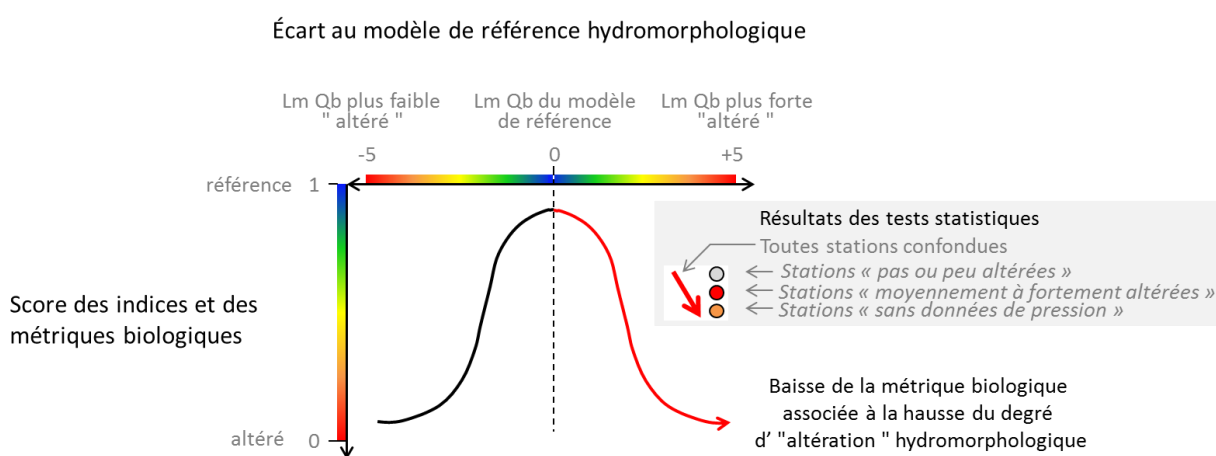


Figure 13 : Représentation schématique des liens possibles entre métrique biologiques et écarts à la référence hydromorphologique.

3.2. Analyses portant sur les autres variables hydromorphologiques

Les analyses complémentaires ont été réalisées sur un jeu de données « complet ».

Ces analyses ont été réalisées sur des jeux de données filtrés et non filtrés pour la physicochimie. Les résultats étant potentiellement très sensibles au volume de données, la réalisation des doubles analyses permet d'identifier les taxons ou groupes fonctionnels qui restent des indicateurs « fiables » même quand le jeu de donnée est plus faible.

3.2.1. Structure taxonomique

Nous avons utilisé l'outil TITAN (« TresholdIndicator Taxa Analysis », Baker & King, 2010) pour chercher les taxons indicateurs associés aux différents gradients hydromorphologiques renseignés dans la base CARHYCE (variables continues décrivant par exemple la proportion des classes granulométriques dans l'assemblage sédimentaire que la proportion de berges enrochées). L'outil fonctionne en plusieurs étapes successives détaillées dans l'article scientifique présentant la méthode (Baker & King, 2010). De manière résumée, l'outil réalise dans un premier temps des analyses séparées taxon par taxon, à partir des données d'abondance le long du gradient environnemental d'intérêt. La 1^{ère} étape consiste à détecter où se situe, le long de ce gradient environnemental, le point de changement (« changing point - cp») qui sépare au mieux le jeu de données en 2 parties (gauche/droite) dont l'une témoigne

d'une certaine affinité (abondance plus forte, voir *Figure 14* :). Pour chaque taxon, on retient à la fin de cette étape, la position du point de changement « optimal » (*i.e.* point le long du gradient qui permet le meilleur partitionnement des données d'abondance), la force de l'affinité et son sens (affinité pour la partie droite ou gauche du gradient).

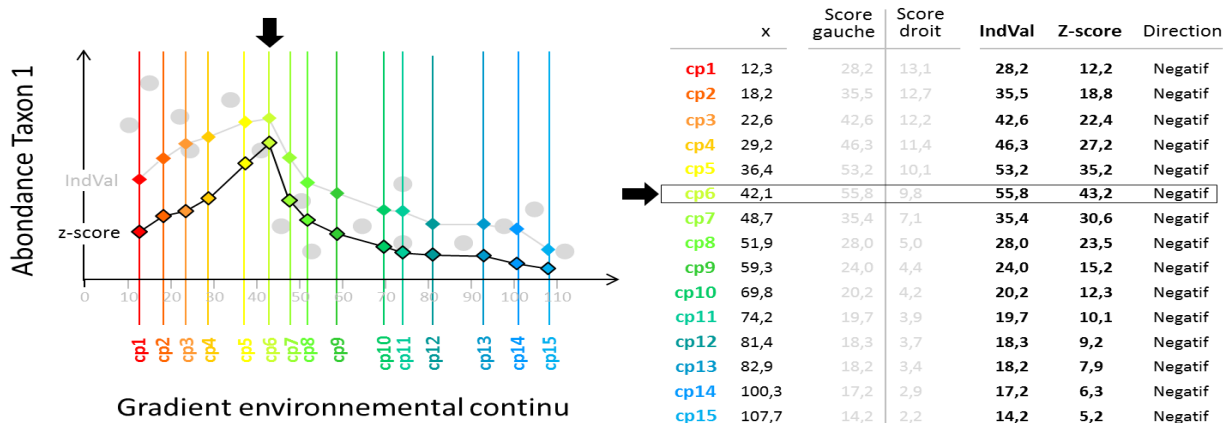


Figure 14 : Première étape de l'approche TITAN pour un taxon isolé (Taxon1). Le gradient environnemental testé est coupé en 2 parties (gauche/droite) au niveau d'un point de changement environnemental–cp situé au milieu de 2 données successives d'abondance. On évalue pour ce cp, la force du « contraste » (IndVal, z-score) en termes d'abondance entre la gauche et la droite. Après avoir testé tous les cp potentiels, on retient la position du cp « optimal ». Note : les valeurs indiquées dans la tableau sur la droite de la figure sont fictives et n'ont pour but que d'illustrer la force du partitionnement le long des cp sur le gradient environnemental.

Des tests (permutations, bootstraps) intégrés à l'outil, permettent d'identifier les taxons significativement indicateurs et d'apprécier l'incertitude autour de la position du point de changement pour chaque taxon. L'outil permet également - et c'est son objectif principal- de réaliser une approche comparable à l'échelle de la communauté en répétant l'opération pour l'ensemble des taxons et en réalisant des analyses complémentaires (tous taxons confondus). Cela permet d'identifier les positions dans le gradient qui sont associées à des changements majeurs dans la structure taxonomique de la communauté. Ce type d'outil est par exemple très utile pour détecter des éventuels seuils de concentrations de polluants à ne pas dépasser car associés à des changements importants au niveau des communautés.

Dans notre cas, nous avons utilisé seulement une petite partie des fonctionnalités de l'outil pour nous permettre d'obtenir (1) l'identité des taxons indicateurs parmi l'ensemble de la liste taxonomique et (2) le sens de l'affinité pour chaque taxon indicateur. Si le gradient environnemental testé est par exemple la proportion de sable dans l'assemblage sédimentaire de la station, TITAN, nous permet par exemple de savoir si un taxon est rencontré en abondance plus importante dans des stations ayant une proportion de sable importante, ou au contraire faible.

3.2.2. Structure fonctionnelle

La relation entre la proportion de chaque modalité des traits biologiques et écologiques a été testée avec des tests non paramétriques de Kendall. La relation entre un gradient environnemental et la proportion de la modalité d'un trait dans le profil stationnel est considérée significative si la p-valeur est inférieure à 0.05. Là aussi, les analyses ont été réalisées sur un jeu de données filtré pour la physicochimie et un jeu de donnée non filtré.

3.3. Analyses spécifiques concernant le colmatage

Les analyses concernant le colmatage ont été réalisées à l'aide de tests non paramétriques de Kendall, sur R, à l'aide du package Kendall.

4. Hydromorphologie et structure des communautés

4.1. Relations entre indicateurs hydromorphologiques et biologiques

4.1.1. Métriques hydromorphologiques versus métriques invertébrés benthiques

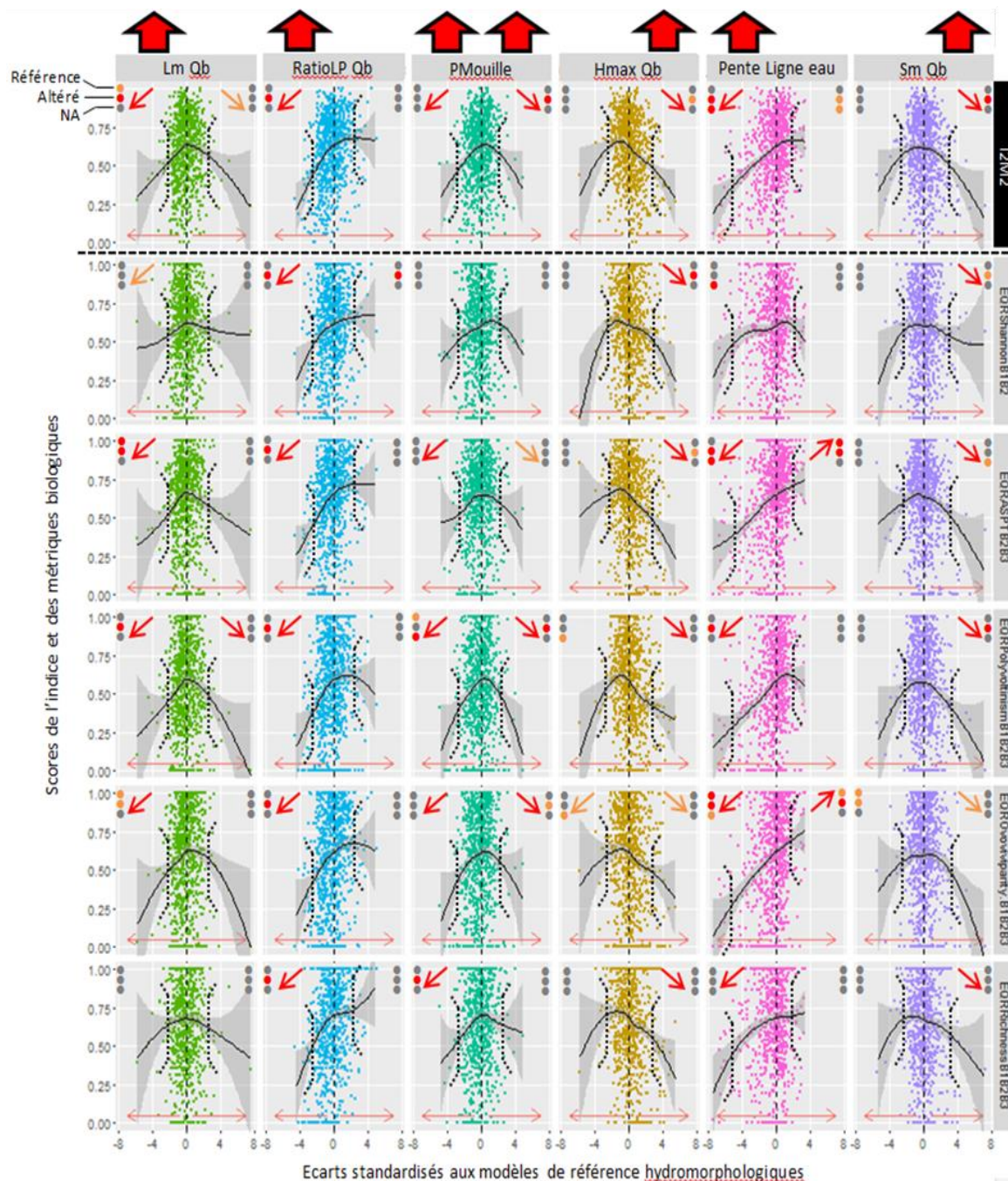


Figure 15 : Relations entre les métriques hydromorphologiques et les métriques invertébrés. Relations entre le score I2M2 et ses 5 sous-métriques au format EQR (axe des ordonnées, de 0 à 1) avec les 6 métriques décrivant l'état hydromorphologique des cours d'eau (axe des abscisses de chaque sous-graphique, écarts standardisés au modèle de référence, sans unité). Pour chaque sous-graphique, la ligne verticale pointillée, centrée sur 0, correspond à l'absence d'écart au modèle de référence. S'en éloigner vers la gauche (valeur plus faible que le modèle) ou vers la droite (valeur plus élevée que le modèle) indique un écart à la référence et donc potentiellement une altération. Les flèches indiquent les relations significatives, toutes stations confondues, ainsi que leur sens (sur la base d'un test non paramétrique de Kendall, flèche rouge : $p < 0.05$, flèche orange $p < 0.10$). Les cercles indiquent les résultats de ces mêmes tests mais découpés selon le niveau de pression -expertisé (dans l'ordre de haut en bas : type_IPR_corr_LGP = 0 : stations pas ou peu altérées dite « de référence », $n=331$; type_IPR_corr_LGP = 1 : stations moyennement ou fortement altérées, $n=457$; type_IPR_corr_LGP = 2 = station sans données de pression, $n=55$). Cette indication permet d'avoir une information sur le type de stations pesant de manière prépondérante dans la significativité des différentes relations (attention toutefois à la différence de volume de stations entre les 3 modalités). Les courbes pour chaque graphique représente des courbes des lissages (loess, coef. de lissage = 0.9) et leurs incertitudes pour l'ensemble de la métrique hydromorphologique concernée (non découpée en fonction du sens de l'écart). L'extrémité des courbes repose sur peu de points, elles ont donc un poids modéré dans les tests statistiques et leur allure peut varier fortement en fonction du coefficient de lissage. Nous attirons donc l'attention sur la prudence qu'il convient d'accorder aux extrémités des courbes dans la lecture des différents graphiques.

Le bioindicateur macroinvertébrés I2M2 ainsi que les 5 métriques qui le composent répondent significativement aux variations 6 métriques hydromorphologiques qui mesurent l'écart aux conditions moyennes de référence. Ceci suggère que, dans une certaine mesure, l'état des communautés d'invertébrés se modifie, et en général se dégrade, quand les conditions hydromorphologique des cours d'eau se transforment.

L'indice I2M2 est globalement pénalisé dans les situations suivantes (par rapport aux valeurs de référence des caractéristiques hydromorphologiques) (voir *Figure 15*):

- Une largeur mouillée à plein bord faible
- Un ratio L/P à plein bord faible
- Une profondeur de mouille (donc une variabilité longitudinale) qui s'écarte fortement de la situation de référence (plus faible ou au contraire plus élevée)
- Une profondeur max moyenne à plein bord élevée
- Une pente de ligne d'eau faible
- Une surface mouillée à plein bord élevée

Le fait qu'une **diminution de la largeur** (par rapport à la situation moyenne de référence) soit associée à une baisse de l'I2M2 peut s'expliquer par un effet possiblement délétère de réduction de la disponibilité et de la diversité d'habitats pour la communauté d'invertébrés. Qu'elle soit naturelle ou la conséquence d'aménagements et notamment de recalibrages sur des cours, une diminution de la largeur à plein bord a des chances de s'accompagner également d'une diminution de largeur lors des conditions de débits fréquents et en particulier en étiage. Une moindre largeur la majeure partie du temps pourrait limiter la présence d'un pool varié d'habitats.

Une largeur plus élevée que la référence semble également conduire à une diminution de l'I2M2 mais cette tendance n'est pas significative au seuil de 5% (parmi les différentes métriques de l'I2M2, seul l'EQR Polyvoltinisme montre une tendance significative dans ce sens). Une largeur élevée engendrée par un recalibrage pourrait apparaître pénalisant du fait notamment de l'homogénéisation des conditions d'habitat qui accompagne généralement ce type d'opération (effet de covariation). Il est possible qu'une largeur trop forte à plein bord s'accompagne par une largeur trop forte aux conditions de débit plus fréquentes qui pourrait entraîner un étalement de la lame d'eau et donc une moindre profondeur. Des effets induits néfastes (e.g. changements en termes de physicochimie et d'interactions biotiques) pourraient être associés à une telle réduction de hauteur d'eau mais le lien avec la largeur plein bord reste très spéculatif.

Une profondeur du lit plus élevée que la référence est associée à une baisse de l'I2M2 et presque toutes ses sous-métriques. Au contraire une profondeur plus faible n'a pas de lien significatif avec ce bioindicateur et ses métriques. Ce résultat peut s'expliquer en partie par la différence observée entre stations de référence et stations altérées pour les écarts de profondeur à plein bord. Les stations pour lesquelles les données de pression montrent un impact anthropique ont des écarts dans le sens d'une sur-profondeur qui divergent assez largement des écarts liés à la variabilité naturelle. Cette métrique hydromorphologique est particulièrement complexe à traduire en termes de conditions d'habitats pour les organismes. Une sur-profondeur (en condition de plein bord) n'indique pas nécessairement une modification de hauteur d'eau en condition de débit habituel. En revanche elle peut traduire l'existence d'un recalibrage qui lui peut influencer les cours d'eau par l'intermédiaire d'autres paramètres (e.g. homogénéisation du fond de lit). Rares sont les pratiques d'aménagement visant volontairement à rendre un cours d'eau moins profond car cela serait alors potentiellement synonyme de risque accru d'inondations. En revanche, une sédimentation excessive (e.g. suite à la présence d'un obstacle) peut conduire à ce type de situation (par relèvement de la cote du fond) mais cela reste probablement très marginal. La métrique, si elle n'a pas a priori d'effet très direct sur les communautés, bénéficie de sa « capacité » à retranscrire efficacement les pratiques sur le lit et à distinguer les cours d'eau globalement altérés des cours d'eau globalement en bon état (d'après les données de pression).

Largeur et profondeur à plein bord sont directement impliquées dans les calculs du **ratio L/P**. La largeur est une variable pour laquelle il est difficile de distinguer les écarts liés à la variabilité naturelle de ceux liés à des pratiques sur le lit (*Figure 15*). On note cependant qu'une diminution de la largeur de plein bord et, dans un moindre mesure, une augmentation de ce paramètre par rapport aux valeurs moyennes de référence s'accompagnent d'une baisse d'I2M2 (et de certaines de ses métriques). Par ailleurs comme évoqué précédemment, l'I2M2 et ses métriques ne répondent que dans le sens d'une augmentation de la profondeur à plein bord par

rapport aux valeurs de référence. Dans ce contexte, il est assez logique de constater que l'I2M2 et ses métriques répondent essentiellement en situation de diminution du **ratio L/P à plein bord** par rapport à la situation de référence, c'est-à-dire pour des cours d'eau présentant un lit plus encaissé que « la normale ».

La **surface mouillée** à plein bord est, elle aussi, très étroitement dépendante de la profondeur et de la largeur à plein bord (corrélations > 0.8, voir précédemment). Une surface mouillée plus élevée que la référence peut résulter i) d'une profondeur plus élevée que la référence et/ou 2) d'une **largeur mouillée plus élevée que la référence**, deux situations dont on a vu précédemment qu'elles étaient liées à une baisse des valeurs d'I2M2. En conséquence logique, une surface mouillée plus élevée qu'en situation de référence est associée à un I2M2 réduit. Ce lien n'est cependant relevé que pour 3 des 5 sous-métriques composant l'indice global (EQRShannon et EQROvoviviparity n'étant pas significativement affectés par la hausse de surface mouillée). A l'inverse, une surface mouillée plus faible que la référence ne semble avoir aucun impact sur l'I2M2 et ses sous-métriques bien qu'une largeur plus faible que la référence avait pourtant un impact significatif. La surface mouillée est un indicateur direct du calibre du cours d'eau. Une surface mouillée à plein bord plus importante que la référence peut être le résultat direct d'un aménagement de cours d'eau comme un recalibrage ou la conséquence à plus long terme de changements d'occupation des sols induisant un ruissellement plus rapide et plus intense comme dans le cas des cours d'eau urbains. Ce type de cours d'eau, s'il peut évacuer plus rapidement de plus gros débits, présente en revanche souvent des conditions d'habitats plus homogènes peu propices à la diversité biologique. Dans ce contexte la surface mouillée à plein bord serait donc un paramètre intégrateur des perturbations hydromorphologiques et des conséquences multiples qu'elles peuvent induire sur l'habitat des organismes et donc in fine sur la composition des communautés vivantes.

La **profondeur des mouilles** est la métrique qui renseigne le plus directement sur l'hétérogénéité des conditions d'habitats pour les communautés. L'écart de la profondeur des mouilles aux valeurs de référence a un lien significatif avec l'I2M2 et presque toutes les sous-métriques qui le composent. Ainsi, une profondeur de mouille plus faible que la référence (potentiellement liée par exemple à une homogénéisation du lit suite à des travaux d'aménagement comme le recalibrage ou la rectification) est associée à une baisse du score d'I2M2 (portée par le lien significatif mesuré pour toutes les sous-métriques à l'exception de l'EQR Shannon). Des faibles valeurs de profondeur des mouilles correspondent à un profil du lit homogène et donc une faible diversification des habitats qui n'est pas propice à la diversité taxonomique et fonctionnelle au sein de la communauté. Une profondeur de mouille plus importante que la référence a également un lien significatif avec l'I2M2 mais qui va à l'encontre des hypothèses attendues. Ainsi les plus fortes valeurs de profondeurs de mouilles, considérées comme reflétant une forte diversité d'habitat, sont associées à une baisse des valeurs d'I2M2 (à souligner toutefois que cette tendance ne se retrouve de manière significative que pour deux métriques - EQRPolyvoltinismB1B2B3 et EQROvoviviparityB1B2B3 – composant l'indice). A ce stade, nous n'avons pas d'explication claire pour resituer cette relation contre-intuitive. Il est possible que les situations avec des très fortes profondeurs de mouilles soient associées à des cas de fortes pressions anthropiques ou à des situations d'aménagements mais selon des modalités qui nous échappent.

Les sites qui se caractérisent par une **pente de ligne d'eau** plus faible que les valeurs de référence se caractérisent par des valeurs basses de l'I2M2 et de l'ensemble de ses métriques. Une réduction de la pente de la ligne d'eau peut entraîner une modification drastique des conditions générales du cours d'eau, notamment pour ce qui concerne les contraintes hydrauliques au fond et les caractéristiques des substrats minéraux et organiques. Une pente faible peut résulter de la présence d'ouvrages (barrages, seuils, vannages) sur le cours d'eau. Les obstacles sont très répandus dans les cours d'eau français et les écarts dans le sens d'une pente trop faible différencient bien les stations altérées des stations de référence (pré-expertise à partir des données de pression). A l'inverse, une pente plus forte que la valeur de référence s'accompagne d'une réponse beaucoup plus ténue de l'I2M2 (dans le sens d'un score plus élevé) et de deux de ses métriques seulement. Ceci suggère que certains types d'aménagements, comme les rectifications, qui conduisent à une augmentation de la pente du cours d'eau pourraient s'accompagner d'une « amélioration » de l'indice. Cette tendance doit néanmoins rester extrêmement limitée compte tenu de la valeur limite de significativité statistique associée.

D'une manière générale, on note également que les métriques qui composent l'I2M2 et qui présentent les liens les plus forts avec les différentes métriques hydromorphologiques sont les **métriques fonctionnelles** (polyvoltinisme et ovoviviparité) et de polluosensibilité (on imagine

alors dans ce cas une relation plus indirecte avec l'état hydromorphologique). Les métriques qui décrivent essentiellement la structure des communautés (diversité de Shannon, richesse taxonomique), qu'on aurait pu imaginer fortement liées aux caractéristiques physiques des cours d'eau et en particulier à la diversité des habitats, semblent en revanche, et paradoxalement, moins liées aux métriques hydromorphologiques. Cette observation appuie la démarche à la base du développement des bioindicateurs les plus récents, d'intégrer des métriques fonctionnelles en complément des métriques structurelles « classiques » (e.g. richesse et diversité).

4.1.2. Métriques hydromorphologiques versus métriques piscicoles

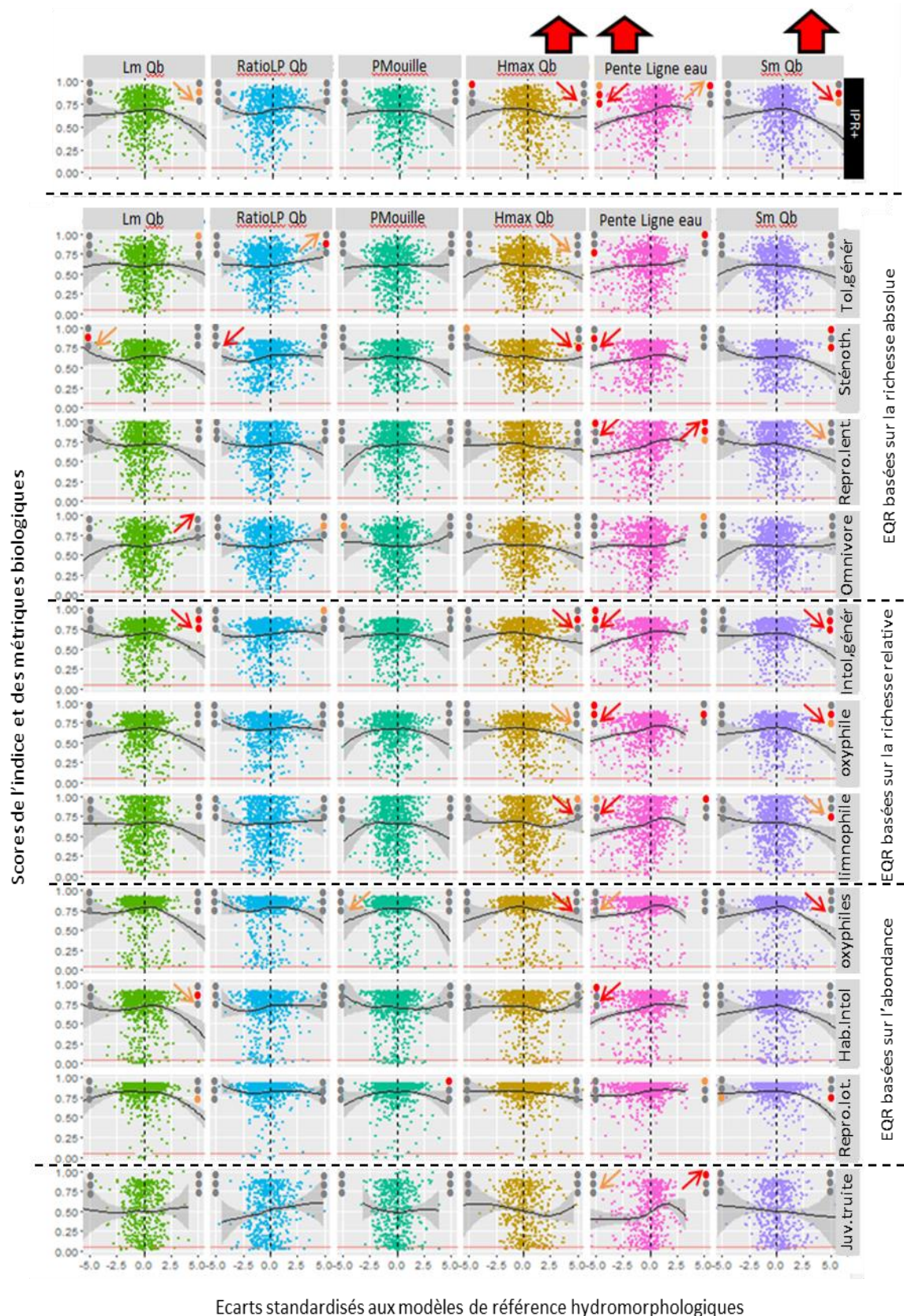


Figure 16 : Relations entre les métriques hydromorphologiques et les métriques piscicoles. Relations entre le score IPR+ et ses 12 sous-métriques au format EQR (axe des ordonnées, de 0 à 1) avec les 6 métriques décrivant l'état hydromorphologique des cours d'eau (axe des abscisses de chaque sous-graphique, écarts standardisés au modèle de référence, sans unité). Pour chaque sous-graphique, la ligne verticale pointillée, centrée sur 0, correspond à l'absence d'écart au modèle de référence. S'en éloigner vers la gauche (valeur plus faible que le modèle) ou vers la droite (valeur plus élevée que le modèle) indique un écart à la référence et donc potentiellement une altération. Les flèches indiquent les relations significatives, toutes stations confondues, ainsi que leur sens (sur la base d'un test non paramétrique de Kendall, flèche rouge : $p < 0.05$, flèche orange $p < 0.10$). Les cercles indiquent les résultats de ces mêmes tests mais découpés selon le niveau de pression expertisée (dans l'ordre de haut en bas : type_IPR_corr_LGP = 0 : stations pas ou peu altérées dite « de référence », $n=297$; type_IPR_corr_LGP = 1 : stations moyennement ou fortement altérées, $n=421$; type_IPR_corr_LGP = 2 = station sans données de pression, $n=56$). Cette indication

permet d'avoir une information sur le type de stations pesant de manière prépondérante dans la significativité des différentes relations (attention toutefois à la différence de volume de stations entre les 3 modalités). Les courbes pour chaque graphique représente des courbes des lissages (loess, coef. de lissage = 0.9) et leurs incertitudes pour l'ensemble de la métrique hydromorphologique concernée (non découpée en fonction du sens de l'écart). L'extrémité des courbes repose sur peu de points, elles ont donc un poids modéré dans les tests statistiques et leur allure peut varier fortement en fonction du coefficient de lissage. Nous attirons donc l'attention du lecteur sur la prudence qu'il convient d'accorder aux extrémités des courbes dans la lecture des différents graphiques.

Le bioindicateur poissons IPR+ ainsi que la plupart des 12 métriques qui le composent répondent significativement aux variations 6 métriques hydromorphologiques qui mesurent l'écart aux conditions moyennes de référence. Ceci suggère que, dans une certaine mesure, l'état des communautés de poissons se modifie, et en général se dégrade, quand les conditions hydromorphologique des cours d'eau se transforment. Comparativement à la situation observée pour l'indice I2M2, ces relations apparaissent cependant bien plus faibles et ténues ce qui suggère que le lien entre état des communautés de poissons et état hydromorphologique des sites est moins solide que celui observé pour les communautés d'invertébrés.

L'indice IPR+ est globalement pénalisé dans les situations suivantes (par rapport aux valeurs de référence des caractéristiques hydromorphologiques) (voir Figure 156) :

- Une largeur mouillée à plein bord élevée
- Une profondeur max à plein bord élevée
- Une surface mouillée à plein bord élevée
- Une pente de ligne d'eau faible

Un écart au modèle de référence sur la **largeur mouillée à plein bord** est associé à une diminution du score IPR+ mais seulement dans le sens d'une largeur plus forte. Une largeur trop importante à plein bord peut être le signe d'un éventuel recalibrage qui s'accompagne souvent d'une homogénéisation des conditions d'écoulement et de substrat ainsi que d'une raréfaction des zones d'intérêt pour les différents taxons (sous-berges, racines, embâcles). Contrairement à ce qui est observé pour les invertébrés, un écart au modèle de référence dans le sens d'une largeur plus faible n'est pas associé à une baisse de l'IPR+.

La **profondeur moyenne à plein bord** a un lien significatif avec l'indice IPR+ mais seulement dans le sens d'une profondeur plus forte que les valeurs de référence. A l'instar d'une largeur mouillée trop forte, une profondeur à plein bord trop forte peut témoigner d'un recalibrage affectant les conditions environnementales pour le peuplement piscicole, de manière assez globale.

La **surface mouillée à plein bord** dépend étroitement des 2 paramètres, largeur et profondeur à plein bord, évoqués ci-dessus (voir les corrélations en début de document). Compte tenu de leurs liens avec l'IPR+, il est assez logique que l'augmentation de surface mouillée soit également associée à une baisse du score de l'IPR+. L'augmentation de surface mouillée, quand elle est la conséquence d'un surcalibrage, peut être associée à une homogénéisation des conditions d'habitat qui peut se répercuter sur la communauté notamment via les taxons spécialisés dont l'habitat de prédilection ne serait plus disponible. Le surcalibrage peut également entraîner un étalement de la lame d'eau et engendrer des contraintes (e.g. thermie, hauteur de la colonne d'eau) mais le lien entre recalibrage potentiel, géométrie à plein bord et conditions hydrauliques dans les conditions plus fréquentes (débits plus courants) reste largement à préciser.

Il existe également un lien fort entre le scores d'IPR+ (et de la plus part des métriques qui le composent) et la **pente de la ligne d'eau**. Le lien le plus étroit s'observe dans les cas où la pente est faible comparée au modèle de référence, qui correspondent à des scores d'IPR+ plus faibles. Globalement, on peut supposer que la diminution de la pente de la ligne d'eau par ses conséquences hydrauliques va favoriser les espèces limnophiles au détriment des espèces rhéophiles, sachant par ailleurs que chez les poissons les préférés des espèces en termes hydrauliques sont fortement associés aux habitats de reproduction, à la polluo-sensibilité et aux préférences thermiques (Logez et al. 2013). Cette hypothèse est d'ailleurs cohérente avec le fait que l'effet des faibles valeurs de ligne d'eau se retrouve pour de nombreuses métriques fonctionnelles potentiellement liées à la limnophilie/rhéophilie des espèces. A souligner toutefois que l'interprétation des métriques de l'IPR+ est rendue complexe par le fait qu'elles mesurent un écart aux valeurs de référence qui, quelle que soit la métrique considérée, peuvent être aussi bien positifs que négatifs. On remarque également que l'augmentation de la pente de la ligne d'eau (par rapport aux valeurs de référence) se traduit (mais avec un niveau de significativité statistique modeste ; $p < 0,1$) par une augmentation du score d'IPR+, ce qui suggère que certains aménagement qui induisent une augmentation de la ligne d'eau pourraient améliorer l'évaluation de l'état des communautés de poissons.

On constate en revanche très peu de liens entre les métriques hydromorphologiques ratio Largeur/profondeur et profondeur des mouilles et les indicateurs de l'état des communautés de poissons (seuls des liens avec quelques métriques poissons, souvent pour des sous jeux de données, apparaissent ponctuellement).

4.1.3. Discussion sur les relations entre métriques

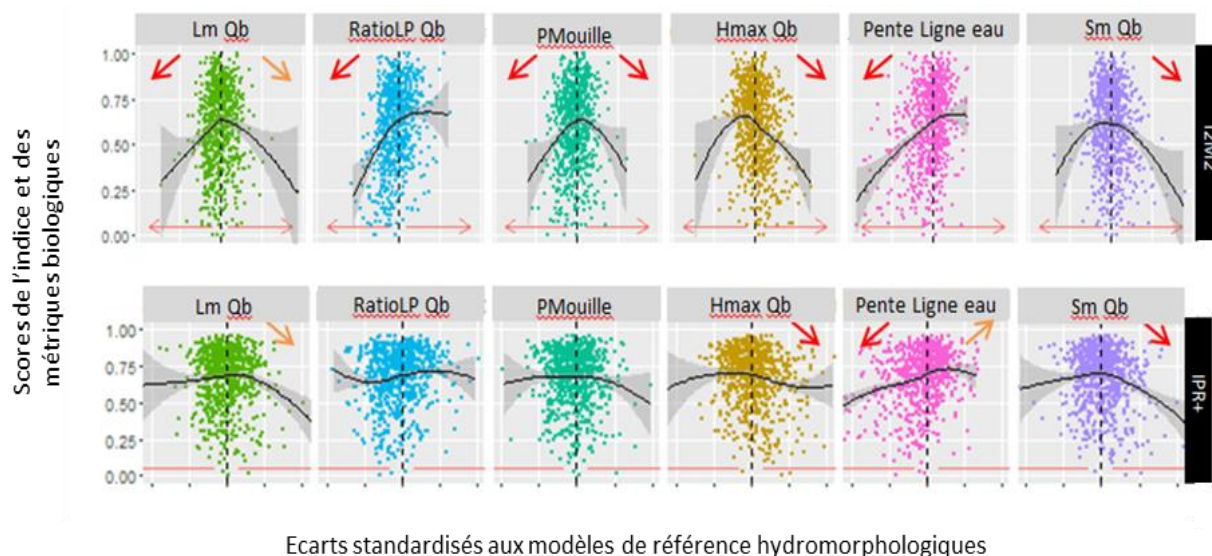


Figure 17 : Relations entre les scores des indicateurs biologiques (I2M2 et IPR+) et les écarts standardisés aux modèles de référence hydromorphologiques.

Il est important de retenir que les outils développés par le LGP aboutissent à des métriques, et un indicateur global qui mesure un écart à un modèle de référence mais que **l'existence d'un écart à la référence n'implique pas toujours l'existence d'impacts anthropiques**. Au sein d'une même HER, il existe une variabilité naturelle entre les stations utilisées pour définir le modèle de référence et une partie des écarts au modèle de référence peut retranscrire cette variabilité naturelle associée à des phénomènes non pris en compte (ou seulement de manière indirecte et très partielle) dans les modèles de référence (écarts en termes de pluviométrie et d'écoulement sur le bassin versant, de nature du substrat géologique etc.). On note ainsi que des écarts parfois importants sont observés pour les stations pas ou peu altérées utilisées pour construire les modèles de référence. Si les écarts à la référence permettent de suspecter la présence d'une altération d'origine anthropique (dans le cas d'un écart important), **des investigations complémentaires sont nécessaires pour s'assurer l'origine de cet écart**. Ce travail complémentaire est essentiel pour le développement de programmes de restauration efficaces.

Nos analyses mettent en avant des relations significatives entre le degré d'écart à la référence en termes d'hydromorphologie et l'intégrité des communautés décrite par l'I2M2 et, dans une moindre mesure, par l'IPR+ (ainsi que par leurs métriques qui composent ces deux indices). Certaines métriques hydromorphologiques semblent plus particulièrement importantes vis-à-vis des bioindicateurs (Figure 17). La pente de la ligne d'eau notamment a un lien fort avec les indices I2M2 et IPR+ et l'essentiel de leurs sous-métriques. Ce lien est principalement conditionné par les situations où la pente de ligne d'eau est plus faible que celle notée en situation de référence et qui s'accompagne d'une dégradation des indicateurs I2M2 et IPR+. A l'inverse, mais dans une bien moindre mesure, les écarts dans le sens d'une pente plus forte que celle attendue en situation de référence, sont associés à des scores plus importants des bioindicateurs et de leurs métriques (les tendances sont d'ailleurs souvent limitées d'un point de vue statistique).

Aux côtés de l'influence de la pente de la ligne, plusieurs métriques hydromorphologiques (largeur mouillée, profondeur max et surface mouillée à plein bord), révélatrices de la taille du lit du cours d'eau, montrent des liens significatifs avec les bioindicateurs invertébrés et poissons qui suggèrent des lits de cours d'eau surdimensionnés par rapport à la situation « normale » s'accompagnent d'une dégradation de l'état des communautés d'invertébrés et de poissons. Ces lits de cours d'eau « surdimensionnés » sont notamment susceptibles d'être rencontrés dans les situations d'aménagement comme le recalibrage par exemple. On note en effet que deux de ces métriques (profondeur max. à plein bord et surface mouillée à plein bord) présentent des valeurs plus élevées dans le cas de stations considérées comme altérées du

point de vue de l'hydromorphologie en comparaison avec les stations de références peu ou pas altérées (voir *Figure 5*).

L'I2M2 est lié également à deux autres métriques hydromorphologiques : le ratio L/P à plein bord et la profondeur des mouilles. On constate ainsi une dégradation des score d'I2M2 (et de certaines de ses métriques) quand le ratio largeur profondeur ou que la profondeur des mouilles diminuent par rapport aux valeurs de référence. Ces tendances marquent une évolution du cours d'eau dans le sens d'un plu grand encaissement de son lit et d'une diminution de la diversité des faciès d'écoulement (atténuation de l'alternance radier : mouille), deux conséquences fréquemment associées à certains types de travaux d'aménagement des cours d'eau comme le recalibrage ou la rectification. Ces conséquences morphologiques semblent particulièrement pénalisantes pour les communautés d'invertébrés alors qu'elles ne semblent pas affecter les communautés de poissons de manière importante. La baisse significative des scores d'I2M2 quand la profondeur des mouilles augmente par rapport aux valeurs de référence reste en revanche une tendance contre-intuitive, pour laquelle nous n'avons pas d'explication claire à fournir à ce stade.

Globalement on constate que les réponses aux variations des métriques hydromorphologiques sont plus nombreuses et plus marquées dans le cas du bioindicateur invertébrés que du bioindicateur poissons. Cela transparait notamment au niveau de la *Figure 17* qui illustre les variations des deux bioindicateurs finaux (I2M2 et IPR+) en fonction des métriques hydromorphologiques. Cette situation peut avoir différentes origines. En premier lieu cette différence de sensibilité des deux bioindicateurs peut refléter plus globalement une différence dans l'échelle spatiale de perception des habitats entre les deux groupes d'organismes. Plusieurs travaux suggèrent en effet que communautés de poissons semblent d'avantage modelées par des facteurs environnementaux agissant à large échelle spatiale, parfois sur plusieurs kilomètres, alors que les communautés d'invertébrés dépendraient d'abord de facteurs locaux (Hughes et al. 2009, Lausecker et al. 2012, Radinger et al. 2015). Dans ce contexte, sachant que les conditions physiques décrites par CARHYCE relèvent d'une échelle spatiale réduite (quelques dizaines ou centaines de mètres tout au plus) il apparait donc assez logique que les liens constatés soient plus forts pour les communautés d'invertébrés que pour celles de poissons. En revanche ce lien plus fort pour les communautés d'invertébrés va plutôt à l'encontre du point évoqué dans la partie consacrée au jeux de données selon lequel la proximité avec les sites de description CARHYCE serait plus forte avec les sites de prélèvement poissons qu'avec ceux de prélèvement invertébrés.

Nous pensons néanmoins que la différence de sensibilité des deux bioindicateurs résulte essentiellement d'une différence de conception entre les deux outils et plus particulièrement de la manière de calculer un écart entre la communauté évaluée et la communauté de référence.

Dans sa conception, l'I2M2 repose sur la prise en considération de 5 métriques pour laquelle on évalue un écart entre la situation observée et une situation de référence. Chaque métrique est transformée sous forme d'un EQR (EcologicalQuality Ratio) à partir de la formule suivante :

$$EQR = \frac{(Valeur\ observée - Pire\ valeur)}{(Valeur\ de\ référence - Pire\ valeur)}$$

, qui fait intervenir deux paramètres caractéristiques : la valeur de référence établie par type de cours d'eau correspondant à la valeur optimum obtenue sur des sites non altérés par les activités humaines et la pire valeur correspondant à la valeur la plus mauvaise de la métrique brute obtenue au plan national sur un vaste jeu de données intégrant des sites fortement dégradés (*Tableau 4*). Les valeurs d'EQR obtenues sont ensuite contraintes, le cas échéant, pour s'intégrer dans l'intervalle [0-1] (cas où la valeur brute de la métrique dépasse la valeur de référence ou la pire valeur nationale). La transformation subie par les métriques présuppose que leurs réponses aux altérations s'établissent dans une direction unique. Ainsi pour certaines métriques c'est l'augmentation de leur valeur brute qui signe une altération alors que pour les autres, c'est au contraire la diminution qui signe l'altération (*Tableau 4*). A titre d'exemple lorsque la valeur de la richesse taxonomique diminue par rapport à sa valeur de référence, l'EQR correspondant diminue en conséquence (en revanche, quand cette valeur dépasse la valeur de référence, l'EQR atteint sa valeur maximum de 1 quel que soit l'ampleur de cet écart). Ainsi les variations des EQR (et de l'I2M2 global qui en découle) peuvent être sans ambiguïté associées à des variations positives ou négatives de la métrique brute correspondante et dans ces conditions les réponses des métriques transformées en EQR face à des gradients environnementaux ou de pression s'établissent de manière facilitée et non équivoque (le fait de contraindre ses variations dans l'intervalle [0-1], en réduisant les variations de la métrique brute initiale, est toutefois susceptible d'atténuer le caractère significatif des éventuels liens avec l'environnement).

Métrique I2M2	Références par typologie simplifiée	Pire valeur nationale	Effet de l'altération
ShannonB1B2	[3,08 - 4,6675]	1,53	↘
ASPTB2B3	[5,3175 - 7,571]	4,38	↘
PolyvoltinismeB1B2B3	[0,1445 - 0,3525]	0,47	↗
OvoviviparitéB1B2B3	[0,01 - 0,23]	0,3	↗
RichesseB1B2B3	[25 - 77,8]	22	↘

Tableau 4 Valeurs utilisées pour la transformation des métriques brutes en EQR dans l'indice I2M2. Pour chacune des 5 métriques, la valeur mesurée sur une station est confrontée à la valeur des sites de référence de l'HER d'appartenance et à la plus mauvaise situation nationale. Ces valeurs donnent une orientation sur l'effet d'une altération, pour chaque métrique.

L'IPR+ est lui aussi basé sur la prise en considération de métriques (10 à 11 selon les cas) pour lesquelles on évalue un écart entre la situation observée et une situation de référence. Cependant, la transformation des métriques en EQR s'établit de manière très différente de celle adoptée pour l'I2M2. Pour chaque métrique, les valeurs de référence sont déterminées à partir de modèles prédictifs en fonction des caractéristiques environnementales de chaque site évalué. La métrique brute est transformée en mesurant l'écart entre valeur observée et valeur de référence à partir du calcul de la **valeur absolue** du résidu standardisé selon la formule:

$$\left| \frac{[\ln(\text{ValObs} + 1) - \ln(\text{ValPred} + 1)] - \text{moyEcart}_{cal}}{sdEcart_{cal}} \right|$$

moyEcart_{cal} correspondant à la moyenne des écarts au modèles de référence pour un jeu de données de calibration de sites non altérés et $sdEcart_{cal}$ correspond à l'écart type des écarts au modèle pour ce même jeu de données. La valeur d'EQR finale est ensuite ajustée sur l'intervalle [0-1]. Sans entrer dans les détails de calcul des métriques, explicités dans le rapport de présentation de l'IPR+ (Pont et al. 2013), ce qu'il faut retenir ici c'est que le mode de calcul des métriques repose sur la **valeur absolue** entre une situation prédite en absence d'altération et la situation observée. En d'autre terme, et quelle que soit la métrique considérée, l'écart à la valeur de référence est considéré comme un signe d'altération que cet écart soit positif ou qu'il soit négatif. Ainsi, à titre d'exemple, pour la métrique abondance des individus oxyphiles, une faible valeur d'EQR peut correspondre à un déficit en individus oxyphiles par rapport à la valeur de référence mais tout autant à un excès d'individus oxyphiles. Dans ces conditions, on comprend aisément que le mode de calcul des EQR (et de l'IPR+ qui en résulte) ne facilite pas la mise en évidence de réponses claires et univoques vis-à-vis de gradients environnementaux ou de pressions pré identifiés et que ces réponses apparaîtraient sans doute plus distinctement en examinant les métriques brutes. Nous pensons ainsi que la relative faiblesse des liens statistiques entre l'IPR+ (ou ses métriques) et les métriques hydromorphologiques provient essentiellement du mode de calcul des métriques poissons.

Le fait que nos analyses portent sur un volume très important de données favorise grandement la possibilité à mettre en évidence des liens statistiques significatifs entre les métriques biologiques et les métriques hydromorphologiques. L'examen des graphiques présentant les relations entre les bioindicateurs et métriques hydromorphologiques révèlent néanmoins que des liens statistiques significatifs peuvent s'établir y compris pour des courbes de réponse finalement peu marquées et que dans tous les cas il existe une forte dispersion des points autour de ces courbes. Ceci traduit à l'évidence une forte variabilité locale et on pourrait être tenté d'interpréter cette situation comme le révélateur d'un relativement faible pouvoir de contrôle du compartiment hydromorphologique sur les compartiments biologiques. Une telle conclusion mérite cependant être atténuée au regard du fait que les communautés biologiques sont sous la dépendance de nombreux facteurs qui ne sont pas explicitement pris en compte dans nos analyses (facteurs temporels, facteurs environnementaux non considérés ici y compris ceux relevant d'échelles spatiale plus grandes que l'échelle du site) et qui sont donc susceptibles d'atténuer voire de brouiller totalement les liens entre variables biologiques et morphologiques.

4.2. Analyses portant sur les autres variables hydromorphologiques

Ces analyses ont pour but d'aborder les relations entre les variables hydromorphologiques issues de CARHYCE (en dehors des métriques développées pour l'indice d'altération physique et abordées précédemment) et la structure taxonomique et fonctionnelle des communautés biologiques. Par rapport aux analyses précédentes centrées sur les indicateurs et métriques déjà

développés et qui concernent essentiellement la géométrie du lit du cours d'eau, ces données apportent des éléments complémentaires du compartiment morphologique et de ses effets sur les communautés biologiques. Ces analyses permettront d'alimenter les discussions concernant la valorisation des données CARHYCE, notamment dans la cadre de la mise à disposition de données synthétiques et informatives dans l'outil IED développé par le LGP (site web : www.lgp.cnrs.fr/carhyce). Ces analyses ont généré un nombre considérable de tests statistiques (notamment pour ce qui concerne les réponses de chaque taxon invertébré ou poisson aux différentes variables morphologiques et d'habitat examinées) qu'il n'est pas possible d'aborder en détail dans le cœur du présent rapport. Les résultats de la totalité de ces tests (réponse des taxons et des groupes fonctionnels) sont présentés dans les annexes de ce rapport. Nous engageons le lecteur à s'y reporter.

4.2.1. Communautés d'invertébrés

4.2.1.1. Substrat minéral

On note une relation assez forte entre la composition du substrat minéral de la station et la structure taxonomique des invertébrés. Seule une faible proportion (~20%) des taxons échantillonnés ne sont indicateurs d'aucune classe granulométrique (Tableau 5). Hormis quelques exceptions (e.g. diptères Anthomyidae et Psychodidae), ces taxons non-indicateurs sont les taxons échantillonnés très rarement et pour lesquels les liens avec l'environnement sont par conséquent difficiles à mettre en évidence.

	% Vase	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier Fin	% Gravier Grossier	% Caillou Fin	% Caillou Grossier	% Pierre Fine	% Pierre Grossière	% Rocher	% Bloc	% Dalle	Totalité des classes
N taxon affinité +	53	29	20	41	37	43	44	61	71	69	55	37	36	
N taxon affinité -	57	67	50	46	12	11	17	17	28	41	49	26	25	
N taxons indicateurs	110	96	70	87	49	54	61	78	99	110	104	63	61	215
% taxon affinité +	19.00%	10.39%	7.17%	14.70%	13.26%	15.41%	15.77%	21.86%	25.45%	24.73%	19.71%	13.26%	12.90%	
% taxon affinité -	20.43%	24.01%	17.92%	16.49%	4.30%	3.94%	6.09%	6.09%	10.04%	14.70%	17.56%	9.32%	8.96%	
% taxons indicateurs	39.43%	34.41%	25.09%	31.18%	17.56%	19.35%	21.86%	27.96%	35.48%	39.43%	37.28%	22.58%	21.86%	77.06%

Tableau 5: Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différentes classes granulométriques du substrat minéral (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

On remarque que les classes granulométriques tendent à se séparer en 3 groupes (i.e. « fin », « intermédiaire » et « grossier ») dans lesquels les gradients des différentes classes granulométriques englobées sont associées globalement aux mêmes taxons indicateurs (exemple avec les plécoptères dans le Tableau 6 ci-dessous).

			fin				intermédiaire				grossier				
Famille	Taxon Norme	Code Norme	V	A	L	S	GF	GG	CF	CG	PF	PG	B	R	D
Nemouridae	Nemouridae	X20	→	↓	→	→	→	→	→	→	→	→	↑	↑	→
	Amphinemura	X21	→	↓	↓	↓	↓	→	→	→	↑	↑	↑	↑	→
	Nemoura	X26	↓	↓	↓	↑	→	→	→	→	↑	↑	↑	↑	↓
	Protonemura	X46	↓	↓	↓	↓	→	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	→
Leuctridae	Leuctridae	X66	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	→	→	→	→	↑
	Euleuctra	X67	↓	↓	↓	↓	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑	→	↑
	Leuctra	X69	↓	↓	↓	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Perlodidae	Perlodidae	X127	↓	↓	↓	→	→	→	→	↑	↑	↑	↑	↑	→
	Besdolus	X130	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	Isoperla	X140	↓	↓	↓	↓	→	↓	→	↑	↑	↑	↑	↑	→
	Perlodes	X150	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	↑	↑	↑	↑	→
Perlidae	Perlidae	X155	↓	↓	↓	↓	→	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	→
	Dinocras	X156	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	→
	Perla	X164	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Chloroperlidae	Chloroperlidae	X169	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	↑	↑	↑	→	→
	Chloroperla	X170	→	→	→	→	→	→	→	→	→	↑	→	→	→
	Siphonoperla	X174	↓	↓	↓	→	→	→	→	→	↑	↑	↑	↑	→

Tableau 6: Taxons plécoptères indicateurs du substrat minéral. Le tableau indique le caractère indicateur de différents taxons issus de cinq familles de plécoptères pour chacune des classes granulométriques renseignées dans CARHYCE. Les flèches jaunes indiquent que le taxon n'est pas un indicateur fiable pour la classe granulométrique considérée. Une flèche verte ascendante signifie que le taxon est plus abondant (indicateur positif) quand la proportion de la classe granulométrique considérée dans l'assemblage sédimentaire est élevée. Une flèche rouge descendante signifie que le taxon est plus abondant (indicateur négatif) quand la proportion de la classe granulométrique considérée est faible.

Le groupe des classes granulométriques fines (V-A-L, et aussi –S dans une certaine mesure) et le groupe des classes granulométriques grossières (PF-PG-B-R-D) sont associées aux plus grands nombre de taxons indicateurs. Il est probable que les classes intermédiaires, qui représentent une portion importante de l'assemblage granulométrique sur la majorité des stations, soient finalement relativement peu déterminantes pour l'ensemble des taxons.

On observe que de manière très globale les EPT (éphéméroptères + plécoptères + trichoptères) sont plutôt associés à une granulométrie grossière tandis que les sédiments fins abritent des concentrations plus importantes de mollusques et d'organismes vermiformes (e.g. annélides, plathelminthes), Cette relation est une relation classiquement reportée dans la bibliographie. Cependant, on constate que les plécoptères et dans une moindre mesure les éphéméroptères ont une réponse plus claire de ce point de vue que celle les trichoptères. Si les trichoptères sont les plus représentés parmi les taxons indicateurs « négatifs » de la proportion en sédiments fins, cela est d'abord dû au plus grand nombre de taxons de trichoptères défini dans les listes taxonomiques comparé aux deux autres groupes. En revanche, la majorité des taxons de trichoptères ne sont pas indicateurs de granulométrie grossière contrairement aux éphéméroptères et aux plécoptères. Par ailleurs une part minoritaire, mais significative, de taxons de trichoptères semble même présenter une affinité pour les sédiments fins (e.g. Cynrus ou Goera) ce qu'on ne retrouve pratiquement pas chez les éphéméroptères et *a fortiori* chez les plécoptères. Si les trichoptères sont les plus représentés, leur réponse vis-à-vis des sédiments est donc moins univoque que ne l'est celle des plécoptères dont la grande majorité des taxons s'avère être des indicateurs négatifs de la proportion de sédiments fins (la plupart étant par ailleurs indicateurs de manière consistante à la fois pour la vase, l'argile et le limon indépendamment).

Beaucoup de taxons indicateurs négatifs de la proportion de sédiment fin sont également indicateurs positifs de la proportion en sédiments grossiers. Cette double indication est sans aucun doute, pour partie, le résultat de l'utilisation de proportions (qui implique donc une interdépendance entre classes granulométriques) pour caractériser l'assemblage granulométrique, mais elle vient malgré tout conforter le caractère indicateur de certains d'entre eux et notamment des plécoptères vis-à-vis des conditions granulométriques. L'augmentation de la proportion de sédiments fins dans une station est associée à la réduction de l'abondance de taxons comme les plécoptères, mais d'autres taxons

deviennent au contraire plus abondants. Les taxons qui sont associés à la fois à une forte proportion de sédiments fins et à une faible proportion de sédiments grossiers sont principalement les mollusques, avec un fort caractère indicateur des bivalves, ainsi que les hirudinés et les amphipodes (en particulier les gammars dont les 3 taxons listés, Gammaridae, Echinogammarus, Gammarus, sont fortement indicateurs).

Cette relation forte entre la composition du substrat minéral et la composition taxonomique des communautés d'invertébrés benthiques se retrouve également au niveau des groupes bio/écologiques. L'évolution de la proportion de chaque classe granulométrique dans l'assemblage sédimentaire est associée à une évolution de la représentation des modalités des différents traits éco/biologiques dans la communauté. Logiquement, des associations particulièrement marquées se retrouvent sur les traits liés aux préférendums des taxons vis-à-vis des substrats minéraux et organiques. A titre d'exemple, une augmentation de la proportion de vase dans l'assemblage granulométrique est logiquement associée à une augmentation des modalités « silt », et « mud », mais aussi « macrophytes », « microphytes » et « organic detritus » au niveau de la communauté d'invertébrés, au détriment des modalités « flags/boulders/cobbles/pebbles », « gravel » et « twigs/roots » (voir *Tableau 7* :). Ceci confirme la cohérence et la pertinence des préférendums vis-à-vis de la granulométrie définie a priori sur des bases bibliographiques et/ou d'expertise et la réalité de la répartition des taxons vis-à-vis des sédiments réellement présents sur les stations.

Trait	Modalité	V	A	L	S	GF	GG	CF	CG	PF	PG	B	R
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↓	↓	↓	↓	↓	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	gravel	↓	→	→	→	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓
	sand	→	↑	↑	↑	↑	↑	→	→	↓	↓	↓	↓
	silt	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	mud	↑	↑	↑	↑	↑	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓
organic detritus / litter	organic detritus / litter	↑	↑	↑	→	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	macrophytes	↑	↑	↑	→	→	→	→	→	↓	↓	↓	↓
	microphytes	↑	↑	↑	↑	→	→	→	→	↓	↓	↓	↓
	twigs/roots	↓	↓	↓	→	→	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tableau 7 : Structure fonctionnelle et substrat minéral, cas du trait écologique « Substrate ». La modalité « Vase-V » est mise en évidence car présentée comme exemple dans le texte

Si les liens entre composition granulométrique du lit et structure fonctionnelle des communautés se manifestent de manière particulièrement éloquent (et d'une certaine façon triviale) dans le cas des préférendums vis-à-vis du substrat, ils s'observent de manière significative et systématique pour tous les traits éco/biologiques (mais pas forcément pour toutes les modalités) examinés même pour ceux qui ne présentent pas a priori de rapport immédiat avec le substrat (par exemple la capacité de dispersion ou le mode de respiration).

Chaque classe granulométrique est analysée indépendamment et a des effets spécifiques sur la représentation des traits fonctionnels mais les classes granulométriques les plus fines sont associées à des relations comparables sur cette structure fonctionnelle, comme observé déjà avec la structure taxonomique. Ainsi, une augmentation de la proportion de vase, d'argile, de limon ou de sable dans l'assemblage granulométrique est associée aux mêmes effets en termes de traits fonctionnels comme par exemple une diminution de la proportion de la modalité « flags/boulders/cobbles/pebbles » du trait « substrate » (*Tableau 7* :).

A partir de l'ensemble des traits et de leurs modalités, on remarque une structuration plus marquée pour les classes granulométriques les plus fines (V, A, L, S) et les plus grossières (PF, PG, B, R, D), en accord avec ce qui a déjà été observé pour la structure taxonomique. A partir de l'ensemble des traits, on peut remarquer un changement assez profond de la structure fonctionnelle des communautés d'invertébrés en réponse à une modification des caractéristiques granulométriques, ce changement étant dû à des disparitions de taxons compensées par des arrivées de nouveaux taxons aux caractéristiques différentes. La structuration de la communauté le long des classes granulométriques croissantes est forte et correspond à ce que l'on retrouve dans la bibliographie.

Trait biologique	Classes fines: V, A, L, S	Classes grossière: CG, PF, PG, B, R
"Size"	>0,5 - 1 cm + > 1 - 2 cm	> 2-4cm + > 4cm
"Life cycle"	> 1 year	< 1 year
"Voltinism"	> 1	1 et < 1
"Stages"	adult	egg/larva/nymph
"Reproduction"	ovoviviparity + (asexual reproduction)	isolated eggs (free ou cemented) + clutches cemented or fixed
"Dispersal"	aquatic passive	aerial active (+passive)
"Resistance"	cocoons/ housings + diapause / dormancy	eggs/statoblasts ou "non"
"Respiration"	gill	tegument
"Locomotion"	burrower (+swimmer + interstitial)	crawler (+attached)
"Food"	living microinvertebrates (+dead animals)	living microphytes (+ living macrophytes)
"Feeding habits"	filter feeder + piercer (+parasite)	scraper

Trait écologique	Classes fines: V, A, L, S	Classes grossière: CG, PF, PG, B, R
"Transversal"	banks, side-arms, ponds, pools, marshes, peat dogs, temporary water, lakes	river channel
"Longitudinal"	epipotamon + metapotamon + estuary + outside river system	crenon, epirithron, metarithron, hyporithron
"Altitude"	lowlands	piedmont level, alpine level
"Substrate"	sand + silt + macrophytes + microphytes + organic detritus/litter + mud	flags/boulders/cobbles/pebbles + gravel
"Current"	null + slow (<25 cm/s)	medium (25 - <50 cm/s) + fast (>50 cm/s)
"Trophic status"	mesotrophic + eutrophic	oligotrophic
"Salinity"	brackfich water	freshwater
"Temperature"	warm (>15°C) + eurythermic	cool (<15°C)
"Saprobity"	b-mesosaprobic + a-mesosaprobic + polysaprobic	xenosaprobic + oligosaprobic

Tableau 8 : traits bioécologiques et substrat minéral. Synthèse des modalités. Synthèse des modalités des traits biologiques et écologiques associées aux classes granulométriques les plus fines et les plus grossières.

On observe par exemple dans les stations avec des sédiments grossiers, une communauté qui a une affinité pour les sédiments de ce calibre. En augmentant la proportion des classes granulométriques grossières dans la station, on augmente également la proportion de la modalité « river channel » du trait « transversal » ou encore les modalités « fast » et « medium » du trait concernant la vitesse du courant (Tableau 8).

4.2.1.2. Substrats additionnels

L'association entre la structure taxonomique des communautés d'invertébrés et l'abondance des substrats additionnels biogènes (e.g. Chevelu racinaire, Végétation surplombante, Débris ligneux ...) sur la station est moins marquée que l'association avec le substrat minéral, ce qui se manifeste par un nombre de taxons indicateurs sensiblement moins important (Tableau 9). Ces substrats additionnels sont une indication supplémentaire très directe de la qualité du lit du cours d'eau, en termes notamment de ressources trophiques et d'habitat pour les invertébrés benthiques. Cette association moins forte s'explique sans doute pour partie par un fait simple : des modalités de granulométrie minérale sont forcément représentées sur toutes les stations, alors que les substrats additionnels ne sont pas représentés, loin de là, sur toutes les stations. Si dans le protocole, chaque station dispose d'environ 100 points de mesure reliés nécessairement à une classe granulométrique, de nombreuses stations n'abritent aucun substrat biogène (=substrat additionnel), et pour les stations qui en abritent, cela concerne très souvent une part extrêmement faible des points de mesure. Cela limite par conséquent notre capacité à mettre en évidence des liens statistiquement significatifs avec la structure des communautés biologiques. Il faut également garder en mémoire la variabilité spatiale et temporelle importante de ce type d'informations. La présence de pools détritiques est par exemple susceptible de varier substantiellement à l'échelle de quelques dizaines de mètres. L'écart spatial potentiellement important entre le site de description de l'hydromorphologie et le site de prélèvement biologique et en particulier invertébrés d'une même station DCE constitue dans ce contexte une limite majeure pour détecter des relations claires entre les substrats additionnels et les invertébrés. L'utilisation d'un filtre spatial pourrait permettre de limiter les biais inhérent à ce décalage mais impliquerait nécessairement une fonte du volume du jeu de donnée traité préjudiciable dans l'absolu à la détection de liens significatifs.

	% Chevelu Racinaire	% Débris Ligneux	% Pool Détritique	% Végétation Aquatique	% Végétation Surplombante	% Concrétion Calcaire
N taxon affinité +	19	24	32	53	12	12
N taxon affinité -	33	39	42	33	1	20
N taxons indicateurs	52	63	74	86	13	32
% taxon affinité +	6.81%	8.60%	11.47%	19.00%	4.30%	4.30%
% taxon affinité -	11.83%	13.98%	15.05%	11.83%	0.36%	7.17%
% taxons indicateurs	18.64%	22.58%	26.52%	30.82%	4.66%	11.47%

Tableau 9 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents types de substrat additionnels (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

Malgré les limites qui viennent d'être évoquées, on note que la présence de substrats additionnels est associée à des variations au niveau de la structure des communautés d'invertébrés. La représentation de la végétation aquatique (VA) est la modalité qui est associée au plus grand nombre de taxons invertébrés indicateurs (86), puis suivent la couverture de la station en pool détritique (PD) (74 taxons), en débris ligneux (DL) (63 taxons) et enfin en chevelu racinaire (CR) (52 taxons). La présence de concrétions calcaires (CC) ou de végétation surplombante (VS) semblent en revanche jouer un rôle beaucoup plus mineur dans la mesure où elles sont associées à un nombre de taxons indicateurs beaucoup faible (32 et 13 taxons respectivement).

Cette situation s'explique sans doute en partie par le fait que la végétation aquatique est le type de substrat additionnel que l'on retrouve le plus fréquemment et avec une variabilité inter stationnelle plus importante. Ce gradient plus large et plus marqué facilite « mécaniquement » la détection de taxons indicateurs. Le fait que les chevelus racinaires et la végétation surplombante soient principalement associés aux bords du chenal et non pas à l'ensemble du lit (contrairement aux autres types de substrat) explique peut-être pourquoi, à l'inverse, ces deux substrats concernent un nombre relativement réduit de taxons indicateurs.

Dans l'ensemble, les 4 modalités de substrats additionnels végétation aquatique, débris ligneux, chevelu racinaire et pool détritique, (VA, DL, CR, PD) sont associées à des modifications assez comparables de composition taxonomique des communautés. Les plécoptères et les éphéméroptères (en particulier la famille des Heptageniidae) représentent la majorité des taxons négativement affectés par une forte couverture de ces substrats additionnels. Les bivalves (en particulier la famille des Spheridae), les crustacés amphipodes (famille des Gammaridae) et les annélides sont les principaux groupes associés aux stations où ces substrats additionnels sont bien représentés. Pour la végétation aquatique (VA), le nombre plus important de taxons indicateurs (comparativement aux autres modalités de substrat additionnel) est principalement le résultat des taxons indicateurs supplémentaires mais qui pour l'essentiel font partie des mêmes groupes que ceux mentionnés précédemment (plécoptères et éphéméroptères indicateurs d'une faible couverture en végétation aquatique ; amphipodes, bivalves et annélides indicateurs d'une couverture en végétation plus forte).

Le concrétionnement calcaire n'est pas à proprement parler un substrat additionnel mais plutôt la manifestation d'un processus physicochimique, souvent favorisé par certaines activités anthropiques, qui conduit à l'agglomération des substrats minéraux ou biologiques dans une gangue plus ou moins résistante. Son impact majoritairement négatif (prédominance des taxons défavorisés –affinité négative) mais parfois aussi positif (taxons favorisés) semble réparti de manière assez erratique au sein de la liste des taxons à l'exception des éphémères Heptageniidae dont la quasi-totalité est négativement affectée. On peut souligner enfin que si la végétation surplombante semble influencer très peu de taxons, son rôle pour les taxons concernés est pratiquement systématiquement positif (taxons favorisés par l'abondance de végétation surplombante).

Ces modifications de structure taxonomique s'accompagnent de modifications au niveau de la structure fonctionnelle des communautés d'invertébrés. Cependant, les traits fonctionnels pour lesquels on s'attend aux réponses les plus directes vis-à-vis des

substrats additionnels ne répondent pas toujours dans le sens attendu (*Tableau 10* :). A titre d'exemple, nous pouvons notamment émettre l'hypothèse qu'une couverture plus importante en débris ligneux (DL) et en pool détritiques (PD) devrait se traduire par des proportions plus importantes (1) des modalités « twigs / roots » et « organic detritus / litter » pour le trait écologique concernant le préférendum vis-à-vis du substrat et (2) des modalités « microorganisms, detritus (<1mm) » et « dead plants (>=1mm) » pour le trait biologique concernant les préférences alimentaires. Pourtant nous n'avons pas pu établir aussi clairement ce type d'associations au sein de nos données.

Trait écologique	Modalité	CR	DL	PD	VA	VS	CC
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↓	↓	↓	↓	→	↓
	gravel	↑	→	→	→	→	↑
	sand	↑	↑	↑	↓	→	↑
	silt	↑	↑	↑	↑	→	→
	macrophytes	↑	→	→	↑	→	→
	microphytes	↑	↑	↑	↑	→	→
	twigs/roots	↓	→	↓	↓	→	→
	organic detritus / litter	→	→	→	→	→	→
	mud	↑	↑	↑	↑	→	→
Trait biologique	Modalité	CR	DL	PD	VA	VS	CC
"Food"	microorganisms, detritus (<1mm)	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	dead plants (>= 1 mm)	→	→	→	→	→	→
	living microphytes	→	↓	↓	→	→	→
	living macrophytes	↓	→	→	↑	→	→
	dead animals (>= 1 mm)	→	→	↑	↑	→	↑
	living microinvertebrates	↑	↑	↑	↑	→	↓
	large animals	→	→	→	→	→	↑

Tableau 10 : Substrats additionnels et traits bioécologiques associés. Relations entre les différentes classes de substrats additionnels évaluées dans CARHYCE et la structure de la communauté pour les traits les plus directement liés à ces substrats («trait biologique « Food » et trait écologique « Substrate »).

Si les changements attendus ne sont pas toujours vérifiés, l'examen de la composition des communautés face à une augmentation de la couverture en substrats additionnels montre cependant qu'il y a une modification assez forte de la structure fonctionnelle des communautés. En réponse à une augmentation de la couverture en substrats additionnels, la communauté se modifie notamment avec une plus grande proportion d'organismes préférant les vitesses de courant réduites et les zones de cours d'eau associées à ces conditions (bord de chenal et zones plus ou moins déconnectées ; zones plutôt de faible altitude, en aval du réseau ; *Tableau 11* :)

Trait écologique	Modalité	CR	DL	PD	VA	VS	CC
"Transversal"	river channel	↓	↓	↓	↓	↑	→
	banks, connected side-arms	↑	↑	↑	→	↑	↑
	ponds, pools, disconnected side arms	↑	↑	↑	↑	↑	→
	marshes, peat dogs	→	→	↑	→	↑	→
	temporary waters	→	→	↑	↑	↑	→
lakes	↑	↑	↑	↑	↑	→	
"Longitudinal"	crenon	↓	↓	↓	↓	↑	→
	epirithron	↓	↓	↓	↓	↑	→
	metarithron	↓	↓	↓	↓	↑	→
	hyporithron	↓	↓	↓	↓	↑	→
	epipotamon	↑	↑	↑	→	↑	→
	metapotamon	↑	↑	↑	↑	↑	→
	estuary	↑	↑	↑	↑	↑	↑
outside river system	↑	↑	↑	↑	↑	→	
"Altitude"	lowlands	↓	↓	↓	↓	↑	→
	piedmont level	↓	↓	↓	↓	↑	→
	alpine level	↓	↓	↓	↓	↑	↓
"Current"	null	↑	↑	↑	↑	↑	→
	slow (< 25 cm/s)	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	medium (25 - < 50 cm/s)	↓	↓	↓	↓	↑	→
	fast (> 50 cm/s)	↓	↓	↓	↓	↑	→

Tableau 11 : Substrats additionnels et structuration de la communauté pour les traits écologiques

4.2.1.3. Type de berges

L'association entre le degré d'artificialisation des berges et la composition taxonomique des communautés d'invertébrés est encore moins marquée. Très peu de taxons sont indicateurs de la proportion de berges avec enrochements (45/279), matériaux artificiels (25/279), aménagements végétalisés (6/279) et matériaux naturels (33/279) (Tableau 12).

	% Enrochement	% Matériaux Artificiels	% Aménagement Végétalisé	% Matériaux Naturels
N taxon affinité +	16	9	2	24
N taxon affinité -	29	16	4	9
N taxons indicateurs	45	25	6	33
% taxon affinité +	5.73%	3.23%	0.72%	8.60%
% taxon affinité -	10.39%	5.73%	1.43%	3.23%
% taxons indicateurs	16.13%	8.96%	2.15%	11.83%

Tableau 12 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents types de matériaux de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

Même si la nature des matériaux des berges semble finalement peu déterminante vis-à-vis de la composition taxonomique des communautés, il est frappant de constater que les matériaux associés à des aménagements sont majoritairement associés à des effets négatifs sur les taxons concernés (près 65% des taxons indicateurs tendent à diminuer avec l'abondance des enrochements, des matériaux artificiels ou des aménagements végétalisés) alors qu'on observe le phénomène inverse (effets positifs sur les taxons) dans le cas des matériaux naturels (73 % des taxons indicateurs tendent à progresser avec l'augmentation de la part des matériaux naturels).

Parmi les taxons associés à une plus forte présence d'enrochements, on retrouve essentiellement les plécoptères et les éphéméroptères (ainsi que les trichoptères dans une moindre mesure). Les taxons indicateurs de faibles proportions en berge enrochée concernent quelques insectes odonates et coléoptères, des annélides, des gastéropodes et des bivalves. L'identité des taxons indicateurs du degré d'enrochement recouvre en partie l'identité des taxons indicateurs d'une granulométrie grossière. Cela peut s'expliquer par un certain degré de covariance entre la granulométrie et l'enrochement. L'enrochement est une solution technique d'aménagement qui vise principalement à stabiliser la berge face au pouvoir d'érosion important associé aux conditions de courants rapides. Le force de ces courants ne permet généralement le dépôt que des particules les plus lourdes et entraîne un transfert vers l'aval des particules les plus légères. Il est possible aussi que dans certaines situations, les enrochements fournissent un habitat de substitution pour certains taxons qui ne trouvent plus, dans le lit du cours d'eau lui-même, la granulométrie grossière nécessaire à leur établissement.

L'association entre la structure taxonomique des invertébrés et la présence **matériaux artificiels** sur les berges est très diffuse et fragile. Cela s'explique en grande partie par le nombre limité de stations concernées par ce type d'aménagement puisqu'environ 70% des stations ne présentent aucune berge présentant ce type de matériaux.

A partir de nos données, il n'est pas possible de trouver une association forte entre la structure taxonomique des invertébrés et la proportion d'**aménagements végétalisés** sur la station, puisque seulement 2% environ (6/279) des taxons sont considérés comme indicateurs. Là encore le faible nombre de stations concernées par ce type d'aménagement végétalisé (moins de 10% des stations) est probablement une des raisons majeures de cette situation.

La très grande majorité (~90%) des berges expertisées sont caractérisées par des **matériaux naturels** et la majorité des berges non naturelles correspondent à des enrochements. En conséquence, on constate un lien inverse très fort entre proportion de berges naturelles et proportions de berges enrochées. Dans ce contexte, il est assez logique qu'une grosse proportion des taxons indicateurs de la proportion de berges naturelles (67%) étaient également indicateurs de la proportion en enrochement.

4.2.1.4. Habitats caractéristiques de berge

L'information concernant les habitats caractéristiques est en partie redondante avec l'information portée par la table « substrat additionnel » de CARHYCE et évoquée précédemment. Les habitats caractéristiques concernent la présence de blocs rocheux (BR), chevelus racinaires (CR), débris ligneux (DL), sous-berges (SB) et végétation surplombante (VS). Trois modalités : CR, DL et VS sont déjà renseignées dans la table « substrat additionnel ». Si les habitats caractéristiques sont rattachés aux berges et non pas à l'ensemble du lit du cours d'eau, on peut malgré tout attendre une concordance vis-à-vis de la réponse des communautés biologiques.

	% Blocs Rocheux	% Chevelu Racinaire	% Débris Ligneux	% Sous-Berge	% Végétation Surplombante
N taxon affinité +	49	29	16	33	
N taxon affinité -	35	20	23	24	
N taxons indicateurs	84	49	39	57	
% taxon affinité +	17.56%	10.39%	5.73%	11.83%	
% taxon affinité -	12.54%	7.17%	8.24%	8.60%	
% taxons indicateurs	30.11%	17.56%	13.98%	20.43%	

Tableau 13 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents habitats de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

Parmi les habitats caractéristiques évalués, les **blocs rocheux** sont ceux qui sont associés au plus grand nombre de taxons indicateurs (Tableau 13). Environ 55% des taxons indicateurs sont associés à une proportion importante de berges avec blocs rocheux. Ces taxons sont principalement des plécoptères, des éphéméroptères et dans une moindre mesure des trichoptères (limité à quelques familles comme les Hydropsychidae et les Limnephilidae). Les taxons associés à une faible proportion de berges enrochées sont principalement les annélides, les mollusques mais aussi quelques insectes hémiptères.

Cette association entre la structure taxonomique et la proportion de blocs rocheux rappelle la relation observée avec les classes de substrat minéral les plus grossières (PF, PG, R, B et D). Les taxons préférant les substrats grossiers sont présents principalement dans des zones à courant élevé et dans lesquelles on est également le plus susceptible de trouver des blocs rocheux près des berges. Cette relation entre la structure taxonomique et la présence de blocs rocheux se répercutent sur la structure fonctionnelle de la communauté, de manière comparable à ce que l'on avait constaté pour le substrat minéral et les classes granulométriques les plus grossières: une augmentation de la proportion de berges avec blocs rocheux est associée à une augmentation, entre autres, de la proportion des modalités de traits écologiques qui caractérisent les zones amont, d'altitude, avec une vitesse de courant plus élevée.

La proportion de berges avec des **chevelus racinaires**, des **débris ligneux** et de la **végétation surplombante** est associée à un nombre sensiblement plus réduit de taxons indicateurs (Tableau 13). Les relations entre les taxons indicateurs et les gradients pour ces 3 modalités sont complexes et il est difficile d'en tirer des enseignements généraux. Les taxons indicateurs sont distribués de manière assez sporadique au sein de la liste faunistique globale. Par ailleurs, au sein d'un même groupe (famille pour les insectes, classe pour les autres) on rencontre régulièrement la situation où plusieurs taxons sont indicateurs mais avec des réponses qui ne sont pas homogènes (réponse dans des sens inversés). On peut noter cependant que l'importance de ces habitats en berge ne signifient pas nécessairement plus d'attractivité pour la faune invertébrés en général puisque les taxons indicateurs réagissant positivement et ceux réagissant négativement sont répartis de manière sensiblement égale. On retiendra également que parmi les taxons indicateurs de la proportion de berges avec chevelu racinaire, environ la moitié sont indicateurs des conditions pour les blocs rocheux et la très grande majorité de ceux-ci (90%) présente une réponse opposée (abondance qui diminue quand BR augmente, abondance qui augmente quand CR augmente). Cette observation est confortée par la réponse de la structure fonctionnelle de la communauté face à une augmentation de l'importance des chevelus racinaires quasi symétriquement opposée à celle constatée pour les blocs rocheux. La réponse de la communauté est encore plus complexe et ténue pour ce qui concerne les

débris ligneux. Peu de taxons sont indicateurs, et ces taxons sont répartis entre les différentes familles sans que l'on voit apparaître une structure claire. Enfin l'impact sur la structure fonctionnelle est modéré. Quelques taxons et quelques modalités de traits laissent cependant entrevoir une réponse assez comparable avec ce que l'on observe pour les chevelus racinaires. Cette tendance semble cohérente avec les résultats obtenus pour les substrats additionnels, qui montraient déjà une association comparable de la structure de la communauté avec les chevelus racinaires et avec les débris ligneux quand ceux-ci étaient évalués à l'échelle de l'ensemble du lit du cours d'eau. Le gradient de végétation surplombante n'est pas associé à une structuration claire de la communauté.

La proportion de **sous-berges** est une information spécifique qu'on ne retrouve pas par ailleurs dans CARHYCE. Tout comme les débris ligneux, la présence de sous-berges n'est pas très fortement associée à une structuration de la communauté d'invertébrés (57 taxons indicateurs). Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons : le peu de stations concernées par la présence de sous berges (ce qui limite d'autant la possibilité de mettre en évidence des liens statistiquement significatifs) et l'impact possiblement modéré d'une sous-berge en tant qu'habitat, à l'échelle de l'ensemble d'une station et pour des organismes de la taille des invertébrés (rappelons que ces habitats ne font pas l'objet de prélèvements spécifiques dans le protocole I2M2)..

4.2.1.5. Cas particulier du colmatage

Les macroinvertébrés sont communément considérés comme ayant une relation au substrat très forte et très directe. L'impact du colmatage interstitiel est généralement plus important sur l'hyphorheos, mais un certain nombre d'études scientifiques se sont aussi intéressées à l'impact du colmatage du fond des cours d'eau sur la structure des communautés benthiques. Parmi les relations reportées dans la bibliographie, on note que certains taxons comme les oligochètes sont plus particulièrement reconnus pour leur affinité pour les zones colmatées alors que d'autres taxons notamment parmi les EPT (e.g. les Baetidae) sont au contraire peu présents dans ces zones. Nos résultats vont dans ce sens puisqu'on remarque une augmentation de la proportion d'oligochètes et une diminution de la proportion d'EPT dans la communauté lorsque le niveau de colmatage de la station augmente (appréhendé via le protocole des bâtonnets) (*Figure 18*).

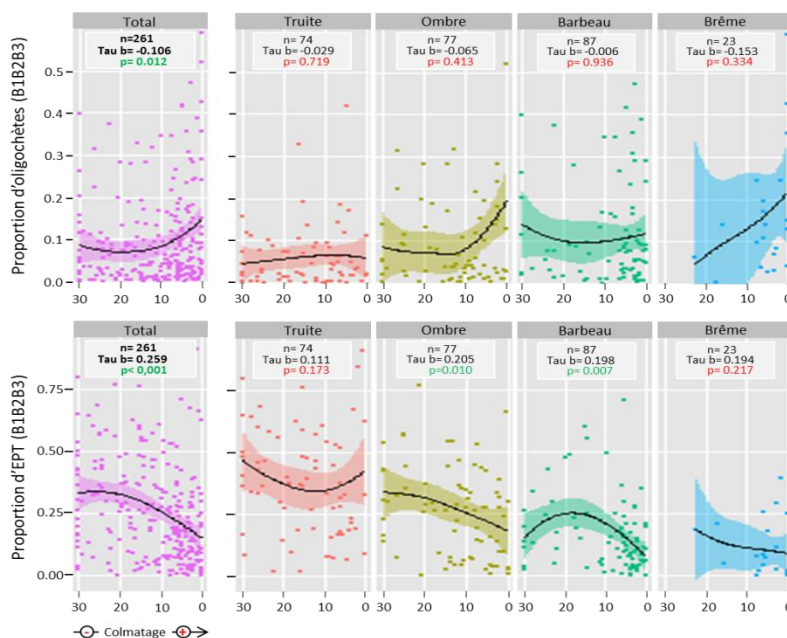


Figure 18 : Variations des proportions d'oligochètes et d'EPT en fonction de l'importance du colmatage.

Ces relations sont assez marquées lorsque l'on considère l'ensemble des stations (361 pour cette analyse spécifique dans la mesure où le protocole de mesure du colmatage n'a pas pu être mis en œuvre de manière correcte sur l'ensemble des sites – voir partie consacrée aux méthodes). En revanche elles n'apparaissent plus systématiquement

significatives quand elles sont examinées au sein de chaque zone piscicole de Huet. Cette situation peut s'expliquer, au moins en partie, par la scission du jeu de données global, en jeux de données de taille beaucoup plus réduite ce qui affecte en conséquence la puissance des tests statistiques. Mais elle peut aussi suggérer que la relation colmatage des fonds / composition taxonomique des communautés traduit plus généralement l'organisation longitudinale à large échelle des écosystèmes aquatiques qui s'exprime à la fois sur les composantes physiques et biologiques.

Les changements taxonomiques observés en lien avec le colmatage sont associés à des changements fonctionnels de la communauté qui sont globalement cohérents avec les données de la bibliographie (Figure 19, Figure 20). Une augmentation du niveau de colmatage est associée à une communauté ayant des caractéristiques de plus en plus typique de communautés vivant dans des zones de dépôts comme les mouilles et les bras déconnectés. Au fur et à mesure que le colmatage s'accroît, l'assemblage contient de moins en moins d'individus préférentiellement associés aux milieux de type « chenal ». On retrouve cette cohérence pour la majeure partie des traits écologiques et notamment pour le trait « vitesse du courant » (décrit par 4 modalités : « null », «slow», «medium» et «fast» dans l'ordre de vitesse de courant croissant), pour lequel nous observons qu'une augmentation du colmatage est associée à une augmentation de la proportion de la modalité « null » et à une diminution de la proportion de la modalité « fast » au sein de la communauté. En d'autres termes, comparativement à une station non colmatée, une station très fortement colmatée sera associée à une communauté constituée en plus grande proportion d'organismes ayant des affinités marquées pour des vitesses de courant plus lentes.

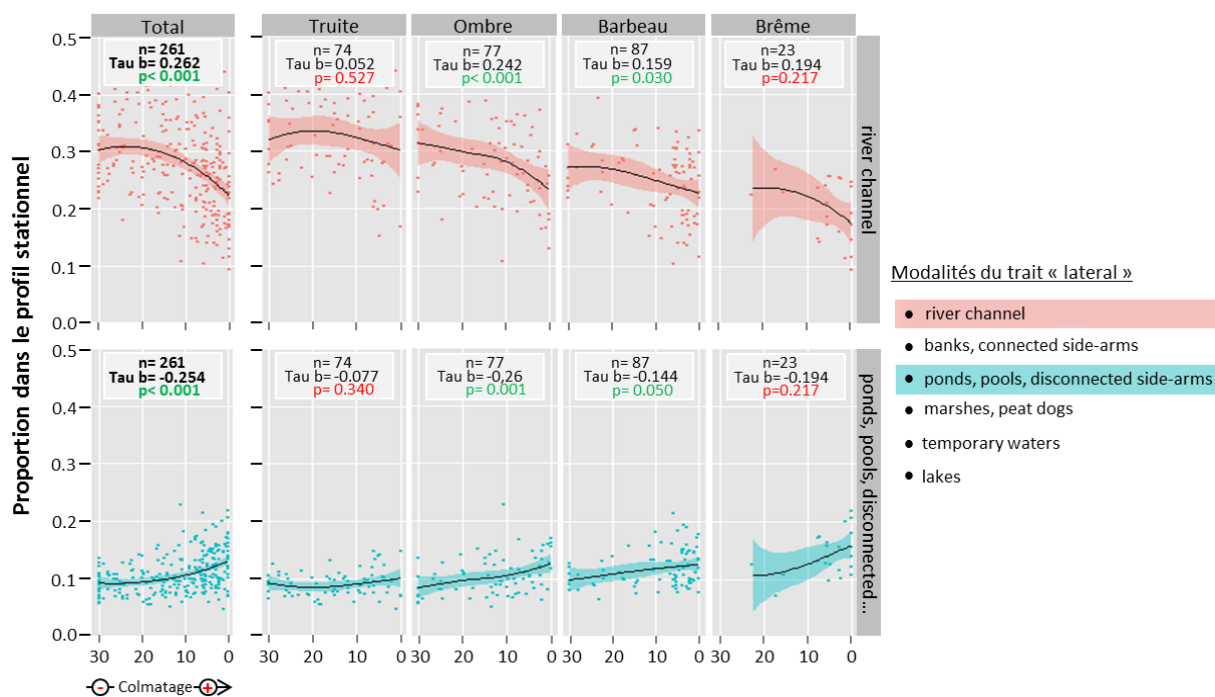


Figure 19 : Variations de la part des modalités du trait « lateral » (affinité par rapport aux types de milieux : centre du chenal vs milieux latéraux isolés du chenal principal) en fonction de l'importance du colmatage.

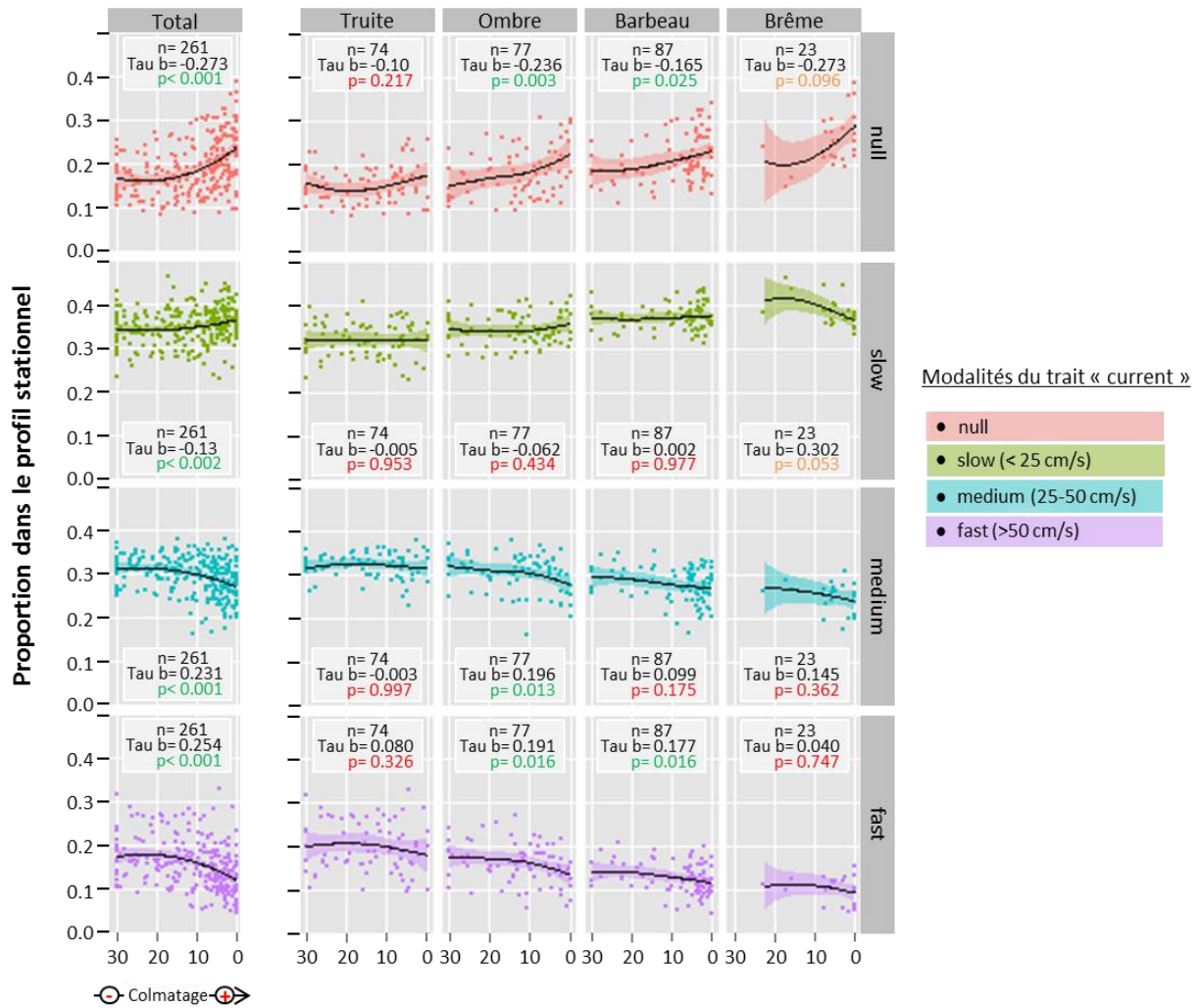


Figure 20 : Variations de la part des modalités du trait « current » (affinité par aux à la vitesse de courant : vitesse forte vs vitesse nulle) en fonction de l'importance du colmatage..

L'utilisation des traits biologiques nous permet d'observer des relations significatives. Nos aprioris sur la relation entre le degré de colmatage et les préférences trophiques sont confirmés avec (1) des organismes « filterers » et « deposit-feeders » plus présents dans les zones colmatées et (2) une diminution concomitante des groupes fonctionnels trophiques « scrapers » et « shredders ». Ces relations respectent une logique globale, puisque l'on retrouve par exemple des organismes filtreurs (« filterers ») et consommateurs de matière fine déposée à la surface des sédiments (« deposit-feeders ») dans des zones colmatées dont on peut supposer qu'elles correspondent à des zones de forte productivité locale synonyme de concentration importante de matières organiques en suspension et/ou déposées à la surface des sédiments dans les zones calmes.

Nous avons également un apriori sur l'effet du colmatage sur la taille des individus. Notre hypothèse était, que, de manière générale, des milieux colmatés sont caractérisés par des interstices de plus petite taille qui contraignent les déplacements verticaux des individus dans les sédiments et favorisent in fine les espèces de petite taille. Evidemment, la taille n'est pas le seul facteur en jeu (la forme des individus ainsi que leur capacité à s'enfouir peuvent également moduler l'aptitude à coloniser les sédiments), mais nous pensions que l'adéquation entre la taille maximum potentielle des individus et la taille des interstices pouvait constituer une relation forte. A partir de nos données, nous avons observé une relation inverse à nos prédictions, avec des espèces ayant une plus grande « taille maximum potentielle » dans les milieux les plus colmatés. Cette relation qui semble contre-intuitive a déjà été notée dans des travaux précédents étudiant la réponse des communautés face au colmatage (évalué dans ce cas avec la méthode de la conductivité) (voir thèse S. Descloux 2011, graphique page 193/312). Cette situation peut s'expliquer par plusieurs raisons. Tout d'abord le trait étudié est la taille maximale potentielle du taxon et non la taille réelle des organismes prélevés qui peut être très sensiblement plus faible. Par ailleurs, nous avons noté que nous trouvons, dans les zones colmatées, une plus grande proportion d'organisme comme les oligochètes dont le corps vermiforme leur permet de se

faufiler dans des interstices réduits et qui dans le même temps sont susceptibles d'atteindre une grande taille.).

D'autres traits présentent une relation forte avec le colmatage et notamment certains traits d'histoire de vie. Un milieu fortement colmaté est en effet associé à une stratégie de reproduction plutôt ovovivipare et un cycle de vie plus long (graphique non présentés ici). Si nous avons voulu pour l'instant étudier la relation entre le colmatage et la réponse des communautés pour certains traits spécifiques, il n'est resté pas moins que les traits ne sont pas complètement indépendants les uns des autres mais qu'il y a chez les macroinvertébrés benthiques des associations préférentielles entre certains traits (voir Usseglio-Polatera et al. 2010). D'après nos données, un milieu colmaté est associé à un certains nombres de modalités de traits (ovoviviparité, cycle de vie long, groupes trophiques) qui sont eux-mêmes plutôt associés à une taille maximum potentielle élevée. La relation contre-intuitive que nous avons pu observer, si elle s'explique par la présence de certains taxons potentiellement grands (e.g. oligochètes, bivalves fouisseurs), pourrait donc également être la conséquence indirecte de l'effet plus direct du colmatage sur d'autres traits pour lesquels la pression de sélection serait plus forte.

4.2.1.6. Conclusions pour les invertébrés.

Les analyses des variations entre les variables hydromorphologiques (analysées une à une) et l'abondance des taxons ou les métriques biologiques mettent en évidence l'existence de relations assez fortes entre le compartiment physique et la structure des communautés, aussi bien sur la plan taxonomique que sur le plan fonctionnel (via les traits éco/biologiques). La composition de l'assemblage sédimentaire apparait comme l'élément le plus fortement lié à structure de la communauté. Il semble donc assez clair que les sédiments ont un rôle essentiel pour les invertébrés benthiques. Si la qualité de l'habitat pour les invertébrés dépend de nombreuses variables, la granulométrie du fond en constitue à l'évidence une des composantes majeures dans la mesure où la plupart des espèces y réalise une large part si ce n'est la totalité de leur cycle biologique. Au-delà le lien substrat minéral / communauté biologique intègre très probablement d'autres dimensions de l'effet de l'habitat physique dans la mesure où la granulométrie est liée de manière plus ou moins directe avec de nombreuses autres variables hydromorphologiques. Compte tenu du rôle déterminant du substrat minéral vis-à-vis des communautés de macroinvertébrés benthiques il semble donc pertinent d'intégrer des éléments de description de la granulométrie des fonds dans les outils actuellement en cours de développement destinés à rendre compte de l'état hydromorphologique des cours d'eau (et ce, même si cet élément n'apporte pas d'information déterminante du point de vue du degré d'altération physique des sites). Dans ce cadre, la classe granulométrique médiane, la proportion de particules fines (V+A+L) et les proportions de particules grossières (PF+PG+B+R+D) pourraient par exemple constituer un ensemble d'informations synthétiques permettant d'appréhender de manière plus fine les conditions d'habitat pour les invertébrés benthiques.

Au-delà de la granulométrie du fond, certains substrats additionnels (e.g. végétation aquatique, débris ligneux...) ou habitats de berges (e.g. végétation surplombante, sous berge) sont également susceptibles d'influencer les communautés d'invertébrés benthiques. Si leurs liens avec la structure taxonomique et fonctionnelle des communautés apparaissent relativement réduits, en comparaison avec ce qui est observé pour la granulométrie du substrat minéral, cela est d'abord à relier avec la relative rareté ces habitats à l'échelle globale de notre jeu de données. En revanche lorsqu'ils sont présents, ils peuvent avoir une influence déterminante sur la composition des peuplements en place. Par ailleurs, l'aménagement des berges (et notamment les enrochements l'utilisation de matériaux artificiels pour consolider les berges) semble avoir un effet majoritairement négatif sur l'abondance des invertébrés.

4.2.2. Communautés de poissons

4.2.2.1. Substrat minéral

Comme dans le cas des invertébrés, la granulométrie des fonds se révèle particulièrement structurante pour les communautés de poissons dans la mesure où sur les 51 taxons

considérés, 48 se révèlent indicateurs d'au moins une classe granulométrique (Tableau 14). Les seuls cas qui ne présentent pas d'affinité vis-à-vis des classes granulométriques (blennie, gambusie, truite de mer) correspondent à des taxons rares dans notre jeu de données et pour lesquels il est par conséquent impossible d'établir des relations claires avec les paramètres environnementaux.

	% Vase	% Argile	% Limon	% Sable	% Gravier Fin	% Gravier Grossier	% Caillou Fin	% Caillou Grossier	% Pierre Fine	% Pierre Grossière	% Rocher	% Bloc	% Dalle	Totalité des classes
N taxon affinité +	23	20	9	18	5	6	5	7	8	3	3	2	7	
N taxon affinité -	6	7	4	5	1	1	8	17	19	31	28	15	13	
N taxons indicateurs	29	27	13	23	6	7	13	24	27	34	31	17	20	46
N taxon affinité +	45.10%	39.22%	17.65%	35.29%	9.80%	11.76%	9.80%	13.73%	15.69%	5.88%	5.88%	3.92%	13.73%	
N taxon affinité -	11.76%	13.73%	7.84%	9.80%	1.96%	1.96%	15.69%	33.33%	37.25%	60.78%	54.90%	29.41%	25.49%	
N taxons indicateurs	56.86%	52.94%	25.49%	45.10%	11.76%	13.73%	25.49%	47.06%	52.94%	66.67%	60.78%	33.33%	39.22%	90.20%

Tableau 14 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différentes classes granulométriques du substrat minéral (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

La grande majorité des espèces présente une affinité positive pour les classes granulométriques les plus fines (vase, argile, limon sable) et inversement une affinité négative affirmée pour les classes granulométriques les plus grossières (bloc, rocher, dalle). La plupart d'entre elles montrent également des signes, à des degrés divers, d'évitement des classes granulométriques intermédiaires (graviers, cailloux, pierres). Par exemple des espèces comme le chevaine le goujon ou la vandoise semblent éviter les substrats pierreux mais se révèlent plus indifférents aux classes granulométriques un peu plus fines (cailloux et graviers), alors que d'autres espèces comme la brème le brochet la tanche ou la carpe évitent également les cailloux, voire les graviers grossiers (cas de la perche-soleil par exemple).

Un nombre plus restreint d'espèces montre au contraire une affinité pour les classes granulométriques intermédiaires tout en évitant les granulométries les plus fines (de la vase au limon). Parmi elles, la plupart (notamment le barbeau, le barbeau méridional, le blageon, le toxostome, la truite et le saumon) sont également sur représentées dans les classes granulométriques les plus grossières alors que seules 4 espèces (hotu, ombre, spirlin et vairon) sont strictement inféodées aux granulométries intermédiaires tout en évitant les granulométries les plus grossières (bloc, rocher, dalle).

Le chabot révèle un pattern de distribution assez original caractérisé par une affinité positive pour les granulométrie fine et intermédiaires (de la vase aux pierres fines) et négatives vis-à-vis des granulométries les plus grossières (rochers et dalles). Enfin, les taxons de lamproies se caractérisent par une affinité positive pour le sable ou le limon, ce qui est cohérent avec l'habitat occupé par les larves qui constituent l'essentiel des captures par pêche électrique.

Globalement les préférendums des espèces vis-à-vis de la granulométrie reproduisent assez largement la zonation longitudinale des espèces décrite pour les communautés de poissons européens (Huet 1954, Verneaux 1977) (Tableau 15). Ainsi les espèces typiques des zones amont montrent en général une affinité pour les granulométries grossières (et évitent les substrats les plus fins), tandis que les espèces typiques des zones aval montrent à l'inverse une préférence marquée pour les substrats les plus fins (vase et argile). On constate que cette cohérence globale souffre néanmoins quelques exceptions comme par exemple le cas de la loche franche qui, bien que rencontrée plutôt dans les zones amont, présente une affinité marquée pour les granulométries les plus fines. Cette tendance générale n'est pas surprenante dans la mesure où, la réduction progressive de la taille du substrat est une dimension essentielle de la structuration physique amont aval des cours d'eau. On peut ainsi soupçonner que, pour partie, certaines affinités mises en évidence pour la granulométrie résultent plus largement de l'influence d'autres facteurs d'habitat qui varient de manière conjointe avec la nature du substrat.

Espèce	Code	Preferendum typologique	V	A	L	S	GF	GG	CF	CG	PF	PG	B	R	D
Chabot	CHA	3	↑	↑	→	→	↓	↑	↑	→	↑	→	→	↓	↓
Truite commune	TRF	4	↓	↓	↓	↓	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	↑	→
Vairon	VAI	4	→	→	→	↓	↓	↑	↑	↑	↑	→	↓	↑	↑
Barbeau méridional	BAM	5	→	↓	↓	↓	↓	→	→	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Loche franche	LOF	5	↑	↑	→	→	↓	→	→	→	→	↓	↓	↓	→
Ombre commun	OBR	5	→	→	→	→	↓	↑	↑	↑	↑	→	→	→	→
Blageon	BLN	6	↓	↓	→	→	↓	→	↑	↑	↑	→	→	→	↑
Hotu	HOT	6	→	↓	→	→	↑	↑	↑	→	→	↓	↓	↓	→
Toxostome	TOX	6	→	→	→	→	↓	→	→	→	→	→	→	→	↑
Barbeau fluviatile	BAF	7	↓	→	→	↓	↓	↑	↑	↑	↑	→	→	→	↑
Chevaine	CHE	7	↑	↑	↑	→	↑	→	→	→	→	↓	↓	↓	→
Goujon	GOU	7	→	↑	→	↑	→	→	→	→	↓	↓	↓	↓	→
Lote	LOT	7	→	→	→	→	↓	→	→	→	→	→	→	→	→
Spirilin	SPI	7	→	↓	↓	↑	↑	→	→	→	→	→	→	→	→
Vandoise	VAN	7	↑	↑	→	→	↓	→	→	→	→	↓	↓	↓	↓
Ablette	ABL	8	→	→	→	→	↑	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
Bouvière	BOU	8	↑	→	→	→	→	→	→	↓	↓	↓	↓	↓	→
Brochet	BRO	8	↑	↑	↑	→	↓	→	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Carpe commune	CCO	8	↑	↑	→	→	↑	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
Gardon	GAR	8	↑	↑	→	↑	↑	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Grémille	GRE	8	↑	→	↑	→	↓	→	→	→	→	→	→	→	↓
Perche	PER	8	↑	→	↑	↑	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Perche-soleil	PES	8	↑	↑	→	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Rotengle	ROT	8	↑	↑	→	↑	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Tanche	TAN	8	↑	↑	→	→	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Brème bordelière	BRB	9	→	→	→	→	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
Brème commune	BRE	9	↑	↑	→	→	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
Poisson-chat	PCH	9	↑	↑	→	↑	↓	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓	→
Sandre	SAN	9	↑	→	→	→	↓	→	→	→	→	↓	↓	↓	→

Tableau 15 : Affinités des certaines espèces de poissons vis-à-vis des classes granulométriques. Les espèces sont ordonnées en fonction de leur préférendum typologique défini par Vermeaux (1977) et qui rend compte de la répartition des espèces le long du gradient amont-aval (la valeur du préférendum typologique est d'autant plus forte –valeur maximale 9- que l'espèce concernée se rencontre plus en aval). Seules les espèces prises en compte par Vermeaux (1977) sont indiquées ici.

Il est intéressant de constater que les espèces qui utilisent le substrat minéral comme substrat de ponte (espèces lithophiles au sens large - Oberdorff et al. 2002) présentent, pour la très grande majorité d'entre elles, des affinités positives pour les classes granulométriques de taille intermédiaire (du sable aux pierres) en cohérence avec leurs choix de support de ponte.

4.2.2.2. Substrats additionnels

A l'image de ce qui avait été constaté pour les macroinvertébrés, mais dans des proportions encore plus marquées, on constate que les substrats additionnels influencent beaucoup moins la composition taxonomiques des communautés de poissons que ne le font les substrats minéraux (Tableau 16). Parmi les substrats additionnels, c'est l'abondance de chevelus racinaires qui semblent influencer le plus la représentation des espèces (12 espèces indicatrices) suivie des débris ligneux et des pools détritiques (6 espèces indicatrices chacune) et de la végétation aquatique (2 espèces indicatrices seulement). Aucune espèce ne semble liée en revanche avec l'importance de la végétation surplombante et des concrétions calcaires.

	% Chevelu Racinaire	% Débris Ligneux	% Pool Détritique	% Végétation Aquatique	% Végétation Surplombante	% Concrétion Calcaire
N taxon affinité +	6	3	3	2	0	0
N taxon affinité -	6	3	3	0	0	0
N taxons indicateurs	12	6	6	2	0	0
% taxon affinité +	11.76%	5.88%	5.88%	3.92%	0.00%	0.00%
% taxon affinité -	11.76%	5.88%	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%
% taxons indicateurs	23.53%	11.76%	11.76%	3.92%	0.00%	0.00%

Tableau 16 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différents types de substrat additionnels (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).

Compte tenu du faible nombre d'espèces impliquées, il est difficile de tirer des enseignements généraux sur l'influence de ces substrats sur la composition des communautés de poissons. Il est néanmoins frappant de constater que les espèces indicatrices se partagent de manière à peu près égale entre espèces à affinité positive et espèces à affinité négative. Ainsi nos résultats suggèrent que la présence et l'abondance de substrats additionnels n'auraient pas d'influence notable sur la richesse en espèces et l'abondance des individus dans les communautés. Ce constat va à l'encontre du point de vue communément admis selon lequel la plupart des substrats additionnels (chevelu racinaire, débris ligneux, végétation aquatique) fourniraient des habitats ou ressources alimentaires complémentaires et contribueraient ainsi à augmenter globalement l'abondance des poissons. A cet égard il est particulièrement frappant de n'observer aucun lien significatif entre l'abondance de végétation aquatique et l'abondance des espèces phytophiles, qui utilise cette végétation aquatique comme support de ponte.

On peut noter néanmoins que l'abondance de chevelus racinaires semble bénéfique pour trois espèces d'accompagnement de la truite : le chabot, la loche franche et la lamproie de planer suggérant l'importance de ces types d'habitats ou d'abris pour les petites espèces de tête de bassin.

4.2.2.3. Type de berges

Les liens entre la nature des matériaux constituant les berges et l'abondance des espèces de poissons apparaissent globalement ténus. La présence d'enrochements en berge constitue la caractéristique la plus influente vis-à-vis de la composition des communautés avec 15 espèces indicatrices. Globalement, et comme dans le cas des invertébrés, l'aménagement des berges par enrochements semble être plutôt pénalisant puisque 80% des espèces de poissons indicatrices y réagissent négativement (Tableau 17). On constate qu'une grande partie des espèces pénalisées par les enrochements sont plutôt des espèces rencontrées dans des habitats faiblement courants (par exemple bouvière, brochet, brème commune, gardon, perche-soleil, rotengle...) ce qui suggère que ce cortège d'espèces, plutôt liées aux secteurs aval, est plus particulièrement sensible à ce type d'aménagement de berge. A l'inverse les trois espèces qui réagissent positivement à l'enrochement des berges (barbeau, hotu et truite) sont des espèces rhéophiles plutôt associées au centre du chenal (notamment pour le barbeau et le hotu). On peut penser que dans un certain nombre de cas, la pose d'enrochements en berge conduit à une concentration et une accélération des écoulements au centre du chenal susceptible d'être localement favorable à ces espèces.

	% Enrochement	% Matériaux Artificiels	% Aménagement Végétalisé	% Matériaux Naturels
N taxon affinité +	3	3	0	4
N taxon affinité -	12	2	0	2
N taxons indicateurs	15	5	0	6
% taxon affinité +	1.08%	1.08%	0.00%	1.43%
% taxon affinité -	4.30%	0.72%	0.00%	0.72%
% taxons indicateurs	5.38%	1.79%	0.00%	2.15%

Tableau 17 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différents types de matériaux de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).

L'influence potentielle des matériaux artificiels en berge sur la composition des communautés de poissons apparaît bien plus modeste avec seulement 5 espèces indicatrices (3 à affinité positive et 2 à affinité négative). Compte tenu du très faible nombre d'espèces impliquées, il est impossible de dégager des généralités quant aux caractéristiques biologiques ou écologiques qui pourraient être plus particulièrement impliquées. Par ailleurs, aucune espèce indicatrice n'est identifiée en lien avec la présence d'aménagements végétalisés.

L'importance des berges naturelles semble également peu influente pour les espèces piscicoles avec seulement 6 espèces indicatrices (4 espèces indicatrices positives contre 2 indicatrices négatives).

4.2.2.4. Habitats caractéristiques de berges

L'existence d'habitats caractéristiques à proximité des berges semble reliée assez fortement avec la composition taxonomique des peuplements de poissons (Tableau 18). Une partie de ces habitats (débris ligneux, chevelus racinaires par exemple) se retrouvent par ailleurs au niveau du chenal et leur potentiel d'influence sur les communautés a déjà été évoqué à cette échelle spatiale (voir partie consacrée aux substrats additionnels).

	% Blocs Rochoux	% Chevelu Racinaire	% Débris Ligneux	% Sous-Berge	% Végétation Surplombante
% taxon affinité +	4	4	4	4	8
% taxon affinité -	24	2	3	9	2
% taxons indicateurs	28	6	7	13	10
% taxon affinité +	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	2.87%
% taxon affinité -	8.60%	0.72%	1.08%	3.23%	0.72%
% taxons indicateurs	10.04%	2.15%	2.51%	4.66%	3.58%

Tableau 18 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différents habitats de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)

Les blocs rocheux constituent les habitats de berges qui présentent la plus forte proportion d'espèces caractéristiques (28 espèces indicatrices dont 4 seulement à affinité positive). Dans une très large mesure on retrouve une cohérence très étroite entre les espèces caractéristiques identifiées ici et celles associées au substrat de type bloc au niveau du chenal (voir partie consacrée au substrat minéral). Ceci n'est pas surprenant dans la mesure où, à l'exception du cas particuliers des cours d'eau dont les berges ont été renforcées par des enrochements, les substrats grossiers comme les rochers ou les blocs, lorsqu'ils sont d'origine naturelle, se rencontrent aussi bien au centre du chenal qu'en bordure. Les quelques espèces présentant une affinité positive pour les blocs (en berge) sont toutes des espèces rhéophiles (barbeau méridional, balgeon, sprilin, truite). A l'inverse, les espèces présentant une affinité négative pour les blocs, beaucoup plus nombreuses, sont largement dominées par des espèces limnophiles caractéristiques des parties aval et calmes des cours d'eau (brème bordelière, carassin, carpe, poisson-chat, perche-soleil, rotengle, tanche...). Ceci laisse penser que cette association entre espèces et blocs rocheux s'inscrit plus largement dans la structuration des communautés de poissons le long du gradient longitudinal.

En termes de nombre d'espèces caractéristiques associés, les sous-berges arrivent en seconde position des habitats caractéristiques de berges (13 espèces concernées). Les sous-berges sont généralement considérées comme un type d'habitat particulièrement favorable aux poissons de par le rôle d'abris et de refuge qu'elles sont susceptibles de jouer. Mais paradoxalement dans notre jeu de données les espèces caractéristiques de ce type d'habitat sont très majoritairement des espèces à affinité négative (c'est-à-dire des espèces qui tendent à éviter les stations où les sous-berges sont très représentées) ce qui conduit à s'interroger sur le pouvoir réellement attractif des sous-berges pour la majorité des espèces. On peut noter que les espèces présentant une affinité positive pour les sous-berges sont des espèces typiques des zones apicales (truite, chabot, lamproie) ce qui suggère que ces structures d'habitat seraient plus particulièrement favorables et importantes pour les petits cours d'eau. A l'inverse les espèces à affinité négative sont plutôt des espèces caractéristiques des habitats de chenal (barbeau fluviatile, barbeau méridional, hotu, chevaine, vandoise, silure) pour lesquels on peut effectivement supposer que les habitats de berge ne sont pas déterminants. Là encore, on peut penser que ces liens entre espèces et sous berges s'inscrivent dans des tendances plus larges de structuration des communautés liées au gradient longitudinal.

Les autres habitats de berges (végétation surplombante, débris ligneux et chevelu racinaire) sont liés à un nombre sensiblement moindre d'espèces caractéristiques (10, 7 et 6 respectivement), et, au sein de ces espèces caractéristiques, les espèces à affinité positive prédominent ce qui suggère une influence globalement attractive pour la faune piscicole. Les espèces caractéristiques pour ces habitats de berges se distribuent de manière sporadique sans qu'il soit possible de dégager des tendances significatives du point de vue des caractéristiques écologiques ou biologiques en jeu. Il est en revanche frappant de constater qu'il n'existe pratiquement pas de concordance entre les espèces caractéristiques identifiées pour ces trois habitats de berges et celles associées à ces mêmes habitats mais quantifiées sur l'ensemble du chenal (voir partie consacrée aux substrats additionnels). A titre d'exemple 10 espèces caractéristiques sont identifiées ici pour la végétation surplombante, alors qu'aucune espèce n'avait pu être identifiée pour la végétation surplombante quand elle était décrite pour l'ensemble de la station. Cette discordance suggère à l'évidence que les liens espèces / habitats identifiés ici n'ont sans doute pas de signification écologique forte.

4.2.2.5. Cas particulier du colmatage

Les liens entre niveau de colmatage et composition des communautés de poissons ont été examinés, comme dans le cas des invertébrés, sur un nombre restreint de sites (261 sites) en raison des notamment des difficultés à mettre en œuvre le protocole de suivi du colmatage (protocole « des bâtonnets ») sur la totalité des stations CARHYCE. Ces liens ont essentiellement été examinés par rapport à un des traits écologiques des espèces, le substrat de ponte, dont de nombreux travaux ont montré la sensibilité au colmatage. En particulier Rabeni et Smale (1995) ont montré que les espèces lithophiles étaient particulièrement sensibles au colmatage du fond des cours d'eau par les particules fines en raison notamment de la dégradation des substrats de ponte constitués de granulométries grossières (gravier cailloux).

Pour aller plus loin dans l'analyse, nous avons séparé les espèces lithophiles (qui utilisent un substrat minéral plus ou moins grossier comme support de ponte) en trois groupes présentant des caractéristiques distinctes :

- groupe 1 : les espèces qui enfouissent leurs œufs dans les sédiments. L'incubation des œufs et souvent les premiers stades de développement des larves se déroulent donc dans le sédiment à une profondeur plus ou moins importante, avant émergence en pleine eau. Les salmonidés rentrent notamment dans cette catégorie
- groupe 2 : les espèces qui déposent leurs œufs à la surface du sédiment sans surveillance ultérieure. La plupart des cyprinidés rhéophiles ou des espèces comme les aloses ou la lotte rentrent notamment dans cette catégorie.
- groupe 3: les espèces qui pondent leurs œufs à la surface des sédiments dans un « nid » ou un abri et qui sera surveillé et nettoyé par la suite. Des espèces comme le chabot, la perche-soleil ou le poisson-chat constituent ce groupe.

Compte tenu des caractéristiques propres à chaque groupe, on peut faire l'hypothèse que les espèces du groupe 1 devraient être les plus sensibles au colmatage du sédiment, les œufs se développant à l'intérieur du substrat ce qui suppose le maintien d'une eau interstitielle suffisamment oxygénée, alors que celles du groupe 3 devraient être les moins affectées, les adultes ventilant et nettoyant régulièrement la ponte et son support minéral.

Dans la pratique, que l'on s'intéresse au nombre d'espèces ou au nombre d'individus au sein de la communauté, on constate que la part des lithophiles diminue effectivement à mesure que le degré de colmatage du substrat augmente (les espèces non lithophiles variant logiquement en sens inverse) (*Figure 21*). Cette tendance est cependant essentiellement marquée pour les espèces lithophiles du groupe 1, supposées être les plus vulnérables au colmatage, mais ne se retrouve pratiquement pas pour les espèces des groupes 2 et 3. Ceci suggère que l'effet du colmatage sur les espèces est bien lié à la désoxygénation de l'eau interstitielle qui compromet la survie des œufs et/ou des larves.

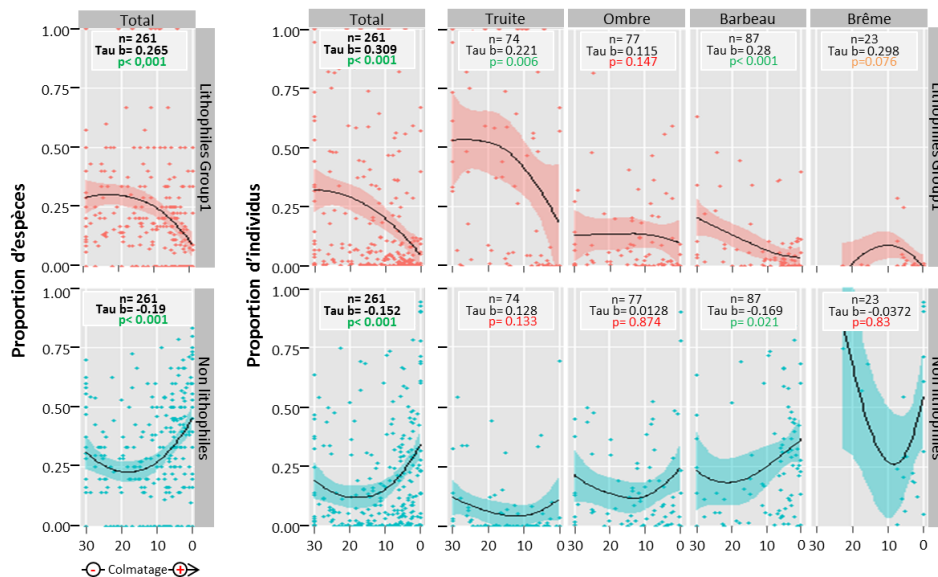


Figure 21 : Variations des proportions du nombre d'espèces ou d'individus lithophiles du groupe 1 ou non lithophiles en fonction de l'importance du colmatage.

Comme pour les macro-invertébrés, on constate que les tendances observées de manière globale restent beaucoup plus ténues voire inexistantes lorsque les données sont découpées par zones piscicoles (c'est notamment les cas pour ce qui concerne l'augmentation des espèces non-lithophiles avec le colmatage). Cette situation traduit d'une part l'affaiblissement de la puissance des tests statistiques inévitablement lié à la diminution des effectifs des échantillons et d'autre part elle suggère que ces tendances s'intègrent dans des processus de structuration plus globaux des communautés liés en particulier au gradient amont-aval.

Néanmoins, la tendance à la diminution des espèces lithophiles du groupe 1 avec l'augmentation du colmatage du substrat reste particulièrement solide dans les parties les plus apicales du réseau hydrographique (zone à truite) ce qui confirme que le colmatage représente bien un facteur de dégradation essentiel avec un effet négatif marqué sur les espèces comme les salmonidés ou les pétromyzontidés emblématiques de ces milieux.

4.2.2.6. Conclusions pour les poissons.

Tout comme dans le cas de macroinvertébrés, la composition granulométrique du substrat est l'élément qui présente les liens les plus forts et systématiques avec la composition des communautés de poissons. S'il existe une grande diversité entre les espèces du point de vue de leur affinité vis-à-vis des classes granulométriques du substrat, la grande majorité des espèces de poissons présente un lien positif avec les classes granulométriques les plus fines (vase à sable), les espèces liées plutôt aux granulométries intermédiaires ou grossières étant beaucoup moins nombreuses. Logiquement la plupart des espèces lithophiles présente une affinité pour les classes granulométriques moyennes à fortes, en cohérence avec la nature des supports de ponte privilégiés par ces espèces.

L'influence du substrat du fond du lit peut également être examinée sous l'angle du colmatage. L'intensité du colmatage influence la composition des communautés avec en particulier un effet négatif sur les espèces lithophiles et plus spécifiquement marqué pour celles qui enfouissent leurs œufs au sein du substrat (par exemple salmonidés, pétromyzontidés, barbeau). Ces constatations sont tout à fait cohérentes avec des travaux d'observations de terrain ou des expérimentations qui montrent clairement que pour ces espèces le colmatage et la désoxygénation des sédiments des frayères compromet la réussite de la reproduction (Parkinson et al. 1999).

Le type de matériaux qui constitue les berges semble influencer la composition des communautés de poissons notamment lorsqu'il s'agit d'enrochements avec des effets majoritairement négatifs. Les conséquences de la présence de matériaux artificiels ou d'aménagements de berges par techniques végétales semblent en revanche beaucoup plus ténues.

L'influence des substrats additionnels ou autres habitats de berge sur la composition des communautés de poissons semble beaucoup moins marquée que ce qui avait été observé

pour les communautés d'invertébrés. Dans l'ensemble, ces éléments peuvent être perçus comme des ressources trophiques ou d'habitats susceptibles d'augmenter la capacité d'accueil des sites vis-à-vis des poissons et en particulier pour certaines espèces. Pour autant, cette influence potentiellement positive ne se traduit pas de manière forte dans les liens statistiques mis en évidence entre habitats et abondance des espèces. Il est par exemple frappant de constater que l'abondance de la végétation aquatique, qui est un élément indispensable comme support de ponte pour certaines espèces, qui constitue une ressource alimentaire directe ou indirecte (par le biais des invertébrés qu'elle héberge) et qui joue également un rôle d'abris pour les poissons, est finalement associée à très peu d'espèces indicatrices dans notre jeu de données. L'association plus particulièrement marquée entre certains éléments comme les sous berges ou les chevelus racinaires et certaines espèces typiques des portions apicales (chabot, truite, lamproie...) suggèrent néanmoins que ces habitats pourraient avoir une influence prépondérante dans les cours d'eau de tête de bassin.

5. Discussion générale et conclusion

L'importance déterminante des caractéristiques physiques des cours d'eau dans le contrôle de la distribution des organismes et la structuration des communautés vivantes est un fait largement établi et reconnu, et ce à différentes échelles spatiales. A large échelle, les changements dans les caractéristiques morphologiques des rivières comme la pente et la taille du lit cours d'eau, la granulométrie du fond et les conditions hydrauliques qui en découlent ont par exemple été identifiés comme des éléments essentiels (en conjonction avec les contraintes physicochimiques) contrôlant la zonation longitudinale des communautés de poissons et d'invertébrés (Huet 1954, Ilies & Botosaneanu 1963, Verneaux 1976, Statzner & Higl 1986, Verneaux et al. 2003).

A une échelle spatiale plus réduite, en comparant la situation de plusieurs stations, de nombreux travaux ont montré que les caractéristiques d'habitat comme la profondeur, la vitesse de courant ou la nature du substrat du fond du lit structuraient largement les communautés de poissons et de macro invertébrés benthiques (Gorman & Karr 1978, Angermeier & Karr 1983, Huguency 1990, Beisel et al. 1998). Ces travaux ont notamment mis en lumière des relations assez systématiques entre la diversité des conditions d'habitat physique d'un site et la diversité des espèces qui y sont rencontrées.

A une échelle spatiale encore plus réduite, celle du micro-habitat (de l'ordre du m^2), il existe une abondante littérature témoignant de relations étroites entre les conditions de vitesses, de hauteurs d'eau, les contraintes exercées sur le fond du lit ou d'autres caractéristiques hydrauliques et la présence des taxons poissons et invertébrés (voire la présence de différents stades de développement d'un même taxon). Ces relations sont à la base de l'établissement de modèles d'habitat largement utilisés pour estimer la capacité d'accueil d'un cours d'eau vis-à-vis des organismes, notamment en fonction des conditions de débit (Lamouroux et Jowett 2005, Lamouroux et al. 2018).

Les résultats obtenus dans le cadre de notre travail confirment largement ces constats dans la mesure où l'ensemble des caractéristiques hydro-morphologique que nous avons examinées présentent des liens significatifs avec les compartiments biologiques. Ainsi nous avons constaté qu'à l'échelle des cours d'eau français, la composition taxonomique et la structure fonctionnelle des communautés de macro invertébrés et de poissons variaient de manière cohérente avec la géométrie du lit du cours d'eau, la granulométrie des fonds et l'importance du colmatage substrat, l'abondance d'habitats et de substrats additionnels (comme la végétation aquatique, les débris ligneux par exemple) et les caractéristiques des berges du cours d'eau.

Si l'existence de liens étroits entre caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau et les communautés vivantes fait relativement consensus, la question de l'impact des altérations

hydromorphologiques d'origine anthropique sur les compartiments biologiques reste à ce jour moins bien élucidée et parfois mise en doute. Plusieurs travaux récents évoquent d'ailleurs des liens relativement modestes et ténus entre altérations de la morphologie des cours d'eau et composition / altération des communautés (voir par exemple Dahm et al. 2013, Feld et al. 2013, Van Looy et al. 2014, Villeneuve et al. 2015). Une partie des difficultés à mettre en évidence ces liens résulte certainement des problèmes posés pour caractériser de manière certaine les altérations hydromorphologiques. D'ailleurs, la plupart des travaux évoqués précédemment utilisent plutôt des proxys ou des indicateurs de pressions anthropiques susceptibles d'affecter la morphologie des cours d'eau plutôt que de travailler directement les caractéristiques morphologiques elles-mêmes. Mais, au-delà, la relative faiblesse des liens altérations hydromorphologiques / altérations biologiques recouvre aussi très probablement une double réalité : (1) le fait que certaines altérations morphologiques des cours d'eau ne se traduisent pas nécessairement par des impacts significatifs sur les communautés biologiques et (2) le fait que les impacts biologiques provoqués par les altérations hydromorphologiques sont globalement moins marqués que ceux générés par d'autres sources d'altérations et notamment celles touchant la qualité de l'eau (pollution organique, eutrophisation par exemple) (voir notamment Marzin et al. 2012, Dahm et al. 2013). Enfin il semble que la dégradation de l'hydro morphologie, même quand elle se traduit par un turn-over des espèces ne s'accompagne pas nécessairement de changements significatifs du point de vue de la structure fonctionnelle des communautés. Cette situation, paradoxale, s'expliquerait par le fait que les espèces qui disparaissent le long du gradient de dégradation morphologique sont parfois remplacées par des espèces au profil fonctionnel extrêmement proche (Feld et al. 2013).

L'examen des relations entre les métriques de géométrie du cours d'eau et les bioindicateurs I2M2 et IPR+ ainsi que des métriques taxonomiques et fonctionnelles qui les composent nous a permis d'aborder cette question du lien altérations hydromorphologiques / altérations des communautés biologiques. Globalement nos résultats suggèrent que l'altération de la géométrie du lit des cours d'eau se traduit bien par une dégradation des communautés biologiques détectable au niveau des bioindicateurs. Si ces tendances observées apparaissent beaucoup plus affirmées dans le cas des communautés de macro invertébrés que dans celui des poissons, cette situation semble avant tout résulter d'une particularité de construction des métriques de l'IPR+ (une baisse de la valeur d'une métrique peut traduire aussi bien une augmentation qu'une diminution du descripteur de la communauté sur lequel elle se base) susceptible de brouiller la détection de certains impacts biologiques. Néanmoins, nos résultats nous ont permis d'identifier certaines modifications de la géométrie du lit qui semblent plus particulièrement pénalisantes pour les communautés biologiques. Parmi elles, la diminution de la pente de la ligne d'eau (par rapport aux valeurs moyennes de référence) apparaît comme l'altération qui entraîne les conséquences les plus fortes à la fois sur les communautés d'invertébrés et poissons. A l'évidence, ces situations où l'altération physique se traduit par une diminution forte de la pente de la ligne d'eau correspondent à des types d'aménagement assez fréquemment rencontrés à l'échelle du territoire français comme l'établissement de seuils ou barrages qui contrôlent la ligne d'eau dans la zone de remous et l'aménagement des biefs (qui se sont souvent substitués au tracés d'origines du cours d'eau) en lien avec la mise en place des moulins et qui consiste à créer des chenaux de faibles pentes pour accentuer la chute d'eau disponible au niveau de l'infrastructure hydraulique. La modification de la pente de la ligne d'eau a des conséquences directes en terme de vitesse des écoulements dont on sait qu'elle constitue un facteur de contrôle essentiel de la distribution des organismes aquatiques.

L'approfondissement excessif du chenal (matérialisé par une augmentation de la profondeur et de la surface mouillée à plein bord) constitue un autre facteur généralisé de dégradation des communautés d'invertébrés et de poissons. On peut penser que ce type d'altération hydromorphologique accompagne des aménagements du lit du cours d'eau de type recalibrage / rectification qui consistent à sur-creuser le chenal ou à favoriser l'érosion du fond du lit afin d'augmenter la capacité d'écoulement des cours d'eau.

Pour les macro-invertébrés on constate également un impact négatif des cours d'eau marqués par une largeur de plein bord réduite. Ainsi les aménagements aboutissant à des lits de cours d'eau à la fois plus étroits et plus profonds apparaissent plus particulièrement pénalisants pour les communautés d'invertébrés. D'autre part les communautés de macro invertébrés sont également pénalisées dans les situations d'altération des alternances seuil/mouille, qu'il s'agisse de cas d'atténuation de cette alternance, ou au contraire d'accentuation des profondeurs de mouilles. La disparition / l'atténuation des alternances seuil/mouille accompagne souvent les travaux de rectification / recalibrage des cours d'eau et se traduit directement par une réduction de la diversité des habitats préjudiciable aux communautés vivantes. Les situations où les mouilles sont plus profondes que la situation de référence sont plus complexes à interpréter. Peut-être sont-elles liées, au moins en partie, à certains aménagements (par exemple fausses de dissipations en aval d'ouvrage ?). Dans ce contexte elles révéleraient de manière plus générale une artificialisation des sites pénalisante pour les communautés

d'invertébrés.

Dans nos analyses, le substrat de fond du lit apparaît comme un élément de structuration déterminant des communautés d'invertébrés et de poissons aussi bien sur un plan taxonomique que du point de vue de leur structure fonctionnelle. Cette influence majeure du substrat transparait en premier lieu par rapport à la granulométrie des particules minérales, confirmant les très nombreux modèles d'habitats disponibles pour la faune des cours d'eau et qui insistent sur le caractère cruciale de ce compartiment. Le colmatage du substrat minéral, qui entraîne une plus ou moins grande désoxygénation de l'eau interstitielle des sédiments, constitue un deuxième aspect déterminant dans le contrôle des communautés vivantes. Ce colmatage impacte en premier lieu les macro-invertébrés benthiques dont la plupart des taxons sont susceptibles de coloniser plus ou moins durablement les premiers centimètres / décimètres du sédiment du lit du cours d'eau. Il impacte également certaines espèces de poissons et en particulier les espèces lithophiles qui enfouissent leur ponte dans le substrat de gravier ou cailloux.

Au-delà, nos analyses ont révélé que l'abondance d'habitats ou de substrats additionnels dans le chenal ou en berge influençait significativement la composition des communautés de macro invertébrés et de poissons. Cette influence est marquée pour l'ensemble des organismes dans les cas des chevelus racinaires, des débris ligneux et des pools détritiques mais concerne plus spécifiquement les macro invertébrés dans le cas de la végétation aquatique.

Nous avons constaté que globalement les liens avec les paramètres hydro morphologiques étaient plus étroits avec le compartiment macro-invertébrés qu'avec le compartiment poissons. Pour les analyses portant sur les bio indicateurs, nous avons évoqué précédemment que les spécificités de construction de l'IPR+ pouvait expliquer une moindre sensibilité des réponses. Toutefois, cette situation se retrouve pour les analyses menées au niveau taxonomique et semble donc bien rendre compte d'une réalité. Ceci est d'autant plus remarquable que les sites de prélèvement invertébrés sont en moyenne plus éloignés des sites de mesure CARHYCE que ne le sont les sites de prélèvement poissons et que dans ces conditions on aurait pu s'attendre à des résultats inverses. Cette différence dans l'intensité des réponses aux caractéristiques hydromorphologiques entre ces deux groupes biologiques semble donc traduire une différence dans l'échelle spatiale de perception de l'habitat entre les deux groupes d'organismes. Ainsi les invertébrés réagiraient d'avantage à l'habitat local, tel qu'il est appréhendé dans le cadre du protocole CARHYCE alors que les poissons intégreraient les effets de l'habitat à des échelles spatiales plus étendues. Cette différence dans l'échelle spatiale de perception de l'habitat entre invertébrés et poissons a déjà été constatée dans le cadre d'autres travaux (voir Hughes et al. 2009, Radinger et al. 2015).

L'essentiel de nos analyses a porté sur l'effet des caractéristiques hydromorphologiques considérées isolément les unes des autres. Or, la plupart des caractéristiques hydromorphologiques co-varient entre elles et il est par conséquent difficile d'isoler l'effet de telle ou telle variable. Cette question se pose notamment par rapport aux grands gradients naturels (gradient longitudinal, gradients régionaux liés à la géologie ou au climat) qui structurent les hydrosystèmes et autour desquels s'organisent les compartiments abiotiques et biotiques. Ainsi il est très probable que les liens entre certaines caractéristiques hydromorphologiques et les compartiments biologiques que nous avons mis en évidence s'inscrivent en fait dans des tendances plus globales qui régissent l'organisation des cours d'eau. Ceci constitue incontestablement une limitation dans notre travail et qui reste difficile à dépasser. A noter toutefois que les métriques de géométrie hydraulique et les bioindicateurs ont été conçus de façon à s'affranchir de l'effet des facteurs de contrôle naturels. Dans ces conditions les résultats des analyses portant sur leurs relations sont donc peu affectés par ce biais potentiel.

Grace aux nombreux liens statistiques établis entre caractéristiques hydro morphologiques et composition des communautés d'invertébrés et de poissons, notre travail fournit des éléments utiles dans une optique de gestion et de restauration des cours d'eau. En premier lieu, il permet d'identifier plus précisément les caractéristiques hydromorphologiques qui apparaissent les plus déterminantes vis-à-vis des communautés biologiques. En second lieu il devrait aider à mieux anticiper les conséquences biologiques d'éventuelles modifications de la morphologie d'un cours d'eau, qu'elles s'inscrivent dans une perspective de restauration ou au contraire de dégradation en lien avec des aménagements. A cet égard, les tendances que nous avons mises en évidence sont clairement insuffisantes pour déboucher sur des outils prédictifs quantitatifs précis. En revanche elles permettent néanmoins de mieux assoir les hypothèses quant aux directions des trajectoires que devraient suivre les compartiments biologiques suite à des modifications de la morphologie des cours d'eau. Il convient de souligner toutefois que les relations hydromorphologie / biologie que nous avons établies l'ont été dans un contexte spatial (comparaisons de sites présentant une variabilité de leur conditions hydromorphologiques) mais qu'il n'est pas certain qu'elles puissent être transposées totalement dans un contexte d'évolution temporelle. Dans cette perspective, la mise en place de suivis CARHYCE

dans le temps en parallèle avec des suivis des compartiments biologiques, dans le cadre de d'opérations de restauration, mais aussi dans le cadre plus global des réseaux DCE, revêt un enjeu important.

Bibliographie

- AFB (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. Mai 2017, 52 pp.
- Angermeier P. L., Karr J. R. (1983) Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes* **9**: 117-135,
- Baker M.E. & King R.S. (2010) A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Methods in Ecology and Evolution* **1**: 25-37.
- Beisel J.-N., Usseglio-Polatera P., Thomas S., Moreteau J.-C. (1998) Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia* **389**: 73–88.
- Belliard J., Albert M.-B., Gob, F., Zahm A., Sauquet E. & Catalogne C. (2009) Caractérisation des altérations physiques et de leurs conséquences écologiques sur les rivières du bassin Seine-Normandie, HBAN, rapport final 1ère phase, 95 pp + annexes.
- Belliard J., Daniel L. Albert M.-B. & Archaimbault V. (2014) Relations entre les caractéristiques morphologiques des cours d'eau et les communautés biologiques – Application aux données CARHYCE. ONEMA; Rapport d'étape.
- Belliard J., Albert M.-B., Vergne A., Zahm A., Tales E., Sauquet E., Cipriani T. & Porcheron D. (2016) Caractérisation des altérations physiques et de leurs conséquences écologiques sur les rivières du bassin Seine Normandie. Phase 2. Volume 1. 100 pp.
- Dahm V., Hering D., Nemitz D., Graf W., Schmidt-Kloiber A., Leitner P., Melcher A., Feld C.K. (2013) Effects of physico-chemistry, land use and hydromorphology on three riverine organism groups: A comparative analysis with monitoring data from Germany and Austria. *Hydrobiologia* **704**: 389-415.
- Daniel L. (2013) Influence des caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau sur les communautés de poissons et d'invertébrés. Exploitation à l'échelle nationale des données acquises dans le cadre des réseaux de suivis environnementaux. Master 2 Modélisation en écologie - Université Rennes 1, 27pp.
- Datry T., Lamouroux N., Thivin G., Descloux S., Baudoin J.M. (2015) Estimation of sediment hydraulic conductivity in river reaches and its potential use to evaluate streambed clogging. *River Research and Applications* **31**: 880-891.
- Descloux S. (2011) Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : méthode d'estimation et effets sur la composition et la structure des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques. Thèse Université Lyon 1 312pp.
- Feld C.K., de Bello F., Doledec S. (2014) Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydromorphological alteration in lowland river macroinvertebrates. *Freshwater Biology* **59**: 233-248.
- Gob F., Belliard J., Albert M.-B., Navratil O., Sauquet E. & Catalogne C. (2010) Quantifying the physical alterations of river reaches using a regional river morphology reference model - A step towards river restoration. River Flow 2010, 8-10 septembre 2010, Braunschweig, Allemagne, 7 p.
- Gob F., Bilodeau C., Thommeret N., Tamisier V. Albert M.-B. & Belliard J. (2014) Vers la construction d'indicateurs hydromorphologiques soutenant la biologie à partir de la base de données nationale CARHYCE. Rapport ONEMA.
- Gorman O.T., Karr J.R. (1978) Habitat structure and stream fish communities Ecology 59: 507-515.
- Huet M, (1954) Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bull. fr. Piscic.* **175**: 41–53.
- Hughes S. J., Santos J. M., Ferreira M. T., Caraça R., Mendes A. M. (2009) Ecological assessment of an intermittent Mediterranean river using community structure and function: evaluating the role of different organism groups. *Freshwater Biology* **54**: 2383–2400.
- Hugueny B. (1990) Richesse des peuplements de poissons dans le Niandan (haut Niger, Afrique) en fonction de la taille de la rivière et de la diversité du milieu. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* **23** : 351-364.
- Ilies J., Botosaneanu L. (1963) Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen*

- Lamouroux N., Augeard B., Baran P., Capra H., Le Coarer Y., Girard V., Gouraud V., Navarro L., Prost O., Sagnes P., Sauquet E., Tissot L. (2018) Débits écologiques : la place des modèles d'habitat hydraulique dans une démarche intégrée. *Hydroécol. Appl.* **20**: 1–27.
- Lamouroux N., Jowett I.G. (2005) Generalized instream habitat models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **62** : 7-14.
- Lausecker P.-O., Baudoin J.-M., Vest F., Augu H., Chataignier J., Rubin A., Poulet N. (2012) Valorisation des données CARHYCE 2009 – Exploration des liens hydromorphologie / biologie – Cas des peuplements piscicoles et invertébrés. Rapport ONEMA, 122 pp.
- Logez M., Bady P., Melcher A., Pont D. (2013) A continental-scale analysis of fish assemblage functional structure in European rivers. *Ecography* **36**: 80–91.
- Marzin A., Archaimbault V., Belliard J., Chauvin C., Delmas F., Pont D. (2012) Ecological assessment of running waters: Do macrophytes, macroinvertebrates, diatoms and fish show similar responses to human pressures? *Ecological Indicators* **23**: 56–65.
- Mondy C.P., Villeneuve B., Archaimbault V. & Usseglio-Polatera P. (2012) A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands: a taxonomical and trait approach. *Ecological Indicators* **18**: 452-467.
- Oberdorff T., Pont D., Hugueny B., Porcher J.P. (2002) Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of rivers "health" in France. *Freshwater Biology* **47**: 1720-1735.
- Parkinson D., Petit F., Perpinien G., Philippart J.-C. (1999) Habitats de reproduction des poissons et processus géomorphologiques dans des rivières à fond caillouteux. Essai de synthèse et applications à quelques rivières du bassin de la Meuse. *Bulletin de la Société géographique de Liège* **36** : 31-52.
- Pont D., Delaigue O., Belliard J., Marzin A & Logez M. (2013) Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE – Version V.2.0 de l'indicateur. ONEMA.
- Rabeni C.F., Smale M.A. (1995) Effects of siltation on stream fishes and the potential mitigating role of the buffering riparian zone. *Hydrobiologia* **303**: 211-219.
- Radinger J., Wolter C., Kail J. (2015) Spatial scaling of environmental variables improves species-habitat models of fishes in a small, sand-bed lowland river. *PLoS ONE* e0142813.
- Statzner B., Higl B. (1986) Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater biology* **16**: 127-139.
- Usseglio-Polatera P., Bournaud M., Richoux P., Tachet H. (2000). Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwat. Biol.* **43**:175-205.
- Van Looy K., Tormos T., Souchon Y. (2014) Disentangling dam impacts in river networks. *Ecological Indicators* **37**: 10-20.
- Vannote R., Minshall G., Cummins K., Sedell J., Cushing C. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **37**:130–137.
- Verneaux J. (1976) Biotypologie de l'écosystème 'eau courante'. La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* **283**: 1663-1666.
- Verneaux J. (1977) Biotypologie de l'écosystème 'eau courante'. Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique. *C.R. Acad. Sc. Paris* **284**: 675-678.
- Verneaux J., Schmitt A., Verneaux V., Prouteau C. (2003) Benthic insects and fish of the Doubs River system: Typological traits and the development of a species continuum in a theoretically extrapolated watercourse. *Hydrobiologia* **490**: 63-74.
- Villeneuve B., Souchon Y., Usseglio-Polatera P., Ferréol M., Valette L. (2015) Can we predict biological condition of stream ecosystems? A multi-stressors approach linking three biological indices to physico-chemistry, hydromorphology and land use. *Ecological Indicators* **48**: 88–98.

6. Table des illustrations

<i>Figure 1 : Règles d'agrégation pour la détermination de l'état écologique des cours d'eau. L'hydromorphologie est un élément permettant de distinguer les stations en très bon état de celles en bon état écologique. Cette distinction s'applique aux stations qui présentent déjà les conditions du très bon état (conformité aux conditions de référence) à la fois pour les éléments de qualité biologiques et physico-chimiques</i>	7
Figure 2 : Principales étapes de constitution du jeu de données global.	11
Figure 3 : Proportion des différentes classes dans l'assemblage granulométrique des stations, en fonction de la zone HUET.....	14
Figure 4 : Valeurs de l'épaisseur de la zone oxique (=longueur de bâton de couleur claire) par station en fonction de la Zone Huet (graphique de gauche) et de la pente du cours d'eau (graphique de droite).....	16
Figure 5 : Ecart standardisés aux modèles de référence pour les 6 métriques hydromorphologiques, en fonction de l'état expertisé des stations. (variable « type_IPR_corr_LGP » : 0 =station de référence donc utilisée pour le modèle, 1= station altérée, 2=stations sans données de pression). Les écarts au modèle de référence sont présentés 1) séparés en fonction du sens (positif ou négatif) de l'écart au modèle (graphique du haut) et 2) tous sens confondus (graphique du bas).	19
Figure 6 : Largeur en eau à deux débits différents. Comparaison entre un cours d'eau naturel (bleu) et un cours d'eau dont le lit recalibré par surcreusement (rouge).	20
Figure 7 : Conséquence du creusement du lit du cours d'eau et du dépôt des sédiments en berge. ..	21
Figure 8 : Conséquences de l'implantation d'un barrage ou seuil sur la pente du cours d'eau. En bleu, pente naturelle du cours d'eau. En rouge ajustement de la pente après mise en place de l'ouvrage. ..	22
Figure 9 : Atténuation de l'alternance mouilles radiers sur un cours d'eau.	22
Figure 10 : Matrice de corrélations entre les 6 métriques hydromorphologiques. La forme, l'orientation et la couleur de l'ovale rendent compte du sens et de l'intensité de relation entre les deux variables considérées ;le coefficient de corrélation Pearson est indiqué et la présence d'une croix rouge signifie que la corrélation n'est pas significative (p-value >0.05).	23
Figure 11 : Exemple de quelques traits biologiques (A, B et C) et écologiques (D et E) du taxon harmonisé Dytiscinae (Code SANDRE harmonisé 2396). Pour chaque trait, le degré d'appartenance du taxon aux différentes modalités est exprimé en ratio (pour un trait donnée la somme de toutes modalités est donc égale à 1).	25
Figure 12 : Représentation des conditions hydrologiques aux différentes dates de mesures/prélèvements d'une station. Exemple de la station de l'Helpe Majeure à Eppe Sauvage (Code Onema 1590118 ; code SANDRE 1001122). La courbe représente la chronique de débits journaliers simulés (en m ³ . s ⁻¹ , ordonnée gauche). Les barres horizontales grises représentent des valeurs de débits caractéristiques exprimés en débits classés (établis à partir des courbes de débits classés pour la période 31-07-2001 – 31/07/2012) (en %, ordonnée droite). Les points d'intérêt particulier correspondent aux dates des opérations de mesure CARHYCE et de prélèvements poissons et invertébrés (représentés en rouge, bleu et vert, respectivement). Ces points sont accompagnés de la valeur précise du débit selon les 2 échelles. Quand elles sont disponibles, les valeurs de débit renseignées dans les bases de données « brutes » de chaque compartiment sont représentées en jaune. Ces données sont présentées à titre informatif et ne peuvent pas être comparées d'un compartiment à un autre (hétérogénéité des méthodes). Le graphique représente la fenêtre temporelle du 01-01-2007 au 31-07-2012 pour faciliter la visualisation des données. La chronique hydrologique s'étend évidemment en amont et des prélèvements biologiques peuvent avoir été réalisés avant, mais leur représentation nuirait à la lisibilité du graphique autour de la fenêtre temporelle d'intérêt – à savoir autour de la date du CARHYCE. Cette mise en relation est automatisée sous R (changement du code station).	29
Figure 13 : Représentation schématique des liens possibles entre métrique biologiques et écarts à la référence hydromorphologique.	33
Figure 14 : Première étape de l'approche TITAN pour un taxon isolé (Taxon1). Le gradient environnemental testé est coupé en 2 parties (gauche/droite) au niveau d'un point de changement environnemental—cp situé au milieu de 2 données successives d'abondance. On évalue pour ce cp, la force du « contraste » (IndVal, z-score) en termes d'abondance entre la gauche et la droite. Après avoir testé tous les cp potentiels, on retient la position du cp « optimal », Note : les valeurs indiquées dans la tableau sur la droite de la figure sont fictives et n'ont pour but que d'illustrer la force du partitionnement le long des cp sur le gradient environnemental.....	34
Figure 15 : Relations entre les métriques hydromorphologiques et les métriques invertébrés. Relations entre le score I2M2 et ses 5 sous-métriques au format EQR (axe des ordonnées, de 0 à 1) avec les 6 métriques décrivant l'état hydromorphologique des cours d'eau (axe des abscisses de chaque sous-graphique, écarts standardisés au modèle de référence, sans unité). Pour chaque sous-graphique, la	

ligne verticale pointillée, centrée sur 0, correspond à l'absence d'écart au modèle de référence. S'en éloigner vers la gauche (valeur plus faible que le modèle) ou vers la droite (valeur plus élevée que le modèle) indique un écart à la référence et donc potentiellement une altération. Les flèches indiquent les relations significatives, toutes stations confondues, ainsi que leur sens (sur la base d'un test non paramétrique de Kendall, flèche rouge : $p < 0.05$, flèche orange $p < 0.10$). Les cercles indiquent les résultats de ces mêmes tests mais découpés selon le niveau de pression -expertisé (dans l'ordre de haut en bas : type_IPR_corr_LGP =0 : stations pas ou peu altérées dite « de référence », $n=331$; type_IPR_corr_LGP =1 : stations moyennement ou fortement altérées, $n=457$; type_IPR_corr_LGP =2 = station sans données de pression, $n=55$). Cette indication permet d'avoir une information sur le type de stations pesant de manière prépondérante dans la significativité des différentes relations (attention toutefois à la différence de volume de stations entre les 3 modalités). Les courbes pour chaque graphique représente des courbes des lissages (loess, coef. de lissage = 0.9) et leurs incertitudes pour l'ensemble de la métrique hydromorphologique concernée (non découpée en fonction du sens de l'écart). L'extrémité des courbes repose sur peu de points, elles ont donc un poids modéré dans les tests statistiques et leur allure peut varier fortement en fonction du coefficient de lissage. Nous attirons donc l'attention sur la prudence qu'il convient d'accorder aux extrémités des courbes dans la lecture des différents graphiques. 35

Figure 16 : Relations entre les métriques hydromorphologiques et les métriques piscicoles. Relations entre le score IPR+ et ses 12 sous-métriques au format EQR (axe des ordonnées, de 0 à 1) avec les 6 métriques décrivant l'état hydromorphologique des cours d'eau (axe des abscisses de chaque sous-graphique, écarts standardisés au modèle de référence, sans unité). Pour chaque sous-graphique, la ligne verticale pointillée, centrée sur 0, correspond à l'absence d'écart au modèle de référence. S'en éloigner vers la gauche (valeur plus faible que le modèle) ou vers la droite (valeur plus élevée que le modèle) indique un écart à la référence et donc potentiellement une altération. Les flèches indiquent les relations significatives, toutes stations confondues, ainsi que leur sens (sur la base d'un test non paramétrique de Kendall, flèche rouge : $p < 0.05$, flèche orange $p < 0.10$). Les cercles indiquent les résultats de ces mêmes tests mais découpés selon le niveau de pression expertisé (dans l'ordre de haut en bas : type_IPR_corr_LGP =0 : stations pas ou peu altérées dite « de référence », $n=297$; type_IPR_corr_LGP =1 : stations moyennement ou fortement altérées, $n=421$; type_IPR_corr_LGP =2 = station sans données de pression, $n=56$). Cette indication permet d'avoir une information sur le type de stations pesant de manière prépondérante dans la significativité des différentes relations (attention toutefois à la différence de volume de stations entre les 3 modalités). Les courbes pour chaque graphique représente des courbes des lissages (loess, coef. de lissage = 0.9) et leurs incertitudes pour l'ensemble de la métrique hydromorphologique concernée (non découpée en fonction du sens de l'écart). L'extrémité des courbes repose sur peu de points, elles ont donc un poids modéré dans les tests statistiques et leur allure peut varier fortement en fonction du coefficient de lissage. Nous attirons donc l'attention du lecteur sur la prudence qu'il convient d'accorder aux extrémités des courbes dans la lecture des différents graphiques. 39

Figure 17 : Relations entre les scores des indicateurs biologiques (I2M2 et IPR+) et les écarts standardisés aux modèles de référence hydromorphologiques..... 41

Figure 18 : Variations des proportions d'oligochètes et d'EPT en fonction de l'importance du colmatage..... 52

Figure 19 : Variations de la part des modalités du trait « lateral » (affinité par rapport aux types de milieux : centre du chenal vs milieux latéraux isolés du chenal principal) en fonction de l'importance du colmatage..... 53

Figure 20 : Variations de la part des modalités du trait « current » (affinité par aux à la vitesse de courant : vitesse forte vs vitesse nulle) en fonction de l'importance du colmatage..... 54

Figure 21 : Variations des proportions du nombre d'espèces ou d'individus lithophiles du groupe 1 ou non lithophiles en fonction de l'importance du colmatage..... 61

Tableau 1 : Harmonisation des taxons. Exemple des Coléoptères Dytiscinae pour lesquels 5 taxons (codes 2396, 568, 565, 20580 et 20712) sont présents dans le fichier brut. L'harmonisation regroupe ces 5 taxons définis à un niveau taxonomique variable, à l'échelle de la sous-famille, avec le code 2396..... 24

Tableau 2 : Liste des traits bio/écologiques et nombre de modalités associées..... 25

Tableau 3 : Liste des traits biologiques considérés pour les poissons..... 26

Tableau 4 Valeurs utilisées pour la transformation des métriques brutes en EQR dans l'indice I2M2. Pour chacune des 5 métriques, la valeur mesurée sur une station est confrontée à la valeur des sites de référence de l'HER d'appartenance et à la plus mauvaise situation nationale. Ces valeurs donnent une orientation sur l'effet d'une altération, pour chaque métrique..... 43

Tableau 5: Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différentes classes granulométriques du substrat minéral (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués) 44

Tableau 6: Taxons plécoptères indicateurs du substrat minéral. Le tableau indique le caractère indicateur de différents taxons issus de cinq familles de plécoptères pour chacune des classes granulométriques renseignées dans CARHYCE. Les flèches jaunes indiquent que le taxon n'est pas un indicateur fiable pour la classe granulométrique considérée. Une flèche verte ascendante signifie que le taxon est plus abondant (indicateur positif) quand la proportion de la classe granulométrique considérée dans l'assemblage sédimentaire est élevée. Une flèche rouge descendante signifie que le taxon est plus abondant (indicateur négatif) quand la proportion de la classe granulométrique considérée est faible.....	45
Tableau 7 : Structure fonctionnelle et substrat minéral, cas du trait écologique « Substrate ». La modalité « Vase-V » est mise en évidence car présentée comme exemple dans le texte	46
Tableau 8 : traits bioécologiques et substrat minéral. Synthèse des modalités. Synthèse des modalités des traits biologiques et écologiques associées aux classes granulométriques les plus fines et les plus grossières.	47
Tableau 9 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents types de substrat additionnels (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).....	48
Tableau 10 : Substrats additionnels et traits bioécologiques associés. Relations entre les différentes classes de substrats additionnels évaluées dans CARHYCE et la structure de la communauté pour les traits les plus directement liés à ces substrats («trait biologique « Food » et trait écologique « Substrate »).....	49
Tableau 11 : Substrats additionnels et structuration de la communauté pour les traits écologiques ...	49
Tableau 12 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents types de matériaux de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)...	50
Tableau 13 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents habitats de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).....	51
Tableau 14 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différentes classes granulométriques du substrat minéral (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués)	56
Tableau 15 : Affinités des certaines espèces de poissons vis-à-vis des classes granulométriques. Les espèces sont ordonnées en fonction de leur préférendum typologique défini par Verneaux (1977) et qui rend compte de la répartition des espèces le long du gradient amont-aval (la valeur du préférendum typologique est d'autant plus forte –valeur maximale 9- que l'espèce concernée se rencontre plus en aval). Seules les espèces prises en compte par Verneaux (1977) sont indiquées ici.	57
Tableau 16 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différents types de substrat additionnels (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).	57
Tableau 17 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs poissons identifiés pour les différents types de matériaux de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).	58
Tableau 18 : Synthèse du nombre de taxons indicateurs macro invertébrés identifiés pour les différents habitats de berge (voir annexes pour plus de détail sur les taxons impliqués).....	59

7. Remerciements

Notre étude repose un volume important de données collectées dans le cadre des suivis environnementaux mis en place pour l'application de la DCE. Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes impliquées dans la récolte de ces données sur le terrain, dans leur bancarisation et dans leur pré-traitement. Nous remercions en particulier Anne Vivier et Karl Kreutzenberger (ONEMA) qui coordonnent nos travaux. Nous remercions également nos collègues (i) au LGP (F. Gob, N. Thommeret, V. Tamié, C. Bilodeau) pour leur prétraitement des données CARHYCE, (ii) à l'IRSTEA Lyon (B. Villeneuve, M. Ferréol) pour la mise à disposition de données et (iii) au LIEC (P. Usseglio-Polatera et R. Coulaud) pour la mise à disposition et les nombreux échanges autour des données sur les macroinvertébrés benthiques et sur les outils d'analyses (scripts R).

8. Annexes

8.1. Annexe 1 : Liens granulométrie / traits invertébrés – Tau de Kendall

		% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher										
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value									
"Size"	< 0.5 cm	→	0.03166	0.20176	↑	0.06784	0.00603	↑	0.04912	0.03259	→	-0.00690	0.75798	↑	0.08009	0.00038	↑	0.09936	0.00001	↑	0.09632	0.00002	→	-0.01444	0.52087	↓	-0.05286	0.01972	↓	-0.07794	0.00067	↓	-0.06685	0.01083
	> 0.5 - 1cm	↓	-0.17685	0.00000	↓	-0.25852	0.00000	↓	-0.14489	0.00000	↓	-0.08295	0.00021	↓	-0.06020	0.00757	→	-0.00278	0.90158	→	0.04219	0.05999	↑	0.15633	0.00000	↑	0.25755	0.00000	↑	0.21293	0.00000	↑	0.14927	0.00000
	> 1 - 2 cm	↓	-0.08672	0.00047	↓	-0.16693	0.00000	↓	-0.09247	0.00006	→	-0.01970	0.37900	→	-0.01675	0.45749	↓	-0.06315	0.00490	→	-0.03630	0.10562	→	0.02637	0.24018	↑	0.10566	0.00000	↑	0.15408	0.00000	↑	0.14922	0.00000
	> 2 - 4cm	↑	0.19761	0.00000	↑	0.28408	0.00000	↑	0.15430	0.00000	↑	0.08353	0.00019	→	0.00865	0.70106	→	-0.03001	0.18137	→	-0.04102	0.06748	↓	-0.15798	0.00000	↓	-0.27969	0.00000	↓	-0.28077	0.00000	↓	-0.19805	0.00000
	> 4 cm	↑	0.15628	0.00000	↑	0.21144	0.00000	↑	0.11878	0.00000	↑	0.09583	0.00002	→	0.03849	0.08772	→	-0.00369	0.86956	↓	-0.13213	0.00000	↓	-0.17763	0.00000	↓	-0.22712	0.00000	↓	-0.22314	0.00000	↓	-0.18976	0.00000
"Life cycle"	< 1 year	↓	-0.24099	0.00000	↓	-0.29071	0.00000	↓	-0.15689	0.00000	↓	-0.10343	0.00000	↓	-0.04938	0.02847	→	-0.00115	0.95908	→	0.04303	0.05511	↑	0.15037	0.00000	↑	0.27650	0.00000	↑	0.28579	0.00000	↑	0.25307	0.00000
	> 1 year	↑	0.24354	0.00000	↑	0.29595	0.00000	↑	0.15643	0.00000	↑	0.10087	0.00001	↑	0.04991	0.02681	→	0.00257	0.90904	→	-0.04204	0.06091	↓	-0.15049	0.00000	↓	-0.27802	0.00000	↓	-0.28745	0.00000	↓	-0.25044	0.00000
"Voltinism"	< 1	↓	-0.18313	0.00000	↓	-0.17602	0.00000	↓	-0.11421	0.00000	→	0.01886	0.39966	→	-0.01676	0.45728	↓	-0.06511	0.00373	↓	-0.04846	0.03074	→	-0.00968	0.66643	↑	0.09823	0.00001	↑	0.18641	0.00000	↑	0.20877	0.00000
	1	↓	-0.16552	0.00000	↓	-0.23533	0.00000	↓	-0.14073	0.00000	↓	-0.06512	0.00363	↓	0.02897	0.19877	↑	0.05848	0.00919	↑	0.07172	0.00139	↑	0.13288	0.00000	↑	0.24765	0.00000	↑	0.24303	0.00000	↑	0.18649	0.00000
	>1	↑	0.21291	0.00000	↑	0.27976	0.00000	↑	0.16631	0.00000	↑	0.05060	0.02381	→	-0.00791	0.72565	→	-0.02103	0.34882	→	-0.04249	0.05825	↓	-0.11372	0.00000	↓	-0.25013	0.00000	↓	-0.28477	0.00000	↓	-0.23790	0.00000
"Stages"	egg	↓	-0.13713	0.00000	↓	-0.19544	0.00000	↓	-0.13523	0.00000	↓	-0.10884	0.00000	→	-0.01808	0.42257	→	0.03909	0.08164	↑	0.05901	0.00852	↑	0.12569	0.00000	↑	0.22265	0.00000	↑	0.22593	0.00000	↑	0.20229	0.00000
	larva	↓	-0.26543	0.00000	↓	-0.18499	0.00000	↓	-0.12655	0.00000	→	-0.02598	0.24587	↓	-0.05937	0.00844	↓	-0.05676	0.01145	→	-0.01872	0.40398	→	0.02812	0.21043	↑	0.13554	0.00000	↑	0.18564	0.00000	↑	0.19618	0.00000
	nymph	↓	-0.18092	0.00000	↓	-0.23205	0.00000	↓	-0.10911	0.00000	↓	-0.05623	0.01201	↓	-0.02791	0.21568	→	-0.02242	0.31788	→	0.02296	0.30608	↑	0.10377	0.00000	↑	0.19942	0.00000	↑	0.24109	0.00000	↑	0.23603	0.00000
	adult	↑	0.31893	0.00000	↑	0.32654	0.00000	↑	0.18990	0.00000	↑	0.07882	0.00043	↑	0.06389	0.00459	→	0.03873	0.08446	→	-0.02724	0.22471	↓	-0.12754	0.00000	↓	-0.28246	0.00000	↓	-0.33057	0.00000	↓	-0.31903	0.00000
"Reproduction"	ovoviviparity	↑	0.29892	0.00000	↑	0.34913	0.00000	↑	0.20880	0.00000	↑	0.12640	0.00000	→	0.04228	0.06068	→	0.00214	0.92406	→	-0.03467	0.12219	↓	-0.14659	0.00000	↓	-0.32336	0.00000	↓	-0.35679	0.00000	↓	-0.31031	0.00000
	isolated eggs, free	↓	-0.21931	0.00000	↓	-0.23210	0.00000	↓	-0.10941	0.00000	↓	-0.09164	0.00004	↓	-0.07701	0.00063	→	-0.02362	0.29268	→	-0.01177	0.59977	↑	0.05181	0.02102	↑	0.18184	0.00000	↑	0.17471	0.00000	↑	0.16935	0.00000
	isolated eggs, cemented	↓	-0.23895	0.00000	↓	-0.28678	0.00000	↓	-0.17862	0.00000	↓	-0.06927	0.00197	↓	-0.05114	0.02328	→	-0.00150	0.94695	→	0.04170	0.06304	↑	0.12512	0.00000	↑	0.25505	0.00000	↑	0.29301	0.00000	↑	0.27495	0.00000
	clutches, cemented or fixed	↓	-0.07804	0.00165	↓	-0.13830	0.00000	↓	-0.06290	0.00620	↓	-0.05292	0.01809	↑	0.07783	0.00055	↑	0.07347	0.00107	↑	0.09164	0.00004	↑	0.15228	0.00000	↑	0.20250	0.00000	↑	0.16985	0.00000	↑	0.11221	0.00000
	clutches, free	→	0.00362	0.88389	→	0.01851	0.45375	→	0.00412	0.85788	→	-0.08113	0.00029	↓	-0.05833	0.00965	↓	-0.06852	0.00227	↓	-0.07677	0.00062	↓	-0.07652	0.00065	↓	-0.04438	0.04845	→	-0.01978	0.38298	→	0.01199	0.60084
	clutches, terrestrial/in vegetation	↓	-0.06597	0.00781	→	0.01690	0.49391	→	-0.03457	0.13256	→	0.02665	0.00623	↓	0.00419	0.85271	↓	-0.03274	0.14472	↓	-0.09622	0.00002	↓	-0.11392	0.00000	↓	-0.07414	0.00098	→	-0.02110	0.35200	→	-0.01649	0.47167
	asexual reproduction	↑	0.15304	0.00000	↑	0.11274	0.00001	↑	0.09146	0.00007	→	0.01751	0.43422	→	-0.01200	0.59465	→	-0.00802	0.72085	→	-0.02220	0.32251	↓	-0.05916	0.00842	↓	-0.13175	0.00000	↓	-0.14663	0.00000	↓	-0.14145	0.00000
"Dispersal"	aquatic passive	↑	0.27805	0.00000	↑	0.32342	0.00000	↑	0.18234	0.00000	↑	0.06673	0.00288	→	0.02470	0.27316	→	0.00935	0.67707	→	-0.04320	0.05415	↓	-0.13107	0.00000	↓	-0.27697	0.00000	↓	-0.31346	0.00000	↓	-0.27569	0.00000
	aquatic active	↑	0.07493	0.00252	→	-0.03985	0.10667	→	-0.01011	0.65999	↓	-0.08164	0.00027	→	-0.01985	0.37862	→	-0.00513	0.81916	→	0.03446	0.12454	→	0.02155	0.33710	→	-0.00853	0.70469	→	-0.00337	0.88194	→	0.00712	0.75602
	aerial passive	→	-0.00850	0.73174	↓	-0.07338	0.00297	→	-0.00147	0.94922	→	-0.00137	0.95116	↑	0.05651	0.01218	→	0.04107	0.06732	→	0.03576	0.11093	↑	0.06744	0.00267	↑	0.09384	0.00003	↑	0.07940	0.00046	↑	0.05901	0.01000
	aerial active	↓	-0.27868	0.00000	↓	-0.25145	0.00000	↓	-0.15696	0.00000	↓	-0.03136	0.16126	→	-0.02510	0.26553	→	-0.01402	0.53246	→	0.02631	0.24093	↑	0.10057	0.00001	↑	0.22405	0.00000	↑	0.25260	0.00000	↑	0.22585	0.00000
"Resistance"	eggs, statoblasts	↓	-0.19598	0.00000	↓	-0.22694	0.00000	↓	-0.09267	0.00006	↓	-0.10957	0.00000	↓	-0.06287	0.00528	→	-0.01084	0.62925	→	0.04007	0.07408	↑	0.09282	0.00004	↑	0.19572	0.00000	↑	0.19906	0.00000	↑	0.19170	0.00000
	cocoons, housings	↑	0.17013	0.00000	↑	0.15815	0.00000	↑	0.08091	0.00043	→	0.00469	0.83415	→	0.04203	0.06221	→	0.00402	0.85794	↓	-0.06279	0.00513	↓	-0.10862	0.00000	↓	-0.15547	0.00000	↓	-0.15958	0.00000	↓	-0.15107	0.00000
	diapause or domrancy	↑	0.28196	0.00000	↑	0.24067	0.00000	↑	0.10994	0.00000	↑	0.07648	0.00063	→	0.04042	0.07291	→	0.01446	0.51967	→	-0.03016	0.17883	↓	-0.11812	0.00000	↓	-0.18743	0.00000	↓	-0.23572	0.00000	↓	-0.24895	0.00000
	none	↓	-0.18600	0.00000	↓	-0.13256	0.00000	↓	-0.08767	0.00014	→	0.03418	0.12681	→	0.02057	0.36144	→	0.02807	0.21119	→	0.01821	0.41710	↑	0.08077	0.00032	↑	0.11080	0.00000	↑	0.15898	0.00000	↑	0.16425	0.00000
"Respiration"	tegument	↓	-0.05327	0.03172	↓	-0.19354	0.00000	↓	-0.08915	0.00010	↓	-0.13153	0.00000	→	-0.01858	0.40991	→	0.00884	0.69370	→	-0.00282	0.89991	↑	0.10715	0.00000	↑	0.18217	0.00000	↑	0.19109	0.00000	↑	0.16774	0.00000
	gill	↑	0.10386	0.00003	↑	0.20346	0.00000	↑	0.09741	0.00002	↑	0.09064	0.00005	→	-0.00165	0.94191	→	-0.03478	0.12129	→	-0.01011	0.65229	↓	-0.10167	0.00001	↓	-0.17553	0.00000	↓	-0.17825	0.00000	↓	-0.13608	0.00000
	plastron, spir																																	

Annexe 1 suite

		% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher													
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value												
"Transversal"	river channel	↓	-0.26019	0.00000	↓	-0.24918	0.00000	↓	-0.16202	0.00000	↓	-0.07108	0.00150	↓	-0.06644	0.00320	→	-0.01896	0.39847	↑	0.06075	0.00677	↑	0.13827	0.00000	↑	0.25394	0.00000	↑	0.29741	0.00000	↑	0.28980	0.00000	↑	0.24253	0.00000
	banks, connected side-arms	→	0.03907	0.11516	↑	0.13673	0.00000	↑	0.09044	0.00008	↑	0.07023	0.00171	→	0.02587	0.25117	↑	0.07688	0.00062	↑	0.05775	0.01005	→	0.02683	0.23203	→	-0.04376	0.05170	↓	-0.11820	0.00000	↓	-0.12465	0.00000	↓	-0.09579	0.00026
	ponds, pools, disconnected side arms	↑	0.25415	0.00000	↑	0.20309	0.00000	↑	0.14390	0.00000	↑	0.05844	0.00904	↑	0.08036	0.00036	→	0.01605	0.47469	↓	-0.05415	0.01578	↓	-0.11920	0.00000	↓	-0.21272	0.00000	↓	-0.24554	0.00000	↓	-0.26232	0.00000	↓	-0.21701	0.00000
	marshes, peat dogs	↑	0.11999	0.00000	↑	0.10437	0.00002	↑	0.07511	0.00108	→	0.03685	0.09973	↑	0.04550	0.04354	→	-0.02344	0.29650	↓	-0.08138	0.00029	↓	-0.13594	0.00000	↓	-0.17157	0.00000	↓	-0.15841	0.00000	↓	-0.13720	0.00000	↓	-0.11286	0.00002
	temporary waters	↑	0.13904	0.00000	↑	0.10760	0.00001	↑	0.07811	0.00068	→	-0.01773	0.42832	→	-0.00206	0.92728	→	-0.03488	0.12022	↓	-0.04982	0.02636	↓	-0.08304	0.00022	↓	-0.10657	0.00000	↓	-0.10506	0.00000	↓	-0.09274	0.00005	↓	-0.11677	0.00001
	lakes	↑	0.23028	0.00000	↑	0.20661	0.00000	↑	0.11588	0.00000	↑	0.07128	0.00145	↑	0.07132	0.00155	→	0.02856	0.20324	→	-0.04100	0.06760	↓	-0.10270	0.00000	↓	-0.21930	0.00000	↓	-0.24384	0.00000	↓	-0.22418	0.00000	↓	-0.19105	0.00000
"Longitudinal"	crenon	↓	-0.19807	0.00000	↓	-0.18839	0.00000	↓	-0.10013	0.00001	↓	-0.06008	0.00728	↓	-0.07653	0.00068	↓	-0.07517	0.00081	→	-0.02638	0.23963	→	0.03258	0.14669	↑	0.13562	0.00000	↑	0.20810	0.00000	↑	0.21432	0.00000	↑	0.16835	0.00000
	epirithron	↓	-0.25697	0.00000	↓	-0.26149	0.00000	↓	-0.13503	0.00000	↓	-0.06507	0.00365	↓	-0.04837	0.03186	→	-0.03279	0.14411	↑	0.03056	0.17311	↑	0.10615	0.00000	↑	0.23641	0.00000	↑	0.29723	0.00000	↑	0.27804	0.00000	↑	0.21962	0.00000
	metarithron	↓	-0.28204	0.00000	↓	-0.29370	0.00000	↓	-0.15152	0.00000	↓	-0.10231	0.00000	↓	-0.03694	0.10123	→	0.00241	0.91454	↑	0.06633	0.00311	↑	0.15077	0.00000	↑	0.28691	0.00000	↑	0.32874	0.00000	↑	0.28655	0.00000	↑	0.23960	0.00000
	hyporithron	↓	-0.16132	0.00000	↓	-0.19571	0.00000	↓	-0.11058	0.00000	↓	-0.08585	0.00013	→	0.01960	0.38447	↑	0.06931	0.00202	↑	0.12370	0.00000	↑	0.17129	0.00000	↑	0.24077	0.00000	↑	0.21343	0.00000	↑	0.15790	0.00000	↑	0.13785	0.00000
	epipotamon	↑	0.16428	0.00000	↑	0.16652	0.00000	↑	0.07859	0.00063	↑	0.05321	0.01746	→	0.04096	0.06919	↑	0.04922	0.02836	→	0.00929	0.67882	→	-0.02477	0.26985	↓	-0.10560	0.00000	↓	-0.17487	0.00000	↓	-0.17010	0.00000	↓	-0.12115	0.00000
	metapotamon	↑	0.28525	0.00000	↑	0.32958	0.00000	↑	0.18139	0.00000	↑	0.11182	0.00000	↑	0.04971	0.02743	→	0.01563	0.48625	→	-0.04331	0.05351	↓	-0.13460	0.00000	↓	-0.28724	0.00000	↓	-0.33690	0.00000	↓	-0.29648	0.00000	↓	-0.23325	0.00000
	estuary	↑	0.22884	0.00000	↑	0.31186	0.00000	↑	0.17476	0.00000	↑	0.12448	0.00000	↑	0.01472	0.51363	→	-0.00153	0.94588	↓	-0.02602	0.24605	↓	-0.12333	0.00000	↓	-0.28365	0.00000	↓	-0.33214	0.00000	↓	-0.27725	0.00000	↓	-0.22853	0.00000
	outside river system	↑	0.22853	0.00000	↑	0.18876	0.00000	↑	0.12313	0.00000	↑	0.05575	0.01276	↑	0.07828	0.00051	→	0.02591	0.24842	↓	-0.05557	0.01324	↓	-0.11130	0.00000	↓	-0.20756	0.00000	↓	-0.24763	0.00000	↓	-0.24311	0.00000	↓	-0.20809	0.00000
"Altitude"	lowlands	↑	0.26356	0.00000	↑	0.24491	0.00000	↑	0.12471	0.00000	↑	0.07910	0.00041	↑	0.07640	0.00070	↑	0.06415	0.00427	→	-0.00275	0.90239	↓	-0.07560	0.00076	↓	-0.20008	0.00000	↓	-0.26230	0.00000	↓	-0.25995	0.00000	↓	-0.19969	0.00000
	piedmont level	↓	-0.24242	0.00000	↓	-0.23132	0.00000	↓	-0.12452	0.00000	↓	-0.08986	0.00006	↓	-0.06976	0.00197	↓	-0.04532	0.04349	→	0.01526	0.49653	↑	0.08166	0.00028	↑	0.19038	0.00000	↑	0.24701	0.00000	↑	0.24350	0.00000	↑	0.18016	0.00000
	alpine level	↓	-0.25826	0.00000	↓	-0.22597	0.00000	↓	-0.12036	0.00000	↓	-0.06910	0.00202	↓	-0.06511	0.00387	↓	-0.07497	0.00084	→	-0.01965	0.38105	↑	0.05569	0.01311	↑	0.19788	0.00000	↑	0.26950	0.00000	↑	0.27621	0.00000	↑	0.22491	0.00000
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↓	-0.24332	0.00000	↓	-0.28313	0.00000	↓	-0.16887	0.00000	↓	-0.10555	0.00000	↓	-0.08216	0.00027	→	-0.03238	0.14916	↑	0.05985	0.00763	↑	0.15868	0.00000	↑	0.29415	0.00000	↑	0.33311	0.00000	↑	0.32413	0.00000	↑	0.25740	0.00000
	gravel	↓	-0.07005	0.00473	→	-0.02494	0.31281	→	-0.01156	0.61517	→	0.01566	0.48419	↑	0.04549	0.04356	↑	0.09430	0.00003	↑	0.10474	0.00000	↑	0.09171	0.00004	↑	0.08178	0.00028	→	0.05856	0.00979	→	0.03903	0.08845	↑	0.08226	0.00172
	sand	→	0.01425	0.56557	↑	0.07488	0.00243	→	0.02868	0.21205	↑	0.11062	0.00000	↑	0.09907	0.00001	↑	0.07119	0.00152	→	0.03101	0.16683	→	-0.03703	0.09907	↓	-0.07117	0.00155	↓	-0.10701	0.00000	↓	-0.12069	0.00000	↓	-0.05583	0.03333
	silt	↑	0.20948	0.00000	↑	0.22022	0.00000	↑	0.13215	0.00000	↑	0.10915	0.00000	↑	0.09933	0.00001	↑	0.04484	0.04578	↓	-0.04710	0.03575	↓	-0.13878	0.00000	↓	-0.23189	0.00000	↓	-0.26284	0.00000	↓	-0.26784	0.00000	↓	-0.19328	0.00000
	macrophytes	↑	0.16469	0.00000	↑	0.13832	0.00000	↑	0.08752	0.00014	→	-0.00940	0.67457	→	0.04227	0.06073	→	0.03083	0.16973	→	-0.02500	0.26505	→	-0.03727	0.09693	↓	-0.11772	0.00000	↓	-0.13564	0.00000	↓	-0.12997	0.00000	↓	-0.13362	0.00000
	microphytes	↑	0.23848	0.00000	↑	0.27084	0.00000	↑	0.15711	0.00000	↑	0.06039	0.00698	↑	0.03220	0.15312	↑	0.00559	0.80327	↓	-0.03219	0.15126	↓	-0.09666	0.00002	↓	-0.23913	0.00000	↓	-0.28084	0.00000	↓	-0.27065	0.00000	↓	-0.22416	0.00000
	twigs/roots	↓	-0.18810	0.00000	↓	-0.16658	0.00000	↓	-0.09034	0.00008	→	-0.02185	0.32899	↓	-0.08888	0.00008	→	-0.02860	0.20273	↑	0.05386	0.01635	↑	0.14126	0.00000	↑	0.18375	0.00000	↑	0.17655	0.00000	↑	0.18775	0.00000	↑	0.12707	0.00000
	organic detritus / litter	↑	0.06920	0.00526	↑	0.05035	0.04154	↑	0.04515	0.04945	→	0.00807	0.71861	→	-0.03069	0.17327	↓	-0.04510	0.04453	↓	-0.08195	0.00026	↓	-0.09506	0.00002	↓	-0.12065	0.00000	↓	-0.10023	0.00001	↓	-0.08496	0.00021	↓	-0.09915	0.00016
	mud	↑	0.25997	0.00000	↑	0.25076	0.00000	↑	0.16234	0.00000	↑	0.08172	0.00026	↑	0.08570	0.00014	→	0.01705	0.44771	↓	-0.06008	0.00740	↓	-0.15642	0.00000	↓	-0.25959	0.00000	↓	-0.28344	0.00000	↓	-0.28407	0.00000	↓	-0.23663	0.00000
	"Current"	null	↑	0.25771	0.00000	↑	0.22149	0.00000	↑	0.14765	0.00000	↑	0.05900	0.00840	↑	0.07363	0.00109	→	0.02568	0.25276	↓	-0.05158	0.02149	↓	-0.11733	0.00000	↓	-0.22923	0.00000	↓	-0.27351	0.00000	↓	-0.27737	0.00000	↓	-0.22161
slow (< 25 cm/s)		↑	0.19694	0.00000	↑	0.28071	0.00000	↑	0.13037	0.00000	↑	0.10063	0.00001	↑	0.05608	0.01284	↑	0.05475	0.01474	→	0.00153	0.94562	↓	-0.07789	0.00052	↓	-0.19925	0.00000	↓	-0.26374	0.00000	↓	-0.26550	0.00000	↓	-0.21844	0.00000
medium (25 - < 50 cm/s)		↓	-0.24252	0.00000	↓	-0.24861	0.00000	↓	-0.12575	0.00000	↓	-0.03419	0.12670	→	-0.04130	0.06689	→	-0.02282	0.30932	↑	0.04405	0.04956	↑	0.11081	0.00000	↑	0.21303	0.00000	↑	0.26692	0.0000						

8.2. Annexe 2 : Liens granulométrie / taxons invertébrés – Analyse TITAN

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	3	0	0.6	0	2.24	0	0.95	0	0.99	0	1.16	0	0.81	0	0.69	0	0.5	0	0.55	0	1.16	0	2.61	0	2.61	0	1.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Brachyptera	7	0	1.52	0	2.25	0	6.94	0	1.08	0	0.99	0	1.07	0	1	0	1.74	0	0.98	0	2.65	0	1.32	0	1.57		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	8	0	1.65	0	2.25	1	2.13	0	1.53	0	3.61	0	2.7	0	8.2	0	1.16	0	1.21	0	1.77	0	5.34	0	3.85	0	1.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	41	1	5.53	1	6.39	0	8.19	0	5.43	0	4.56	0	5.88	0	6.2	0	10.16	0	5.2	2	15.7	0	11.2	0	8.1	0	4.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemouridae	13	0	2.2	1	2.81	0	3.74	0	2.12	0	1.9	0	12.88	0	1.56	0	1.72	0	1.82	0	4.31	2	3.75	2	8.96	0	3.26
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura	36	0	6.06	1	6.49	1	7.34	1	7.73	1	10.03	0	5.25	0	4.32	0	5.56	2	15.08	2	11.74	2	10.41	2	12.06	0	5.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemoura	175	1	22.08	1	19.71	1	27.09	2	17.89	0	41.32	0	15.73	0	18.93	0	19.83	2	19.68	2	20.43	2	23.34	0	56.37	1	18.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Protonemura	210	1	29.94	1	30.53	1	27.02	1	21.7	0	18.67	1	21.88	0	22.58	0	18.42	2	28.8	2	39.81	2	44.3	2	40.26	0	19.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctridae	85	1	8.96	1	11.04	1	11.79	0	7.6	0	49.67	0	9.8	0	18.63	0	7.86	0	8.98	0	8.33	0	8.98	0	7.85	2	24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Euleuctra	276	1	27.17	1	24.99	1	28.16	1	30.7	0	26.77	2	24.3	2	28.3	2	24.94	2	32.72	2	24.83	2	26.95	0	26.69	2	30.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctra	520	1	52.55	1	58.53	1	48.05	1	52.83	1	43.11	0	44.1	2	56.19	2	56.35	2	58.99	2	60.28	2	59.33	2	62.35	2	44.33
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnia	3	0	0.96	0	1	0	1.04	0	0.49	0	2.88	0	4.27	0	16.6	0	1.23	0	0.44	0	0.61	0	2.21	0	0.65	0	0.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnioneura	4	0	0.88	0	1.37	0	1.06	0	1.48	0	0.93	0	2.47	0	1.53	0	4.86	0	6.43	0	0.67	0	2.43	0	0.91	0	1.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodidae	68	1	8.75	1	10.86	1	8.34	0	6.5	0	6.47	0	8.29	0	7.36	2	8.12	2	9.79	2	16.39	2	15.51	2	12.25	0	7.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Besdulus	3	0	0.39	0	0.56	0	7.03	0	0.89	0	0.92	0	0.6	0	0.51	0	1.3	0	4.65	0	0.52	0	1.67	0	1.66	0	1.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Isoperla	114	1	13.67	1	16.05	1	12.04	1	12.27	0	39.72	1	12.28	0	10.73	2	10.75	2	15.63	2	19.81	2	28.27	2	28.08	0	9.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodes	77	1	9.36	1	11.28	1	8.63	0	8.98	0	7.23	0	7.11	0	6.87	0	7.56	2	8.89	2	13.81	2	12.78	2	14.03	0	6.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perlidae	35	1	9.73	1	5.87	1	5.49	1	9.67	0	16.85	1	32.01	0	3.56	0	11.1	2	5	2	7.6	2	32.07	2	26.54	0	5.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Dinocras	80	1	11.9	1	12.52	1	11.99	1	9.28	1	18	1	10.06	0	8.74	0	8.15	2	11.53	2	23.48	2	19.81	2	20.15	0	7.11
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perla	138	1	21.55	1	21.93	1	21.62	1	14.54	1	12.86	1	16.22	0	11.44	2	14.23	2	20.4	2	35.3	2	34.36	2	31.05	2	14.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperlidae	27	1	3.98	1	4.88	1	4.29	0	3.33	0	3.81	0	14.54	0	2.84	0	3.53	2	4.04	2	8.36	2	6.28	0	37.35	0	5.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperla	14	0	2.05	0	2.34	0	3.08	0	2.17	0	1.71	0	1.66	0	2.27	0	4.88	0	1.33	2	15.22	0	4.41	0	3	0	2.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Siphonoperla	45	1	6.7	1	6.59	1	6.12	0	5.32	0	5.74	0	4.45	1	6.06	0	4.97	2	6.26	2	7.23	2	9.63	2	13.47	0	10.67
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	NA	Rhyacophila	600	1	54.4	1	51.29	1	46.4	1	55.09	1	47.67	0	47.08	2	48.35	2	58.13	2	58.53	2	59.7	2	58.65	2	59.07	2	45.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosomatidae	75	0	10.22	0	9.08	0	9.23	0	8.74	0	11.14	0	14.4	0	16.1	2	9.12	2	14.96	2	9.09	0	14.29	0	9	0	13.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma	81	1	10.54	1	12.46	1	11.29	1	9.76	0	12.69	0	8.74	0	9.31	2	10.14	2	12.02	2	19.61	2	32.68	2	15.63	0	8.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Agapetus	138	0	16.97	0	15.4	0	12.91	0	14.79	0	14.65	0	23.23	0	14.9	2	21.42	2	16.27	0	14.37	0	24.49	0	17.27	0	17.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Synagapetus	3	0	0.98	0	0.71	0	2.27	0	0.52	0	0.83	0	1.93	0	0.64	0	0.86	0	1.3	0	0.74	0	1.74	0	0.5	0	1.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	84	0	7.83	1	30.12	0	9.3	1	8.93	0	25.28	0	29	0	8.4	2	36.15	2	17.29	2	9.85	0	8.55	0	8.86	2	14.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Orthotrichia	64	0	18.56	0	32.61	0	7.44	0	7.9	0	6.29	2	12.63	0	6.88	2	7.4	2	41.01	0	7.74	0	11.88	0	7.58	2	19.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Ithytrichia	216	2	21.48	0	18.1	2	19.51	2	22.61	2	22.67	2	37.82	2	22.14	0	20.55	0	18.88	1	22.55	1	24.15	0	19	1	20.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Oxyethira	8	0	2.07	0	1.13	0	1.79	2	3.54	0	2.55	0	3.22	0	1.4	0	1.17	0	1.41	0	1.52	0	1.05	0	1.16	0	2.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila	514	0	38.85	2	42.46	0	35.75	1	43.83	2	41.41	2	45.28	2	40.4	2	40.38	0	37.14	0	37.33	0	46.59	1	46.89	0	40.99
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Agraylea	13	0	1.73	0	2.1	0	5.63	0	2.97	0	12.47	0	2.23	0	2.2	0	18.12	0	1.72	0	2.99	0	2.28	0	4.41	0	2.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Allotrichia	7	0	2.16	0	11.37	0	1.75	0	4.12	0	1.61	0	2.17	0	1.76	0	1.41	0	14.42	0	4.45	0	0.94	0	2.22	0	8.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamidae	6	0	5.28	0	0.99	0	15.51	0	2.07	0	2.88	0	1.32	0	0.77	0	3.17	0	1.97	0	0.9	0	1.61	0	1.47	0	2.05
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	51	0	6.19	1	10.79	1	8.12	0	6.25	1	6.83	0	5.11	0	4.95	2	7.02	2	9.44	2	7.99	2	9.14	2	12.78	2	10.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamus	39	1	6.37	1	6.52	1	13.53	0	4.72	0	8.39	0	4.92	1	6.81	0	5.01	2	5.72	2	16.06	2	14.34	0	11.36	0	4.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Wormaldia	22	1	10.48	0	2.72	0	4.62	0	5.56	1	6.3	0	5.11	0	2.87	0	3.9	0	2.21	0	2.24	0	2.47	0	3.58	0	4.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA																														

Annexe 2 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilidae	59	0	6.48	0	25.18	0	19.23	0	6.69	0	6.1	0	6.46	0	6.52	0	6.12	2	6.83	2	8.84	0	19.55	0	15.36	0	5.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae	497	1	46.25	1	50.07	1	45.25	1	50.73	0	49.75	0	46.22	0	47.83	2	47.19	2	52.98	2	51.43	2	52.88	0	49.01	0	46.33
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Drusinae	57	1	7.41	1	7.91	1	8.76	1	7.56	0	16.45	0	28.36	1	7.11	0	7.35	2	7.17	2	11.5	2	26.95	2	19.17	0	12.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goeridae	227	0	20.77	1	23.62	0	19.89	2	21.69	2	19.76	2	20.16	2	25.86	2	24.4	0	18.88	0	19.6	0	17.74	0	16.67	0	21.92
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goera	171	2	18.4	0	44.25	2	17.65	0	13.5	2	16.75	2	18.32	2	19.57	0	18.4	0	15.54	0	15.36	0	15.67	0	13.8	0	17.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Lithax	24	0	10.1	0	3.23	0	3.03	2	4.16	0	3.14	0	2.97	0	3.73	0	7.56	0	3.07	0	3.29	0	3.26	0	5.65	0	3.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Silo	249	0	22.2	0	26.93	0	22.89	2	27.25	2	29.5	0	27.85	2	28.11	0	27.35	0	24.68	2	26.64	0	23.39	0	48.52	0	30.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Uenoidae	Thremma	3	0	0.64	0	0.61	0	2.24	0	0.98	0	3.57	0	0.62	0	0.84	0	0.72	0	1.26	0	2.5	0	1.8	0	2.77	0	3.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostomatidae	51	0	5.96	0	5.94	0	5.45	0	6.1	0	4.54	0	5.81	0	5.76	2	6.29	2	6.27	2	25.96	0	8.99	0	14.85	0	4.18
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostoma	287	0	30.88	0	26.69	0	28.51	0	25.42	0	27.19	2	41.13	2	28.32	2	29.47	0	28.04	0	39.1	0	50.53	0	23.02	1	25.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lasiocephala	69	0	7.16	0	8.12	0	18.97	0	7.34	0	6.61	0	6.33	0	15.14	0	7.64	0	6.57	0	15.97	0	11.12	0	11.57	0	11.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Crunoecia	8	0	1.57	0	4.57	1	2.26	0	1.34	0	1.05	0	1.38	0	1.25	0	1.23	0	1.88	2	3.04	2	5.71	2	8.25	0	1.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptoceridae	89	0	8.57	0	8.02	0	14.78	0	8.69	0	27.17	0	16.17	0	8.64	0	24.83	0	13.42	0	8.67	0	10.11	0	33.66	0	10.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Athripsodes	375	0	33.68	0	30.64	2	29.6	0	37.32	0	27.45	2	37.2	2	47.42	2	31.51	0	29.74	1	35.33	1	32.33	1	39.32	1	34.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Mystacides	506	0	51.84	0	35.7	0	52.81	0	63.51	2	42.32	2	46.32	2	42.38	2	42.13	0	37.73	0	37.78	0	44.98	0	48.18	0	46.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ceraclae	137	0	12.35	0	12.17	0	12.03	0	12.32	2	17.93	2	24.55	2	18.07	2	12.76	2	72.41	0	12.29	0	10.96	0	13.2	1	13.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Triadenodes	19	0	9.77	0	2.46	1	7.22	0	2.41	0	2.5	0	2.32	0	2.47	0	2.63	0	8.33	0	2.42	0	2.34	0	2.8	2	16.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis	238	1	23.09	1	24.31	0	26.58	2	25.6	0	26.78	0	26.2	0	20.34	2	23.06	2	58.47	2	22.98	0	20.96	0	58.59	0	20.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Setodes	44	1	10.84	1	6.68	1	8.52	0	6.01	0	5.1	0	5.13	0	5.56	0	5.15	2	6.65	2	6.7	2	7.13	2	12.49	2	13.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptocerus	36	0	13	0	9.6	0	6.05	0	4.52	0	4.71	0	4.08	0	12.61	0	4.08	2	8.17	0	3.93	0	4.7	0	4.26	2	11.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Adicella	118	1	24.92	1	12.74	0	12.18	2	55.98	0	12.8	0	13.72	0	17.77	0	38.94	0	14.07	0	23.96	0	18.14	0	17.99	0	23.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ylodes	6	0	4.1	0	0.83	0	1.08	0	1.31	0	0.93	0	9.08	0	3.37	0	1.22	0	7.6	0	19.28	0	1.58	0	1.99	0	8.08
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostomatidae	148	0	14.11	0	26.19	0	16.62	0	14.07	0	15.44	0	17.62	0	12.22	0	16.35	0	12.49	0	13.85	2	62	0	33.26	0	13.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostoma	371	1	28.94	1	36.31	1	28.49	1	35.38	0	25.57	0	28.64	0	30.98	2	31.85	2	32.12	2	34.88	2	43.25	2	38.9	0	25.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Notidobia	46	0	7.43	0	6.14	0	5.35	0	33.46	2	5.65	0	3.96	0	4.4	0	4.55	0	4.9	0	4.64	0	23.21	0	5.4	1	5.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeidae	3	0	0.91	0	0.59	0	1.36	0	0.6	0	0.59	0	15.75	0	0.46	0	0.53	0	0.72	0	1.64	0	10.36	0	2.58	0	1.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraea	5	0	1.03	0	0.91	0	1.07	0	1.52	0	3.61	0	0.7	0	0.71	0	2.31	0	0.69	0	1.1	0	1.49	0	3.04	0	2.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeodes	51	0	5.3	0	5.52	0	19.35	0	25.44	0	6.58	0	5.26	0	5.07	0	5.96	0	5.48	0	6.49	0	39.63	0	8.95	0	6.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeamyia	3	0	0.54	0	0.59	0	1.19	0	0.59	0	0.57	0	0.64	0	0.61	0	0.57	0	0.69	0	1.7	0	0.67	0	2.48	0	1.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Odontoceridae	Odontocerus	161	1	18.74	1	21.69	0	27.56	0	18.77	0	13.53	2	14.42	0	15.76	0	15.83	2	16.22	2	26.41	2	80.87	0	23.57	0	15.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Calamoceratidae	Calamoceras	8	0	1.42	0	1.7	0	1.34	0	1.19	0	1.31	0	1.21	0	7.14	0	1.06	0	1.57	0	1.14	0	1.05	0	1.58	2	17.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hexanidae	Molanna	27	2	7.92	2	3.82	0	3.47	0	7.07	0	4.73	0	4.61	0	3.76	0	3.57	0	3.17	1	3.29	1	5.02	0	3.7	1	3.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Siphonuridae	Siphonurus	4	0	0.84	0	0.81	0	1.69	0	0.83	0	1.4	0	1.24	0	0.93	0	3.22	0	1.61	0	0.66	0	0.57	0	0.99	0	3.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	238	0	19.5	0	75.04	0	19.88	0	18.83	0	63.64	2	22.54	0	22.02	0	43.05	0	18.38	0	18.16	1	26.83	0	23.43	2	31.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	825	1	61.41	1	70.54	1	54.74	1	64.51	0	51.12	0	60.04	2	63.13	2	61.01	2	62.97	2	59.91	2	59.38	2	57.95	2	55.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella	18	0	7.89	0	2.32	0	1.91	1	10.82	0	8.41	0	2.31	0	5.16	0	3.36	2	4	2	3.85	0	2.56	0	5.75	0	3.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Centropilum	343	2	32.9	0	46.01	0	26.7	0	37.18	0	34.04	2	35.51	2	29.2	2	29.94	0	57.72	0	32.07	0	31.86	0	28.05	0	24.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Procloeon	259	0	22.83	0	75.3	1	22.22	0	22.07	2	28.54	2	31.61	0	20.93	0	51.23	0	55.15	0	28.9	1	24.48	0	19.45	0	30.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Cloeon	121	2	70.93	2	18.72	0	13.05	0	11.13	0	21.63	0	12.24	0	37.22	0	17.12	0	26.44	1	27.32	1	75.59	0	18.03	0	18.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Oligoneuriella	36	0	5.16	0	4.75	0	4.2	1	10.22	1	6.65	0	4.21	2	5.95	2	11.84	2	7.89	2	5.15	0	3.75	0	5.28	0	5.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptageniidae	209	1	21.66	1	25.52	1	21.72	1	22.89	0	16.15	0	20.71	0	18.16	2	23.84	2	34.78	2	24.15	2	23.84	2	33.89	0	19.42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeorus	171	1	21.62	1	26.04	1	23.01	1	19.9	0	16.03	1	20.3	1	19.76	2	18.29	2	22.47	2	36.14	2	51.49	2	42.13	2	18.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena	188	1	22.25	1	27.79	1	20.85	1	20.5	1	19.4	0	15.85	2	21.9	2	23.19	2	26.23	2	33	2	32.94	2	35.42	0	15.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Ecdyonurus	387	1	42.26	1	44.74	1	35.03	1	36.42	1	30.75	1	35.16	2	40.22	2	35.86	2	47.08	2	51.62	2	45.38	2	61.2		

Annexe 2 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinidae	10	0	1.51	0	1.65	1	24.78	0	1.74	0	3.96	0	3.73	0	1.61	0	1.67	0	1.83	0	1.46	0	1.58	2	6.72	0	1.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinus	41	0	4.43	0	12.37	2	27.28	0	22.62	0	4.05	0	13.31	0	9.82	0	11.58	0	5.72	0	4.66	0	4.02	1	5.81	1	5.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Orectochilus	239	0	26.27	1	24.02	0	27.07	2	22.73	0	32.9	0	23.17	0	17.58	0	20.84	0	22.53	0	18.13	0	18.07	0	18.31	0	32.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Haliplidae	7	0	3.96	0	18.74	0	0.93	0	1.1	0	1.01	0	1.08	0	1.69	0	1.76	0	2.97	0	1.19	0	1.23	0	1.35	0	1.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Haliplus	134	2	31.04	2	15.02	0	10.4	0	11.86	0	24.14	2	21.14	0	18.97	0	12.73	0	13.89	1	13.63	0	18.55	1	15.64	0	14.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Pelodytes	17	0	5.19	0	19.28	0	16.01	1	3.61	0	2.44	0	4.9	0	3.45	0	2.25	0	2	0	8.89	0	2.3	0	2.39	2	10.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Brychius	46	0	5.21	0	4.93	0	6.03	0	4.34	0	5.18	0	11.01	2	14.61	2	8.99	0	5.34	1	5.4	0	15.03	0	5.51	0	5.18
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscidae	18	0	2.01	0	4.34	0	4.52	0	2.26	0	3.12	0	1.9	0	18.07	0	1.92	0	4.11	0	2.96	0	18.07	0	4.63	0	15.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae	198	1	20.71	1	17.68	0	18.28	1	19.18	0	14.96	0	15.51	0	20.09	2	18.52	2	17.91	2	25.39	2	21.77	0	26.58	0	15.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Laccophilinae	43	0	15.47	0	23.37	0	4.93	0	4.64	0	4.53	2	6.3	0	31.82	0	4.45	0	16.83	0	6.22	0	14.63	0	6.37	0	5.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Colymbetinae	179	0	15.24	0	13.66	0	17.36	2	17.23	2	18.87	0	18.33	0	18.13	1	17.34	1	17.4	0	17.36	0	49.95	0	51.98	0	20.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscinae	13	0	3.51	0	1.51	0	4.38	0	2.86	0	4.07	0	14.42	0	1.4	0	17.71	0	3.92	0	17.71	0	1.73	0	17.71	0	2.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae	20	0	2.61	0	2.94	0	7.85	0	3.61	0	4.29	0	2.4	0	14.83	0	2.5	2	3.92	0	3.08	0	4.62	0	2.63	0	16.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilinae	110	0	9.6	0	11.59	0	11.78	0	17.6	0	29.97	0	9.92	0	22.77	0	34.41	0	38.39	1	25.83	0	11.01	0	13.61	0	16.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Sphaeriinae	12	0	3.53	0	9.56	0	1.51	0	16.79	0	1.7	0	1.88	0	1.74	0	2.03	2	2.96	0	2.5	0	1.71	0	2.52	0	2.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Limnebius	12	0	2.91	0	1.26	0	3.28	2	2.13	0	18.54	0	1.91	0	3.23	0	1.61	0	1.64	0	11.65	0	4.76	0	18.54	0	2.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Helophoridae	Helophorus	39	0	6.45	2	6.17	0	4.93	0	4.91	0	4.33	0	5.73	0	5.63	0	4.16	0	4.4	0	4	0	5.77	0	4.9	1	5.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrochidae	Hydrochus	16	0	3.59	0	1.77	0	5.27	0	10.64	0	2.96	0	4.91	0	4.52	1	6.68	0	5.66	0	3.64	0	2.22	0	2.99	0	2.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Hydraena	432	1	42.81	0	32.54	0	31.58	2	34.62	0	31.68	0	32.56	0	36.9	0	36.43	0	31.72	2	37.7	2	48.13	2	37.65	0	31.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Ochthebius	23	0	13.41	0	6.36	0	2.96	0	5.87	0	2.8	1	3.23	0	4.05	0	7.49	0	3.3	0	4.91	0	17.67	0	2.55	0	4.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae	7	0	10.78	0	1.46	0	6.09	0	7.33	0	5.96	0	5.35	0	3.61	0	4.08	0	2.33	0	3.15	0	5.18	0	1.47	0	1.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Pomatinus	83	0	8.96	0	14.14	0	9.41	0	8.29	0	32.93	0	24.19	0	39.75	2	20.71	0	60.38	0	21.91	0	28.1	0	10.3	0	9.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryops	106	0	11.65	0	12.23	0	12.01	0	10.4	0	9.53	0	51.61	0	11.72	0	22.08	2	21.08	0	10.33	0	11.48	0	9.11	2	47.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmidae	32	0	5.36	0	4.06	0	4.41	0	13.51	0	19.16	0	4.17	0	19.91	0	3.28	0	3.81	0	3.79	0	11.28	0	4.04	0	14.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Potamophilus	16	0	16.25	0	1.92	0	1.57	0	1.99	0	4.2	0	6.77	0	12.96	0	2.27	0	10.79	0	2.11	0	2.24	0	1.82		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis	231	0	25.96	0	21.68	0	19.46	1	24.01	0	19.51	2	19.92	2	46.91	2	31.01	2	61.41	0	20.51	0	21.17	0	22.92	2	31.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmis	729	0	66.89	1	52.58	0	69.5	1	55.7	0	46.3	0	50.03	2	62.38	2	66.67	2	57.65	2	54.74	0	45.84	0	47.47	0	47.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Esolus	600	0	43.26	1	56.98	1	49.43	1	57.49	0	42.89	2	50.97	2	49.18	2	51.44	2	50.69	2	48.58	0	46.22	0	42.99	2	58.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Dupophilus	214	1	25.47	1	24.66	0	20.3	2	25.79	0	19.7	0	23.34	0	20.38	2	25.88	0	18.97	0	17.67	0	23.11	2	43.55	0	18.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Oulimnius	647	0	47.03	0	46.85	0	64.39	0	49.08	2	57.4	2	50.53	2	56.13	0	48.88	0	42.47	0	56.57	1	61.35	0	48.21	0	57.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Limnius	672	0	75.37	1	62.09	0	71.08	0	58.95	2	47.88	2	48.21	2	46.77	2	54.98	0	58.44	0	48.12	0	45.28	0	45.97	0	44.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Normandia	47	2	6.26	0	6.71	0	5.07	0	5.45	0	6.97	0	7.29	2	25.89	0	13.76	0	11.23	0	10.73	0	14.97	0	5.1	0	10.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Riolus	282	2	26.56	0	21.07	0	24.94	1	32.18	0	28.4	2	22.61	2	26.91	2	23.26	0	21.72	1	23.46	0	23.35	1	22.88	2	31.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Macronychus	55	0	31.5	0	5.12	0	4.47	2	7.7	0	6.49	0	6.02	0	11.29	0	4.52	0	37.01	0	5.7	0	5.34	0	6.51	0	6.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydroscaphidae	Hydroscapha	5	0	0.72	0	0.93	0	2.85	0	0.99	0	1.05	0	0.78	0	0.83	0	0.91	0	1.43	0	0.83	0	1.06	0	0.96	0	1.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Cyphon	9	0	2.22	0	1.71	0	3.72	0	3.42	0	1.1	0	1.22	0	1.67	0	1.8	0	2.51	0	3.16	0	17.46	0	1.17	0	2.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Helodes	60	0	5.33	0	6.97	0	21.15	0	6.44	0	5.6	0	7.01	0	6.96	0	5.75	0	6.46	0	6.96	0	10.6	0	5.86	0	6.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Hydrocyphon	49	1	7.65	1	7.73	1	7.11	1	6.6	0	5.68	0	5.1	0	5.61	2	6.48	2	7.37	2	10.14	2	10.6	0	10.29	2	7.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae	22	2	3.81	0	7.59	0	8.78	0	9.7	0	16.68	0	9.8	0	3.8	0	4.57	0	15.09	0	11.41	0	20.7	0	5.81	0	2.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Calopteryg																												

Annexe 2 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixidae	33	0	4.78	0	5.62	0	4.29	0	3.74	0	6.19	0	7.01	0	5.72	0	3.09	0	16.51	0	3.77	1	5.75	0	4.66	0	4.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixinae	99	2	15.43	0	16.24	0	9.45	2	23.07	0	13.68	0	22.47	0	26.55	1	22.58	1	17.96	1	19.87	1	14.8	0	11.45	0	13.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Micronecta	313	0	53.05	0	37.49	0	30.9	0	45.89	2	70.68	0	45.6	0	28.03	0	31.36	0	26.45	1	29.55	1	30.91	0	30.08	0	27.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Aphelocheiridae	Aphelocheirus	220	2	21.27	0	21.26	0	15.44	2	20.3	2	20.65	2	23.16	0	20.12	0	22.92	0	16.95	1	22.02	1	18.73	0	23.43	0	18.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Naucoridae	Naucoridae	21	2	46.67	0	4.47	0	4.44	1	4.73	0	7.94	0	11.39	0	26.01	0	19.72	0	10.82	0	8.84	0	4.67	0	4.88	2	8.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Nepidae	Nepidae	42	0	9.4	0	9.12	0	10.44	0	29.08	0	14.53	0	6.46	0	12.4	0	10.56	0	36.7	0	15.16	0	5.23	0	7.05	0	7.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Notonectidae	Notonectidae	35	0	4.71	0	4.51	2	12.31	0	15.27	2	8.85	2	28.26	0	7.57	0	12.23	1	5.16	1	6.19	1	7.11	1	4.72	0	3.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Pleidae	Plea	8	0	2.22	0	3.11	0	4.08	0	1.32	0	1.22	2	1.84	0	1.08	0	1.1	0	1.43	0	1.14	0	1.32	0	0.99	0	0.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerridae	24	0	5.09	0	4.58	0	13.48	0	2.6	0	2.59	0	2.99	0	2.88	2	8.52	0	2.94	1	3.89	0	2.51	0	2.89	0	4.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerris	200	0	16.88	0	15.29	0	16.05	2	30.09	0	39.31	0	19.57	1	26.39	0	24.35	0	22.05	0	19.47	0	14.67	0	32.17	0	18.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Hydrometridae	Hydrometra	54	0	14.31	0	17.83	0	5.69	0	5.76	0	4.56	0	7.9	0	5.27	0	20.34	0	5.1	0	11.7	0	17.83	0	11.27	0	7.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Mesoveliidae	Mesovellia	9	0	13.76	0	1.21	0	8.03	0	1.35	0	2.54	0	4.5	1	1.96	1	2.17	0	2.03	0	1.28	0	4.92	0	1.11	0	2.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Veliidae	Veliidae	54	0	10.94	0	4.7	0	11.79	0	5.69	0	16.55	0	6.29	0	4.54	0	10.81	0	7.83	0	4.7	0	5.52	0	4.89	0	6.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Blephariceridae	Blephariceridae	90	1	13.19	1	14.26	1	13.46	1	10.79	1	10.79	1	12.04	1	10.26	0	9.77	2	20.29	2	20.54	2	26.88	2	22.19	0	9.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tipulidae	Tipulidae	266	1	24.81	0	22.91	1	23.21	0	30.06	0	25.12	0	23.8	0	49.69	0	20.29	0	25.56	0	21.6	0	19.3	0	27.23	0	24.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Limoniidae	Limoniidae	685	1	53.89	1	71.26	0	50.89	0	74.61	0	48.69	0	46.57	0	50.19	2	48.9	2	53.97	2	53.46	2	48.67	0	46	0	49.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Psychodidae	Psychodidae	241	0	21.64	0	27.48	0	35.5	0	21.74	0	24.1	0	22.95	0	22.86	0	21.82	0	23.19	0	20.98	0	31.93	0	21.61	0	31.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ptychopteridae	Ptychopteridae	35	0	5.48	0	3.85	0	12.66	2	5.47	0	6.61	0	5.85	0	6.24	0	4.77	0	4.63	0	4.86	0	4.37	0	13.75	0	3.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dixidae	Dixidae	133	0	13.24	0	25.48	0	32.86	0	13.49	0	11.78	1	18.08	0	12.64	0	16.62	0	11.49	0	11.6	0	11.56	0	12.01	0	11.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Culicidae	Culicidae	36	2	13.95	0	7.95	0	3.82	0	8.67	0	6.25	0	4.19	1	5.38	1	6.38	0	7	1	6.95	1	28.82	0	4.94	0	5.12
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Simuliidae	Simuliidae	746	0	74.88	1	60.07	1	54.6	1	78.79	0	66.52	0	83.19	0	72.41	2	68.52	2	63.32	2	65.45	2	59.42	2	63.84	0	53.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Chironomidae	Chironomidae	887	0	58.08	0	57.21	0	56.65	0	57.72	2	63.66	0	58.61	2	57.27	2	63.5	0	55.33	0	69.27	0	61.43	0	56.08	0	77.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	518	1	43.48	1	44	0	47.12	0	34.86	2	39.42	2	39.3	2	37.64	0	34.27	0	47.42	0	35.5	1	36.25	0	38.97	0	36.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Stratiomyidae	Stratiomyidae	80	0	10.01	0	6.88	0	28.61	1	8.62	0	21.35	0	7.44	0	26.46	0	8.08	0	8.32	0	10.92	0	7.92	0	6.65	2	16.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Empididae	Empididae	559	1	48.05	1	45.5	0	42.09	1	45.82	1	40.57	0	41.51	2	45.52	2	50.19	2	42.53	2	45.73	2	50.05	0	42.45	0	41.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae	16	0	2.78	0	1.69	0	13.67	0	1.95	0	18.16	0	9.53	0	9.89	0	4.93	0	6.71	0	4.67	0	1.96	0	3.57	0	4.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tabanidae	Tabanidae	367	0	36.31	2	52.65	0	28.03	2	53.52	0	60.89	0	32.42	0	40.39	0	37.51	1	33.64	1	33.39	1	32.12	0	33.7	0	28.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Athericidae	Athericidae	566	1	43.18	0	41.87	0	57.94	0	38.72	0	60.69	0	61.65	0	57.63	0	50.32	0	41.07	0	52.12	0	40.24	0	41.79	0	51.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Rhagionidae	Rhagionidae	34	1	4.28	0	5.59	1	7.76	1	5.18	0	13.21	0	12.5	0	4.28	0	3.79	2	7.35	2	7.78	2	8.64	2	9.76	0	4.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ephydriidae	Ephydriidae	74	2	10.59	0	11.88	0	21.11	0	32.39	0	8.06	0	6.68	0	18.3	0	9.94	0	32.85	0	9.9	0	25.3	0	6.62	0	7.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Sciomyzidae	Sciomyzidae	8	0	0.94	0	1.55	0	11.56	2	5.39	0	1.65	0	2.28	0	2.95	0	4.28	0	3.19	0	2.43	0	2.18	0	1.09	0	1.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Scatophagidae	Scatophagidae	4	0	2.88	0	1.4	0	2.52	0	0.75	0	1.52	0	1.93	0	0.87	0	1.74	0	1.41	0	1.04	0	0.77	0	1.14	0	7.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Anthomyiidae	Anthomyiidae	150	0	30.62	0	11.96	0	25.7	0	12.03	0	46.75	0	12.24	0	23.95	0	15.05	0	12.65	0	13.43	0	18.83	0	13.96	0	11.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Lepidoptera	Crambidae	Crambidae	38	2	15.48	0	18.83	0	5.17	0	3.83	0	10.47	0	12.81	0	12.26	1	11.44	0	11.77	1	5.05	1	5.45	0	17.4	0	22.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Osmyidae	Osmylus	13	0	6.75	0	1.51	0	3.44	0	3.18	0	1.56	0	15.04	0	1.91	0	15.04	0	6.84	0	2.18	0	2.73	0	3.19	0	3.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Sisyridae	Sisyra	66	0	12.12	0	8.54	0	6.53	2	6.83	2	8.83	0	8.14	0	10.51	0	6.85	0	6.67	0	6.6	0	9.54	1	7.81	0	14.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Leucorrhinia	4	0	4.94	0	8.28	0	7.52	1	3.01	0	2.22	0	1.82	0	1	0	0.92	0	0.7	0	0.58	0	2.67	0	2.32	0	3.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hymenoptera	Agriotypidae	Agriotypus	37	0	4.58	0	4	0	2.98	2	5.46	0	3.87	2	18.16	2	4.55	2	16.14	0	4.42	0	4.2	0	4.26	0	3.51	0	4.14
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Atyidae	Atyaephyra	24	0	45.17	0	10.63	0	4.34	0	15.59	0	4.91	0	20.04	0	8.44	0	10.3	0	2.52	0	4.84	1	4.33	0	4.84	0	7.42
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Austropotamobius	4	0	1.25	0	0.77	0	1.19	0	2.66	0	1.27	0	3.17	0	0.59	0	0.81	0	0.73	0	0.69	0	3.58	0	0.97	0	1.16
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Orconectes	62	2	8.05	0	6.75	0	7.24	0	9.79	0	6.45	0	7.34	0	5.6	0	5.36	0	6.43	0	6.65	0	5.57	0	9.83	0	22.16
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Pacifastacus	57	0	10.17	0	6.18	0	5.51	2	8.09	2	6.4	0	5.9	0	6.25	0	5.54	2	6.44	2	7.32	2	7.62	0	8.15	0	5.53
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Cambaridae	5	0	19.56	0	5.46	0	1.36	0	2.71	0	2.53	0	9.57	0	9.57	0	9.57	0	1.24	0	4.58	0	1.55	0	2.01	0	2.38
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Procambarus	10	0	2.31	2	4.99	0	1.22	0	3.06	0	2	0	1.61	0	13.39	0	10.82	1	7.91	0	8.31	0	3.8	0	3.07	0	3.07
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Isopoda	Asellidae	Asellidae	443	2	54.29	2	42.32	2	42.47	0																			

Annexe 2 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle															
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal										
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	524	↑	2	57.76	↑	2	46.08	↑	2	57.34	→	0	46.33	→	0	44.38	→	0	42.77	→	0	39.09	↓	1	47.13	↓	1	48.89	↓	1	50	↓	1	51.91	↓	1	52.11	↓	1	44.2	
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Piscicolidae	Piscicolidae	186	↑	2	27.57	↑	2	19.45	↑	2	20.14	→	0	16.3	↑	2	24.3	↑	2	29.16	→	0	14.81	→	0	18.2	↓	1	18.87	↓	1	23.39	↓	1	23.25	↓	1	18.77	↓	1	18.56	
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Pharyngobdelliformes	Erpobdellidae	Erpobdellidae	528	↑	2	50.9	→	0	41.79	↑	0	44.9	→	0	60.9	↑	2	46.62	→	0	42.11	→	0	55.25	→	0	54.41	→	0	44.35	↓	1	51.45	↓	1	44.6	↓	1	48.06	↓	1	40.64	
Annelida	NA	NA	Oligochaeta	NA	Enchytraeidae	Oligochaeta	881	↑	2	81.59	↑	2	69	↑	2	73.88	→	0	80.57	→	0	62.64	→	0	82.62	↓	1	68.63	↓	1	69.78	↓	1	68.14	↓	1	68.28	↓	1	65.67	↓	1	76.01	↓	1	65.27	
Annelida	NA	NA	Oligochaeta	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdellidae	6	→	0	1.19	→	0	0.96	→	0	0.96	→	0	1.11	→	0	1.6	→	0	1.11	→	0	1.62	→	0	1.26	→	0	1.24	→	0	1.54	→	0	1.14	→	0	1.3	→	0	0.96	
Annelida	NA	NA	Oligochaeta	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdella	11	→	0	2.21	→	0	1.63	→	0	1.88	↑	2	3.18	→	0	1.59	→	0	1.56	→	0	1.63	→	0	1.43	→	0	1.93	↑	2	2.72	→	0	1.65	→	0	1.8	→	0	1.26	
Annelida	NA	NA	Polychaeta	Palpata	Canalipalpata	Ampharetidae	Hypania	3	→	0	1.08	→	0	1.23	→	0	2.17	→	0	0.95	→	0	0.49	→	0	0.7	→	0	2.08	→	0	0.54	→	0	1.48	→	0	2.6	→	0	1.18	→	0	0.7	→	0	0.82
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Neritidae	Theodoxus	148	↑	2	21.1	↑	2	14.89	→	0	16.36	↓	1	16.23	→	0	15.93	↑	2	21	↑	2	14.1	→	0	13.61	→	0	25.68	→	0	15.41	↓	1	16.28	↓	1	15.41	→	0	37.94	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Viviparidae	Viviparus	13	→	0	4.14	→	0	3.52	→	0	3.31	→	0	3.71	→	0	5.58	→	0	12.98	↓	1	6.27	→	0	8.62	↓	1	5.97	↓	1	5.3	→	0	2.46	→	0	1.91	→	0	5.03	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Valvatidae	Valvata	108	↑	2	17.65	↑	2	15.25	→	0	14.88	→	0	11.26	↑	2	15.53	↑	2	20.38	↑	2	25.07	→	0	9.1	↓	1	13.37	↓	1	14.87	↓	1	16.52	↓	1	13.66	↓	1	13.03	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Hydrobiidae	Hydrobiidae	11	→	0	1.5	→	0	2.43	→	0	2.67	→	0	5.16	→	0	1.52	→	0	2.57	→	0	2.36	→	0	3.43	→	0	2.09	→	0	1.53	→	0	1.62	→	0	1.45	→	0	4.62	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Hydrobiidae	Potamopyrgus	544	→	0	42.93	→	0	44.67	→	0	46.57	→	0	40.31	→	0	54.01	→	0	41.74	↑	2	48.53	↑	2	48.15	↓	1	47.79	↓	1	55.88	↓	1	57.2	↓	1	53.74	→	0	50.18	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Hydrobiidae	Belgrandia	3	→	0	0.43	→	0	0.8	→	0	0.81	→	0	0.74	→	0	0.46	→	0	0.71	→	0	0.53	→	0	0.67	→	0	2.85	→	0	0.96	→	0	0.85	→	0	0.52	→	0	14.15	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Hydrobiidae	Bythinella	33	→	0	3.56	↓	1	5.32	→	0	4.92	→	0	14.72	→	0	3.62	→	0	4.25	↓	1	5.08	→	0	4.22	→	0	3.4	↑	2	8.9	↑	2	35.09	↑	2	22.16	→	0	4.7	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Bithyniidae	Bithynia	244	↑	2	31.89	↑	2	27.56	→	0	24.71	→	0	26.42	↑	2	25.98	↑	2	30.63	→	0	38.51	→	0	24.5	→	0	60.06	↓	1	28.47	↓	1	24.39	↓	1	26.7	↓	1	25.92	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Physidae	Physidae	36	→	0	5.32	→	0	4.37	→	0	8.18	→	0	4.37	→	0	5.41	→	0	3.57	→	0	6.52	→	0	8.43	→	0	16.41	→	0	4.63	→	0	32.25	→	0	3.4	→	0	3.69	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Physidae	Physa	206	↑	2	29.31	↑	2	35.47	→	0	20.9	→	0	20.28	→	0	24.24	→	0	41.34	→	0	18.09	→	0	20.79	→	0	48.45	↓	1	23.91	↓	1	24.37	→	0	18.74	→	0	23.33	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Lymnaeidae	Lymnaeidae	72	→	0	9.82	→	0	14.56	→	0	37.26	→	0	8.66	→	0	10.27	→	0	7.33	→	0	19.5	→	0	13.23	→	0	7.1	→	0	10.13	→	0	9.48	→	0	8.29	↓	1	9.69	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Lymnaeidae	Lymnaea	7	↑	2	5.14	→	0	12.12	→	0	3.1	→	0	0.96	→	0	1.94	→	0	19.14	→	0	19.14	↓	1	1.68	→	0	19.14	→	0	5.34	↓	1	4.27	→	0	5.03	→	0	19.14	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Lymnaeidae	Stagnicola	28	↑	2	6.13	→	0	5.18	→	0	6.07	↓	1	4.79	→	0	4.18	→	0	8.7	→	0	3.51	→	0	4.36	→	0	3.03	→	0	3.28	→	0	9.01	→	0	3.28	→	0	3.78	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Lymnaeidae	Radix	364	↑	2	39.58	→	0	33.84	↑	2	74.52	↓	1	40.3	→	0	37.97	→	0	37.33	→	0	37.49	→	0	39.38	→	0	37.6	→	0	37.87	→	0	34.42	↓	1	39.62	→	0	33.17	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Planorbidae	Planorbidae	305	↑	2	35.5	↑	2	27.61	↑	2	59.13	→	0	23.89	→	0	23.61	→	0	36.43	→	0	35.53	→	0	31.29	→	0	32.13	↓	1	29.01	↓	1	33.27	↓	1	26.02	→	0	24.21	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Ancylidae	Ancylus	632	→	0	57.53	↓	1	56.16	→	0	54.54	→	0	62.3	→	0	66.32	↑	2	49.04	↑	2	49.84	↑	2	53.32	↑	2	52.8	→	0	79.01	→	0	45.68	→	0	69.69	→	0	74.38	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Ferrissidae	Ferrissia	28	↑	2	7.25	→	0	4.33	→	0	3.68	→	0	12.34	→	0	4.54	→	0	16.34	→	0	26.66	→	0	20.35	↓	1	5.35	→	0	5.63	→	0	3.56	→	0	3.9	→	0	3.85	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Acroloxidae	Acroloxus	62	↑	2	11.52	→	0	7.49	↑	2	8.84	→	0	11.3	→	0	7.17	→	0	24.79	→	0	13.67	→	0	16.08	→	0	10.74	→	0	6.98	↓	1	9.54	→	0	7.32	↓	1	8.82	
Mollusca	NA	NA	Gastropoda	NA	Hydrobiidae	Bythiospeum	4	→	0	1.02	→	0	1.32	→	0	4.99	→	0	0.79	→	0	1.62	→	0	1.35	→	0	0.65	→	0	1.2	→	0	1.09	→	0	1.45	→	0	0.83	→	0	0.73	→	0	0.9	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Unionidae	Unionidae	23	↑	2	5.51	↑	2	5.81	→	0	2.49	→	0	3.49	→	0	8.13	↑	2	5.69	→	0	4.62	→	0	2.53	→	0	10.74	→	0	6.35	↓	1	3.94	→	0	2.84	→	0	4.1	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Unionidae	Anodonta	17	↑	2	4.31	↑	2	4.15	→	0	17.97	→	0	4.13	→	0	2.29	→	0	6.58	→	0	9.99	→	0	5.78	→	0	3.47	↓	1	3.16	↓	1	2.65	→	0	2.31	↓	1	8.14	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Unionidae	Unio	44	↑	2	7.85	→	0	5.48	→	0	7.96	→	0	6.89	↑	2	10.03	↑	2	11.8	→	0	10.25	↓	1	7.36	↓	1	8.46	↓	1	8.42	↓	1	6.3	→	0	17.72	→	0	25.5	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Sphaeriidae	Sphaeriidae	252	↑	2	29.37	↑	2	25.26	→	0	20.24	↑	2	26.09	↑	2	30.31	→	0	19.65	→	0	22.92	→	0	23.07	↓	1	25.05	↓	1	26.68	↓	1	30.62	↓	1	25.97	↓	1	23.13	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Sphaeriidae	Pisidium	625	↑	2	60.44	↑	2	56.53	↑	2	49.42	↑	2	47.95	↑	2	56.98	→	0	45.95	→	0	45.25	→	0	49.84	↓	1	50.8	↓	1	63.57	↓	1	58.46	↓	1	58.92	↓	1	61.67	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Sphaeriidae	Sphaerium	317	↑	2	40.53	↑	2	46.77	↑	2	36.25	→	0	24.69	↑	2	32.31	↑	2	24.19	→	0	32.84	→	0	21.96	↓	1	31.66	↓	1	34.61	↓	1	38.14	↓	1	32.67	↓	1	31.01	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Sphaeriidae	Musculium	8	→	0	3.01	↑	2	5.14	→	0	1.91	→	0	7.88	→	0	6.72	→	0	1.7	→	0	6.58	→	0	4.91	→	0	3.6	→	0	1.62	↓	1	15.32	→	0	2.03	→	0	1.09	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Dreissenidae	Dreissena	5	→	0	14.28	→	0	1.31	→	0	3.7	→	0	4.35	→	0	3.45	→	0	3.08	→	0	3.84	→	0	3.45	→	0	1.62	→	0	1.93	→	0	2.58	→	0	0.83	→	0	1.02	
Mollusca	NA	NA	Bivalvia	NA	Corbiculidae	Corbicula	122	→	0	38	↑	2	22.54	→	0	12.93	→	0	12.21	→	0	10.59	↑	2	63.85	→																					

8.3. Annexe 3 : Liens granulométrie / taxons poissons – Analyse TITAN

Espèce	Code	freq	% Vase		% Argile		% Limon		% Sable		% Gravier Fin		% Gravier Grossier		% Caillou Fin		% Caillou Grossier		% Pierre Fine		% Pierre Grossière		% Bloc		% Rocher		% Dalle		
			Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group
<i>Leucaspius delineatus</i>	Able de Heckel	ABH	23	2	6.71	0	5.94	0	9.63	2	9.94	0	4.44	0	4.06	0	4.49	0	6.11	0	4.04	1	7.67	1	3.9	0	3.8	0	3.86
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	244	0	44.69	2	21.8	0	19.68	0	28.83	2	31.54	0	47.35	1	60.11	0	26.76	0	23.97	1	32.54	1	25.55	0	20.7	0	32.71
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille européenne	ANG	329	2	26.35	2	37.7	2	31.65	2	34.15	0	29.52	0	68.91	0	25.72	0	33.98	1	30.69	1	35.68	1	32.66	1	29.6	1	32.35
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF	295	1	23.37	0	29.12	0	23.05	1	22.77	0	28.72	2	40.27	2	26.26	2	29.13	0	20.27	0	21.26	0	25.76	0	29.82	2	36.81
<i>Barbus meridionalis</i>	Barbeau méridional	BAM	28	0	5.26	1	23.74	1	8.28	1	12.18	0	8.6	0	3.33	2	3.22	2	4.86	2	8.67	2	5.44	2	4.77	2	8.74	2	7.89
<i>Salaria fluviatilis</i>	Blennie fluviatile	BLE	3	0	0.52	0	1.36	0	0.52	0	0.89	0	0.76	0	19.85	0	0.73	0	5.79	0	1.42	0	0.53	0	0.54	0	0.51	0	0.82
<i>Leuciscus souffia</i>	Blageon	BLN	91	1	10.79	1	10.49	0	10.49	1	12.84	0	9.8	0	8.4	2	12.06	2	76.96	2	12.77	0	10.25	0	10.01	0	8.39	2	15.51
<i>Rhodeus amarus</i>	Bouvière	BOU	110	2	89.01	0	39.43	0	26.71	0	32.12	0	17.64	0	19.4	0	22.87	1	52.2	0	19.22	1	21.28	1	14.25	0	11.32	0	10.41
<i>Abramis bjoerkna</i>	Brème bordelière	BRB	73	0	58.75	0	8.3	0	9.54	0	11.85	0	9.11	0	33.24	0	19.56	0	38.25	0	17.08	1	13.15	1	10.12	0	8.34	0	6.61
<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE	59	2	18.47	2	13.41	0	5.86	0	14.66	0	7.1	0	11.03	1	13.63	1	49.45	1	15.65	1	12.66	1	8.38	1	33.29	0	12.33
<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO	130	2	34.64	2	16.33	2	52.35	0	33.36	0	24.85	0	19.1	0	19.66	1	21.54	1	16.62	1	15.74	1	16.86	1	14.15	1	13.44
<i>Carassius sp.</i>	Carassin. doré ou argenté	CAA	8	0	1.01	0	2.74	2	3.52	2	5.01	0	12.3	0	2.79	0	17.53	0	3.16	1	3.29	1	4.43	0	1.69	0	1.24	0	2.58
<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté	CAG	16	2	6.31	0	2.32	0	2.47	0	3.14	0	3.53	0	1.79	0	4.12	0	3.38	0	2.63	1	21.68	0	2.32	0	5.88	0	6.88
<i>Carassius carassius</i>	Carassin commun	CAS	37	0	7.94	2	17.17	0	7.75	2	9.95	0	4.21	0	43.17	1	6.45	1	17.97	1	39.04	1	5.89	1	5.57	0	4.18	0	3.29
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CCO	55	2	15.71	2	15.79	0	6.07	0	15.68	0	16.47	0	39.35	0	10.6	1	11.6	1	8.61	1	9.34	1	6.86	0	6.56	0	9.28
<i>Cottus gobio</i>	Chabot	CHA	451	2	41.59	2	37.75	0	44.2	0	38.54	0	30.88	2	33.82	2	34.59	0	36.48	2	42.52	0	37.72	0	33.37	1	34.73	1	46.59
<i>Leuciscus cephalus</i>	Chevaie	CHE	582	2	41.28	2	44.08	2	39.87	0	44.97	2	53.86	0	37.34	0	40.51	0	42.73	0	38.87	1	48.21	1	51.3	0	38.19	0	68.97
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CMI	18	0	5.65	2	3.83	0	2.07	2	4.84	0	1.89	0	12.54	0	6.46	1	3.01	0	4.05	1	3.39	1	2.52	0	11.81	0	15.31
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche	EPI	104	2	26.85	2	19.75	2	28.12	0	28.42	0	15.34	0	18.57	1	16.47	1	24.34	1	17.92	1	15.37	1	12	1	13.03	1	11.57
<i>Pungitius pungitius</i>	Épinochette	EPT	106	2	29	2	16.21	0	22.45	2	24.13	0	12.92	0	10.29	0	13.77	1	17.33	1	16.74	1	17.54	1	16.25	1	25.3	1	14.38
<i>Platichthys flesus</i>	Flet	FLE	6	0	1.06	0	3.28	0	1.12	2	12.45	0	2.59	0	3.2	0	3.39	0	7.53	1	5.54	1	17.59	0	1.38	0	1.19	0	2.1
<i>Gambusia affinis et Gambusia holbrooki</i>	Gambusie	GAM	5	0	1.14	0	4.97	0	0.7	0	1.58	0	1.49	0	9.51	0	1.69	0	1.78	0	1.78	0	1.14	0	1.51	0	0.89	0	1.25
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR	432	2	50.7	2	46.91	2	32.28	2	44.4	2	46.86	0	33.89	1	40.73	1	42.7	1	42.24	1	40.15	1	38.91	1	41.78	1	37.39
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	614	0	47.83	2	45.89	0	41.69	2	52.15	0	50.08	0	45.85	0	49.79	0	54.55	1	46.44	1	53.35	1	53.89	1	46.92	0	44.51
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	GRE	54	2	10.3	0	5.22	2	9.44	0	5.49	0	11.92	0	18.86	0	5.39	0	11.12	0	39.02	0	17.37	0	5.8	0	9.11	1	6.17
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	78	0	6.54	1	8.9	0	10.16	0	17.56	2	9.33	2	12.55	2	29.58	0	14.55	0	36.72	1	8.99	1	10.32	1	11.99	0	7.1
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	690	2	56.46	2	58.99	0	55.5	0	47.3	0	44.7	0	56.74	0	48.48	0	55.67	0	58.7	1	54.48	1	67.41	1	56.81	0	51.62
<i>Cobitis taenia et Cobitis bilineata</i>	Loche épineuse et loche italienne	LOR	18	2	5.87	2	7.24	0	6.08	0	11.06	0	5.8	0	2.47	0	3.91	1	3.8	1	6.29	0	3.02	1	3.14	0	2.6	0	2.57
<i>Lota lota</i>	Lote	LOT	16	0	6.04	0	2.66	0	3.04	0	6.19	0	7.86	0	16.32	0	7.21	0	4.31	1	13.07	1	6.78	0	5.59	0	2.49	0	2.26
<i>Petromyzon marinus</i>	Lamproie marine	LPM	12	0	9.22	0	8.64	0	2.93	2	2.47	0	1.32	0	3	0	2.34	0	10.81	0	2.69	0	3.45	0	1.62	0	1.87	0	2.47
<i>Lampetra planeri</i>	Lamproie de planer	LPP	274	0	69.03	0	24.48	0	24.48	0	43.08	0	29.91	0	32.3	1	77.47	0	25.52	0	23.24	0	23.95	1	26.87	0	19.84	1	32.58
<i>Lampetra sp.</i>	Lamproie	LPX	25	0	2.32	0	2.21	2	8.68	0	2.99	0	2.99	0	7.39	0	3.24	0	6.96	0	3.37	1	3.92	1	6.44	0	5.09	0	2.97
<i>Thymallus thymallus</i>	Ombre commun	OBR	33	0	17.98	0	4.04	1	4.79	0	3.34	0	4.18	2	10.94	0	4.02	2	4.34	2	4.87	2	4.48	0	17.98	0	2.93	0	6.42
<i>Pachychilon pictum</i>	Epirine lippue	PAP	17	1	3.25	0	8.5	0	2.3	0	2.12	0	3.42	2	17.1	0	2.03	0	2.23	0	14.47	0	2.44	0	2.44	0	10.35	2	9.65
<i>Ameiurus melas</i>	Poisson-chat	PCH	67	2	16.07	2	10.02	0	7.37	2	29.72	0	11.13	0	14.58	0	10.44	1	17.18	1	51.9	1	13.03	0	7.97	0	7.71	0	6.53
<i>Perca fluviatilis</i>	Perche	PER	272	2	33.3	0	36.78	2	47.85	2	29.82	0	42.61	0	45.52	0	56.52	1	31.48	1	33.14	1	33.99	0	27.17	0	28.37	1	26.53
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche-soleil	PES	182	2	30.72	2	20.47	0	16.72	2	50.28	0	25.05	1	30.18	1	49.08	1	38.29	1	34.42	1	36.09	1	25.21	1	18.89	1	17.58
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR	68	0	46.34	0	7.84	0	8.05	2	31.01	0	19.23	0	20.39	0	18.94	1	35.55	1	26.07	1	17.73	1	10.95	0	10.27	0	8.03
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	ROT	107	2	30.18	2	13.44	0	24.01	2	27.63	0	19.56	0	13.52	0	24.42	1	48.77	1	18.08	1	18.25	1	13.23	1	21.03	1	10.67
<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	SAN	25	2	56.22	0	7.24	0	2.77	0	6.84	0	2.44	0	11.22	0	6.46	0	24.27	0	3.99	1	7.5	1	3.37	0	16.2	0	3.74
<i>Salmo salar</i>	Saumon	SAT	53	1	28.64	1	6.41	0	6.4	2	5.87	1	6.6	0	6.13	0	6.31	2	12.7	2	7.23	0	14.31	2	13.43	0	4.76	0	5.67
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Saumon de fontaine	SDF	6	0	1.05	0	0.92	0	0.84	0	0.93	0	1.63	0	1.5	0	1.24	0	1.42	0	1.08	0	13.33	0	7.72	0	1.19	0	1.06
<i>Silurus glanis</i>	Silure glane	SIL	45	2	69.41	0	34.89	0	5.7	0	13.45	0	4.59	0	4.43	0	7.92	1	45.38	0	18.13	1	10.84	1	6.98	1	4.1	0	12.93
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	SPI	180	0	15.56	1	19.91	1	17.26	2	16.14	2	17.22	0	13.56	0	28.12	0	16.86	0	13.16	0	15.7	0	43.59	0	15.78	0	19.09
<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN	104	2	23.94	2	17.9	0	19.32	0	18.42	0	9.87	0	11.83	1	16.05	1	17.82	1	16.04	1	15.95	1	12.23	1	12.24	1	10.63
<i>Chondrostoma toxostoma</i>	Toxostome	TOX	64	0	6.19	0	24.16	0	7.29	0	7.68	0	6.07	0	23.19	0	10.15	0	15.31	0	9.33	0	6.94	0	7.22	0	6.39	2	40.44
<i>Salmo trutta fario</i>	Traite commune	TRF	554	1	53.82	1	53.38	1	41.93	1	61.83	0	52.35	0	43.35	0	42.48	2	51.02	2	51.11	2	58.32	2	71.31	2	55.08	0	36.58
<i>Salmo trutta trutta</i>	Traite commune	TRM	4	0	6.5	0	2.86	0	5.39	0	0.92	0	0.7	0	0.55	0	0.83	0	1.14	0	0.6	0	0.86	0	0.99	0	3.06	0	0.95
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI	638	0	67.39	0	70.26	0	45.82	1	46.38	0	39.22	2	45.44	2	48.47	2	50.99	2	48.27	0	44.16	1	56.72	0	70.09		

8.4. Annexe 4 : Liens substrats additionnels / traits invertébrés – Tau de Kendall

		% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplobante		% Concrétion Calcaire							
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value						
"Size"	< 0.5 cm	↑	0.04746	0.04862	→	-0.00158	0.94722	→	0.02875	0.23552	↑	0.07149	0.00219	→	0.01218	0.63748	↑	0.15321	0.00000
	> 0.5 - 1cm	↓	-0.14468	0.00000	↓	-0.12984	0.00000	↓	-0.16919	0.00000	↓	-0.05055	0.03032	→	0.01097	0.67153	↓	-0.11485	0.00002
	> 1 - 2 cm	↓	-0.07184	0.00283	→	-0.02956	0.21491	→	-0.03511	0.14737	↓	-0.09008	0.00011	→	-0.00087	0.97332	↓	-0.19161	0.00000
	> 2 - 4cm	↑	0.16053	0.00000	↑	0.14951	0.00000	↑	0.18706	0.00000	↑	0.07578	0.00117	→	-0.00659	0.79888	↑	0.13319	0.00000
	> 4 cm	↑	0.09912	0.00004	↑	0.07995	0.00079	↑	0.07996	0.00097	→	0.00099	0.96629	→	-0.01509	0.55960	→	0.01911	0.47453
"Life cycle"	< 1 year	↓	-0.18053	0.00000	↓	-0.16269	0.00000	↓	-0.18784	0.00000	↓	-0.11211	0.00000	→	0.00602	0.81583	↓	-0.13076	0.00000
	> 1 year	↑	0.17894	0.00000	↑	0.16284	0.00000	↑	0.19530	0.00000	↑	0.11147	0.00000	→	-0.01173	0.65008	↑	0.13568	0.00000
"Voltinism"	< 1	↓	-0.05719	0.01747	→	-0.01546	0.51663	→	-0.03263	0.17818	↓	-0.11730	0.00000	→	-0.03555	0.16909	→	-0.00492	0.85407
	1	↓	-0.08141	0.00072	↓	-0.07804	0.00106	↓	-0.11851	0.00000	→	-0.03240	0.16514	→	-0.01600	0.53599	↓	-0.05483	0.04010
	>1	↑	0.09868	0.00004	↑	0.08624	0.00030	↑	0.12735	0.00000	↑	0.07064	0.00247	→	0.02548	0.32425	↑	0.05297	0.04738
"Stages"	egg	↓	-0.15415	0.00000	↓	-0.08476	0.00038	↓	-0.12253	0.00000	→	-0.02866	0.21953	→	-0.02166	0.40216	↓	-0.08527	0.00141
	larva	↓	-0.11274	0.00000	↓	-0.06646	0.00529	↓	-0.10401	0.00002	↓	-0.18353	0.00000	↓	-0.06820	0.00834	→	0.01078	0.68679
	nymph	↓	-0.05979	0.01297	↓	-0.10213	0.00002	↓	-0.13091	0.00000	↓	-0.05488	0.01871	→	0.00339	0.89576	→	-0.01126	0.67351
	adult	↑	0.16655	0.00000	↑	0.13128	0.00000	↑	0.20086	0.00000	↑	0.15116	0.00000	→	0.03887	0.13266	→	0.03787	0.15627
"Reproduction"	ovoviviparity	↑	0.19238	0.00000	↑	0.17136	0.00000	↑	0.22852	0.00000	↑	0.11977	0.00000	→	0.04574	0.07682	→	0.04972	0.06272
	isolated eggs, free	↓	-0.18441	0.00000	↓	-0.14705	0.00000	↓	-0.20605	0.00000	↓	-0.17757	0.00000	↓	-0.08178	0.00156	→	-0.02158	0.41923
	isolated eggs, cemented	↓	-0.15394	0.00000	↓	-0.08139	0.00064	↓	-0.14767	0.00000	↓	-0.09958	0.00002	→	-0.01888	0.46528	↓	-0.06051	0.02349
	clutches, cemented or fixed	→	-0.01918	0.42547	↓	-0.05965	0.01232	↓	-0.07263	0.00272	→	0.03012	0.19682	→	0.02061	0.42540	→	0.01076	0.68712
	clutches, free	↓	-0.04724	0.04965	↓	-0.06538	0.00609	→	-0.04403	0.06924	→	-0.04861	0.03727	↓	-0.05245	0.04246	→	-0.03371	0.20695
	clutches, terrestrial/in vegetation	→	0.01057	0.66049	→	-0.01870	0.43263	→	0.02667	0.27110	→	-0.03028	0.19453	→	-0.01203	0.64167	↑	0.05557	0.03748
	asexual reproduction	→	0.04009	0.09578	→	0.01747	0.46367	→	0.03446	0.15500	↑	0.07241	0.00192	→	-0.00066	0.97971	→	0.05001	0.06121
"Dispersal"	aquatic passive	↑	0.14659	0.00000	↑	0.12925	0.00000	↑	0.18175	0.00000	↑	0.08987	0.00012	→	0.00854	0.74115	→	0.03467	0.19436
	aquatic active	→	-0.02489	0.30103	→	-0.03349	0.15996	→	-0.01685	0.48680	↑	0.12064	0.00000	→	0.01181	0.64775	→	0.02875	0.28181
	aerial passive	→	-0.02792	0.24593	→	-0.04121	0.08379	→	-0.04348	0.07274	→	0.01214	0.60308	→	0.03293	0.20277	↓	-0.08450	0.00156
	aerial active	↓	-0.11876	0.00000	↓	-0.08786	0.00023	↓	-0.13505	0.00000	↓	-0.13630	0.00000	→	-0.03101	0.23031	→	-0.00084	0.97501
"Resistance"	eggs, statoblasts	↓	-0.15784	0.00000	↓	-0.11646	0.00000	↓	-0.16862	0.00000	↓	-0.09609	0.00004	→	-0.02497	0.33419	→	-0.02634	0.32420
	cocoons, housings	↑	0.05325	0.02693	→	-0.00135	0.95498	↑	0.06792	0.00506	↑	0.09480	0.00005	→	0.00256	0.92129	→	0.01691	0.52688
	diapause or domrancy	↑	0.10229	0.00002	↑	0.09987	0.00003	↑	0.19764	0.00000	↑	0.12759	0.00000	→	0.04295	0.09661	→	-0.00706	0.79175
	none	→	0.00762	0.75144	→	0.00178	0.94050	↓	-0.06498	0.00733	↓	-0.05424	0.02014	→	-0.01097	0.67130	→	0.02318	0.38554
"Respiration"	tegument	↓	-0.11124	0.00000	↓	-0.12508	0.00000	↓	-0.14260	0.00000	→	-0.00016	0.99461	→	0.00543	0.83383	↓	-0.14031	0.00000
	gill	↑	0.11777	0.00000	↑	0.16969	0.00000	↑	0.14999	0.00000	↑	0.04909	0.03545	→	0.00052	0.98414	↑	0.06739	0.01163
	plastron, spiracle	→	-0.01840	0.44461	↓	-0.06776	0.00447	↓	-0.04798	0.04769	↓	-0.06413	0.00600	→	-0.02418	0.34969	↑	0.10548	0.00008
"Locomotion"	flier	→	0.03009	0.21129	→	-0.00658	0.78252	→	0.00509	0.83377	→	0.03182	0.17283	→	-0.02037	0.43079	↑	0.14133	0.00000
	swimmer	→	0.01039	0.66602	→	0.04443	0.06229	↑	0.06506	0.00725	→	0.02486	0.28676	→	0.01618	0.53133	→	0.02092	0.43354
	crawler	↓	-0.11875	0.00000	↓	-0.09875	0.00003	↓	-0.13552	0.00000	→	-0.01348	0.56355	→	-0.01927	0.45610	→	0.02303	0.38874
	burrower	↑	0.12019	0.00000	↑	0.14946	0.00000	↑	0.17193	0.00000	→	0.01256	0.59061	→	0.00025	0.99250	↑	0.06075	0.02295
	interstitial	→	0.03217	0.18129	→	0.00360	0.88003	→	0.01014	0.67574	↓	-0.05863	0.01200	→	-0.04918	0.05713	→	0.04069	0.12768
	attached	↑	0.05031	0.03658	→	-0.01839	0.44038	→	-0.00203	0.93341	→	0.03216	0.16830	↑	0.05216	0.04363	↓	-0.11295	0.00002
"Food"	microorganisms, detritus (< 1mm)	↓	-0.05224	0.02995	↓	-0.06010	0.01168	↓	-0.09156	0.00016	↓	-0.10055	0.00002	↓	-0.06049	0.01928	↓	-0.07038	0.00841
	dead plants (>= 1 mm)	→	0.03197	0.18407	→	0.02941	0.21726	→	0.00524	0.82887	→	-0.00978	0.67542	→	-0.02715	0.29370	→	0.01817	0.49637
	living microphytes	→	-0.03209	0.18238	↓	-0.04913	0.03927	↓	-0.06129	0.01143	→	-0.02390	0.30593	→	0.00185	0.94310	→	0.02058	0.44120
	living macrophytes	↓	-0.06966	0.00380	→	-0.02912	0.22171	→	-0.00669	0.78252	↑	0.05394	0.02083	→	0.03846	0.13684	→	-0.04176	0.11801
	dead animals (>= 1 mm)	→	0.02325	0.33407	→	0.02538	0.28689	↑	0.08584	0.00040	↑	0.09938	0.00002	→	-0.02458	0.34180	↑	0.06566	0.01396
	living microinvertebrates	↑	0.10358	0.00002	↑	0.10186	0.00002	↑	0.14412	0.00000	↑	0.07245	0.00191	→	0.04525	0.08007	↓	-0.05882	0.02765
	large animals	→	0.04643	0.05367	→	0.03067	0.19809	→	0.02647	0.27469	→	0.02680	0.25090	→	0.01595	0.53721	↑	0.06662	0.01263
	"Feeding habits"	absorber, deposit feeder	↓	-0.10805	0.00001	↓	-0.05307	0.02596	↓	-0.09278	0.00013	↓	-0.10533	0.00001	→	-0.04902	0.05790	→	-0.03941
shredder	→	0.01097	0.64845	→	0.03975	0.09532	→	0.01845	0.44653	→	-0.02245	0.33619	→	-0.03199	0.21586	→	0.01652	0.53627	
scraper	↓	-0.08519	0.00040	↓	-0.08294	0.00050	↓	-0.10474	0.00002	→	-0.01959	0.40137	→	-0.00206	0.93673	→	0.03316	0.21446	
filter-feeder	↑	0.12172	0.00000	↑	0.07396	0.00191	↑	0.12433	0.00000	↑	0.06171	0.00819	→	0.03745	0.14739	↓	-0.09244	0.00054	
piercer	↑	0.08139	0.00072	↑	0.05830	0.01445	↑	0.11980	0.00000	↑	0.05579	0.01686	→	0.03734	0.14873	→	0.01642	0.53893	
predator	→	-0.00292	0.90363	→	-0.00717	0.76365	→	-0.02582	0.28665	→	-0.00604	0.79602	→	-0.01239	0.63177	↑	0.09033	0.00072	
parasite	↑	0.05093	0.03430	→	0.01138	0.63297	→	0.04309	0.07537	↑	0.08232	0.00042	→	0.04365	0.09129	→	-0.04486	0.09305	

Annexe 4 suite

		% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplobante		% Concrétion Calcaire							
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value						
"Transversal"	river channel	↓	-0.10261	0.00002	↓	-0.11164	0.00000	↓	-0.15772	0.00000	↓	-0.08121	0.00050	→	-0.04439	0.08592	→	-0.00884	0.74086
	banks, connected side-arms	↑	0.12446	0.00000	↑	0.12200	0.00000	↑	0.08093	0.00084	→	0.04029	0.08431	→	0.01968	0.44647	↑	0.14736	0.00000
	ponds, pools, disconnected side arms	↑	0.07271	0.00251	↑	0.08778	0.00023	↑	0.15311	0.00000	↑	0.08626	0.00022	→	0.04270	0.09854	→	-0.01459	0.58509
	marshes, peat dogs	→	0.00732	0.76105	→	-0.02522	0.28999	↑	0.06209	0.01040	→	0.01597	0.49391	→	-0.00594	0.81822	→	-0.01280	0.63205
	temporary waters	→	0.01875	0.43592	→	-0.02650	0.26628	↑	0.05674	0.01921	↑	0.07808	0.00082	→	0.02112	0.41404	→	-0.03821	0.15265
	lakes	↑	0.09415	0.00009	↑	0.13492	0.00000	↑	0.12702	0.00000	↑	0.04793	0.04002	→	0.04103	0.11246	→	-0.01147	0.66780
"Longitudinal"	crenon	↓	-0.07077	0.00327	↓	-0.11123	0.00000	↓	-0.13305	0.00000	↓	-0.07350	0.00164	→	-0.03259	0.20740	→	0.02049	0.44306
	epirithron	↓	-0.09253	0.00012	↓	-0.12292	0.00000	↓	-0.15298	0.00000	↓	-0.08434	0.00030	→	-0.02819	0.27560	→	0.03421	0.20027
	metarithron	↓	-0.13122	0.00000	↓	-0.13832	0.00000	↓	-0.17533	0.00000	↓	-0.11522	0.00000	→	-0.03693	0.15316	→	0.00580	0.82817
	hyporithron	↓	-0.07771	0.00124	↓	-0.04794	0.04427	↓	-0.10953	0.00001	↓	-0.05467	0.01917	→	-0.01755	0.49733	→	0.04976	0.06246
	epipotamon	↑	0.06929	0.00399	↑	0.12019	0.00000	↑	0.09645	0.00007	→	0.03653	0.11757	→	0.02322	0.36908	→	-0.05182	0.05238
	metapotamon	↑	0.15912	0.00000	↑	0.16548	0.00000	↑	0.19536	0.00000	↑	0.10920	0.00000	→	0.03010	0.24432	→	0.01256	0.63843
	estuary	↑	0.16915	0.00000	↑	0.17264	0.00000	↑	0.18085	0.00000	↑	0.08897	0.00014	→	0.01434	0.57906	↑	0.09370	0.00045
	outside river system	↑	0.06062	0.01176	↑	0.06720	0.00481	↑	0.13227	0.00000	↑	0.09434	0.00005	→	0.04070	0.11535	→	-0.03674	0.16907
	"Altitude"	lowlands	↑	0.09959	0.00003	↑	0.13918	0.00000	↑	0.17282	0.00000	↑	0.10513	0.00001	→	0.03381	0.19090	→	0.03066
pedmont level		↓	-0.10038	0.00003	↓	-0.13201	0.00000	↓	-0.15816	0.00000	↓	-0.08167	0.00047	→	-0.03388	0.18996	→	-0.00395	0.88260
alpine level		↓	-0.09207	0.00013	↓	-0.14116	0.00000	↓	-0.15307	0.00000	↓	-0.12948	0.00000	→	-0.03902	0.13116	↓	-0.05769	0.03080
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↓	-0.14059	0.00000	↓	-0.14531	0.00000	↓	-0.18877	0.00000	↓	-0.07492	0.00133	→	-0.01385	0.59220	↓	-0.05971	0.02540
	gravel	↑	0.05498	0.02234	→	0.03794	0.11140	→	0.00836	0.73020	→	-0.03108	0.18305	→	-0.03368	0.19258	↑	0.11756	0.00001
	sand	↑	0.07954	0.00095	↑	0.13945	0.00000	↑	0.10065	0.00003	↓	-0.05890	0.01161	→	-0.02007	0.43768	↑	0.09826	0.00023
	silt	↑	0.09254	0.00012	↑	0.13763	0.00000	↑	0.19602	0.00000	→	0.03333	0.15327	→	0.01363	0.59797	→	0.03725	0.16318
	macrophytes	↑	0.04863	0.04333	→	-0.00729	0.75990	→	0.04743	0.05033	↑	0.19621	0.00000	→	0.04992	0.05345	→	0.01688	0.52746
	microphytes	↑	0.13224	0.00000	↑	0.11232	0.00000	↑	0.17425	0.00000	↑	0.09894	0.00002	→	0.04294	0.09673	→	-0.02795	0.29543
	twigs/roots	↓	-0.04944	0.03994	→	-0.03851	0.10617	↓	-0.11145	0.00000	↓	-0.06985	0.00277	→	-0.00762	0.76832	→	-0.00604	0.82121
	organic detritus / litter	→	-0.00214	0.92916	→	-0.00691	0.77190	→	0.04217	0.08181	→	0.01169	0.61664	→	-0.00541	0.83431	→	-0.00188	0.94399
	mud	↑	0.10514	0.00001	↑	0.10621	0.00001	↑	0.16446	0.00000	↑	0.07336	0.00167	→	0.03523	0.17295	→	0.02873	0.28221
"Current"	null	↑	0.07186	0.00283	↑	0.08905	0.00019	↑	0.15071	0.00000	↑	0.08103	0.00052	→	0.04395	0.08912	→	-0.02971	0.26611
	slow (< 25 cm/s)	↑	0.15889	0.00000	↑	0.18859	0.00000	↑	0.20292	0.00000	↑	0.10312	0.00001	→	0.02920	0.25872	↑	0.10311	0.00011
	medium (25 - < 50 cm/s)	↓	-0.07820	0.00116	↓	-0.09833	0.00004	↓	-0.16509	0.00000	↓	-0.09134	0.00009	→	-0.02509	0.33172	→	0.00149	0.95575
	fast (> 50 cm/s)	↓	-0.12897	0.00000	↓	-0.15304	0.00000	↓	-0.19102	0.00000	↓	-0.08343	0.00035	→	-0.04492	0.08227	→	-0.00430	0.87236
"Trophic status"	oligotrophic	↓	-0.05062	0.03544	↓	-0.07310	0.00216	↓	-0.11065	0.00000	↓	-0.06702	0.00409	→	-0.02697	0.29676	→	0.02397	0.36958
	mesotrophic	↑	0.06674	0.00555	↑	0.09433	0.00008	↑	0.13751	0.00000	↑	0.07674	0.00101	→	0.01603	0.53518	→	0.03927	0.14154
	eutrophic	→	0.04633	0.05420	↑	0.06627	0.00543	↑	0.10307	0.00002	↑	0.06276	0.00716	→	0.02915	0.25950	→	-0.03521	0.18753
"Salinity"	freshwater	↓	-0.10370	0.00002	↓	-0.10028	0.00003	↓	-0.14596	0.00000	↓	-0.12029	0.00000	→	-0.04498	0.08189	→	0.00537	0.84075
	brackfich water	↑	0.10658	0.00001	↑	0.10585	0.00001	↑	0.16493	0.00000	↑	0.12712	0.00000	→	0.04136	0.10963	→	0.00334	0.90064
"Temperature"	cool (< 15°C)	↓	-0.08708	0.00030	↓	-0.12458	0.00000	↓	-0.12794	0.00000	↓	-0.06073	0.00927	↓	-0.05154	0.04617	→	-0.01170	0.66163
	warm (>15°C)	↑	0.06833	0.00452	→	0.04029	0.09093	↑	0.07253	0.00276	↑	0.09946	0.00002	→	-0.04337	0.09337	↑	0.09478	0.00039
	eurythermic	↑	0.04768	0.04757	↑	0.08681	0.00027	↑	0.09517	0.00009	→	0.01200	0.60732	↑	0.06860	0.00796	→	-0.01315	0.62253
"Saprobity"	xenosaprobic	↓	-0.10340	0.00002	↓	-0.12420	0.00000	↓	-0.17787	0.00000	↓	-0.08000	0.00061	→	-0.02563	0.32154	→	-0.00458	0.86391
	oligosaprobic	↓	-0.06611	0.00601	↓	-0.07814	0.00104	↓	-0.10000	0.00004	↓	-0.06092	0.00905	→	-0.03365	0.19300	→	0.04943	0.06425
	b-mesosaprobic	↑	0.09853	0.00004	↑	0.10887	0.00000	↑	0.16215	0.00000	↑	0.11611	0.00000	→	0.03078	0.23387	↑	0.06569	0.01393
	a-mesosaprobic	↑	0.08396	0.00048	↑	0.09793	0.00004	↑	0.12874	0.00000	→	0.04518	0.05288	→	0.03903	0.13108	→	-0.04561	0.08777
	polysaprobic	↑	0.05020	0.03697	↑	0.04855	0.04163	↑	0.05442	0.02471	→	0.00589	0.80098	→	-0.02497	0.33403	↑	0.05625	0.03520
"pH"	< 4	→	-0.03646	0.12976	↓	-0.06908	0.00375	→	-0.04687	0.05309	↓	-0.06745	0.00386	→	-0.04737	0.06690	→	-0.03762	0.15904
	> 4 - 4.5	→	-0.00601	0.80295	↓	-0.06009	0.01170	→	-0.02201	0.36372	→	-0.01975	0.39753	→	-0.03294	0.20266	→	-0.05000	0.06121
	> 4.5 - 5	→	0.04197	0.08119	→	-0.00226	0.92445	→	0.03851	0.11204	→	-0.03220	0.16773	→	-0.04477	0.08331	→	0.03197	0.23144
	> 5 - 5.5	→	0.02744	0.25422	→	-0.03437	0.14932	→	-0.00523	0.82925	↓	-0.05380	0.02117	→	-0.02067	0.42397	→	-0.02737	0.30567
	> 5.5 - 6	→	0.03334	0.16593	→	0.03962	0.09640	→	0.04744	0.05025	→	-0.01000	0.66832	→	-0.01881	0.46679	↓	-0.06153	0.02126
	> 6	→	0.00925	0.70066	↑	0.05874	0.01371	→	0.04307	0.07553	↑	0.08076	0.00054	→	0.03627	0.16066	↑	0.06231	0.01965

8.5. Annexe 5 : Liens substrats additionnels / taxons invertébrés – Analyse TITAN

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplombante		% Concrétion Calcaire	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	3	0	2.04	0	1.85	0	1.61	0	1.57	0	1.1	0	0.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Brachyptera	7	0	2.44	0	2.58	0	2.46	0	2.71	0	1.15	0	13.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	8	0	3.56	0	2.5	0	3.65	1	3.76	0	1.14	0	12.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	41	0	5.54	0	4.64	1	5.76	0	5.26	0	18.9	0	4.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemouridae	13	0	1.72	0	4.34	1	3.41	0	2.15	0	1.89	0	2.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura	36	0	10.08	0	11.14	0	5.62	0	4.56	0	4.55	0	4.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemoura	175	0	26.21	1	19	0	25.35	0	20.35	0	18.27	0	18.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Protonemura	210	1	32.97	1	34.81	1	23.16	1	22.65	0	16.64	1	25.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctridae	85	0	20.16	0	24.64	0	9.46	0	8.64	0	24.02	0	11.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Euleuctra	276	0	28.26	1	29.29	0	24.53	0	24.44	0	28.62	0	21.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctra	520	1	52.24	1	46.47	1	49.52	1	47.89	0	41.84	1	44.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnia	3	0	1.79	0	1.14	0	1.56	0	1.89	0	0.47	0	19.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnioneura	4	0	0.76	0	0.59	0	0.67	0	0.9	0	0.62	0	3.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodidae	68	0	27.34	0	14.48	1	9.07	0	8.05	0	11.65	0	29.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Besdolus	3	0	4.09	0	1.08	0	2.67	0	3.11	0	1.55	0	0.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Isoperla	114	1	12.85	0	12.01	1	14.88	1	13.11	0	21.34	0	10.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodes	77	1	9.34	0	9.2	1	13.21	0	9.06	0	16.4	1	7.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perlidae	35	0	6.14	1	7.07	0	4.38	0	4.29	0	3.8	0	7.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Dinocras	80	1	8.97	1	9.15	1	9.59	1	9.22	0	8.86	0	9.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perla	138	1	32.76	1	25.9	1	25.72	1	23.1	0	15.83	0	14.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperlidae	27	0	8.37	0	3.37	0	7.62	1	4.09	0	9.56	0	3.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperla	14	0	1.84	0	1.76	0	3.71	0	4.88	0	1.56	0	3.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Siphonoperla	45	1	7.51	0	4.62	0	8.76	0	4.84	2	18.48	0	6.07
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	NA	Rhyacophila	600	1	50.16	1	51.76	1	54.18	0	39.29	0	41.32	0	39.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosomatidae	75	0	17.74	0	13.55	1	9.29	0	10.46	0	7.28	0	17.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma	81	1	10.94	1	13.01	1	15.11	0	16.58	0	10.95	0	7.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Agapetus	138	0	15.05	0	12.12	0	14.32	0	28.86	0	22.71	0	45.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Synagapetus	3	0	0.54	0	0.43	0	1.17	0	0.67	0	0.48	0	4.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	84	0	10.07	1	9.5	0	20.46	2	17.85	0	12.25	0	14.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Orthotrichia	64	0	7.7	0	5.66	0	47.25	0	6.98	0	7.68	0	7.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Ithytrichia	216	2	22.34	2	19.97	0	24.41	2	20.14	2	44.17	0	50.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Oxyethira	8	0	1.75	0	1.24	0	1.44	0	1.26	0	1.11	0	2.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila	514	0	50.67	0	37.95	0	46.31	2	47.27	0	42.51	0	45.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Agraylea	13	0	1.8	0	1.58	0	1.77	0	1.85	0	1.83	2	7.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Allotrichia	7	0	1.59	0	1.59	0	4.26	0	1.22	0	1	0	1.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamidae	6	0	1.54	0	1.52	0	12.34	0	1.1	0	1.07	0	1.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	51	0	8.51	1	7.38	0	14.32	0	8.44	0	5.58	0	5.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamus	39	0	8.39	0	5.55	0	9.14	0	12.67	0	4.99	0	4.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Wormaldia	22	0	2.81	0	12.19	0	16.39	0	2.83	0	2.87	0	5.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsychidae	149	0	11.73	0	14.53	0	12.64	0	14.37	0	29.12	1	17.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsyche	764	0	68.09	1	57.44	1	65.64	0	61.72	0	79.9	0	58.12
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	202	1	26.28	0	22.09	0	16.96	0	21.44	0	46.58	0	16.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropodidae	264	0	20.43	0	22.67	0	24.66	0	25.16	0	36.7	1	25.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Cynurus	193	0	17.88	2	20.81	2	22.74	0	15.54	0	27.78	0	21.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Plectrocnemia	14	0	2.09	0	10	0	1.55	0	18.02	0	10.83	0	1.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropus	490	0	33.7	0	45.26	0	48.94	0	38.65	0	41.96	1	34.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Holocentropus	44	0	15.29	0	7.02	0	3.77	0	4.43	0	15.27	0	7.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Neureclipsis	31	0	3.54	0	17.33	2	4.89	0	3.94	0	7.61	0	4.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyiidae	30	0	6.39	0	6.12	0	12.7	0	9.34	0	4.86	0	6.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyia	282	1	28.66	1	25.73	1	30.69	1	25.05	0	23.64	1	31.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Lype	185	2	15.97	2	24.44	2	23.45	0	13.06	0	21.79	2	30.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Tinodes	148	0	33.12	0	14.2	2	46.75	0	15.06	0	22.3	0	25.8
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Metalype	9	0	1.28	0	2.54	0	1.42	0	1.75	0	2.18	0	8.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Ecnomidae	Ecnomus	19	0	6.52	0	10.05	0	11.29	0	11.27	0	3.31	0	2.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Phryganeidae	Phryganea	11	0	1.47	0	2.87	2	6.24	0	1.35	0	3.51	0	5.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentridae	11	0	4.44	0	2.03	0	2.97	0	2.16	0	2.86	0	1.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Oligoptectrum	46	1	7.19	0	5.72	0	5.77	0	8.89	0	11.7	0	5.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentrus	158	0	15.49	0	15.75	0	12.88	0	13.25	0	17.82	1	17.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Micrasema	158	0	26.21	1	29.58	1	22.01	0	16.24	0	13.66	0	18.35

Annexe 5 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplobante		% Concrétion Calcaire	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilidae	59	0	8.16	0	7.73	0	6.29	0	9.9	0	5.4	0	5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae	497	0	46.47	0	46.63	0	43.17	0	45.91	0	41.1	0	49.08
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Drusinae	57	0	12.18	0	6.38	1	10.68	0	11.67	0	6.5	0	11.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goeridae	227	0	17.39	0	22.58	0	19.29	2	19.85	2	23.56	0	19.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goera	171	0	19.33	0	14.23	2	17.18	0	14.77	2	19.47	0	14.08
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Lithax	24	0	29.12	0	23.01	0	7.94	0	2.93	0	18.3	0	5.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Silo	249	0	24.42	0	27.03	0	24.66	0	25.84	0	27.89	0	24.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Uenoidae	Thremma	3	0	4.76	0	3.45	0	3.3	0	8.33	0	0.76	0	0.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostomatidae	51	2	7.03	0	8.27	0	8.27	0	11.63	0	15.38	0	26.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostoma	287	0	24.82	0	23.47	0	25.69	2	28.62	0	21.33	0	46.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lasiocephala	69	0	23.92	0	23.92	0	17.54	1	8.36	0	6.55	0	21.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Crunoecia	8	0	1.4	0	2.65	0	2.18	0	1.14	0	1.56	0	1.3
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptoceridae	89	0	7.59	0	7.76	0	8.19	0	9.17	0	9.11	0	9.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Athripsodes	375	0	41.38	0	37.61	0	32.4	0	41.56	0	30.62	0	32.16
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Mystacides	506	0	51.64	2	38.6	0	52.9	0	60.93	2	60.18	0	34.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ceraclea	137	0	13.81	0	13.04	0	15.39	0	12.74	0	27.83	1	15.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Triadenodes	19	0	2.62	0	2.64	0	13.62	0	3.17	0	2.34	0	2.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis	238	0	22.57	0	22.55	0	22.17	1	29.34	0	44.67	0	24.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Setodes	44	0	11.24	0	10.57	0	31.75	0	16.45	0	17.12	0	5.05
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptocerus	36	0	4.76	0	13.56	0	5.41	0	4.3	0	4.81	0	3.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Adicella	118	0	12.45	0	38.94	0	12.09	0	9.78	0	10.7	0	12.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ylodes	6	0	1.2	0	0.98	0	1.25	0	0.8	0	0.84	0	3.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostomatidae	148	0	17.92	0	13.32	0	13.42	2	17.51	0	19.73	0	14.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostoma	371	0	28.27	0	29.02	0	30.13	0	24.92	0	32.16	0	39.33
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Notidobia	46	0	5.11	0	25.21	2	8.3	2	13.72	0	5.1	0	6.23
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeidae	3	0	4.62	0	4.62	0	3.17	0	4.44	0	0.57	0	0.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraea	5	0	1.96	0	1.97	0	1.21	0	2.51	0	0.71	0	2.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeodes	51	0	6.31	0	8.11	0	8.09	0	5.68	0	10.58	0	6.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeamyia	3	0	2.91	0	2.08	0	2.73	0	3.9	0	0.64	0	1.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Odontoceridae	Odontocerum	161	0	23.25	0	14.12	0	24.66	0	14.95	0	14.79	0	29.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Calamoceratidae	Calamoceras	8	0	2.35	0	1.51	0	1.93	0	5.6	0	1.21	0	4.42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Molaniidae	Molanna	27	0	3.4	2	6.17	2	12.74	2	6.66	0	3.04	0	3.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Siphonuridae	Siphonurus	4	0	1.02	0	1.01	0	0.68	0	3.5	0	0.71	0	1.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	238	0	20.26	0	22.26	0	49.72	0	19.56	0	23.48	0	18.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	825	1	56.02	1	60.71	1	60.71	0	53.67	0	50.66	0	50.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella	18	0	2.8	0	3.03	1	3.36	0	2.46	0	2.65	0	2.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Centroptilum	343	0	32.41	0	33.87	2	69.02	2	29.77	0	28.07	0	47.92
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Procloeon	259	1	22.86	0	20.78	0	63.64	0	18.67	0	20.1	0	21.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Cloeon	121	0	12.3	0	12.7	0	45.06	2	57	0	30.78	0	13.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Oligoneuriella	36	1	5.68	1	6.37	1	6.27	1	4.96	0	5.25	0	4.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptageniidae	209	1	19.46	1	23.11	0	17.84	1	18.89	0	20.29	1	20.11
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeorus	171	1	33.74	1	28.86	1	29.92	1	26.53	0	20.09	1	19.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena	188	1	25.2	1	21.21	1	33.57	1	21.59	0	15.54	1	22.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Ecdyonurus	387	1	39.39	1	33.07	1	37.78	1	39.85	0	25.33	1	41.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptagenia	163	0	19.52	0	14.86	0	14.81	1	14.71	0	12	1	16.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Electrogena	44	0	5.13	0	5.47	1	6.42	1	5.46	0	6.54	0	5.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerellidae	12	0	2.73	0	5.06	0	2.75	0	1.88	0	3.11	0	2.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerella	646	1	46.1	1	60.36	1	51.29	2	46	0	47.55	0	49.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Torleya	66	0	6.99	0	7.89	0	7.88	1	8.01	0	19.08	0	18.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenidae	3	0	2.43	0	1.77	0	3.81	0	4.16	0	2.99	0	0.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis	558	1	46.91	1	43.2	0	60.16	0	53.44	0	45.32	0	53.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Brachycercus	24	2	3.57	2	3.95	0	9.22	1	4.41	0	2.48	0	4.42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	196	0	19.56	0	19.24	1	20.69	1	17.91	0	23.04	1	18.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Choroterpes	44	1	6.39	0	13.44	0	34.64	0	6.62	0	6.71	0	5.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulius	4	0	1.32	0	1.63	0	1.19	0	1.83	0	2	0	0.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	184	0	14.49	2	17.98	1	24.16	0	16.34	0	18.99	1	19.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habroleptoides	93	1	24.79	1	18.26	1	21.65	1	22.68	0	7.92	0	9.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habrophlebia	165	0	18.48	0	15.79	0	22.91	1	17.94	0	17.17	0	17.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Polymitarcidae	Ephoron	46	1	7.57	0	10.89	1	25.56	0	4.99	0	5.12	0	5.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemeridae	Ephemera	548	2	47.89	2	42.9	2	42.49	0	37.65	0	37.43	2	56.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Potamanthidae	Potamanthus	45	0	5.89	0	6.12	0	5.43	0	4.71	0	7.34	0	5.63

Annexe 5 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplobante		% Concrétion Calcaire	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinidae	10	0	2.21	0	2.93	0	2.41	0	2.37	0	8.29	0	1.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinus	41	0	8.76	0	6.24	0	17.98	0	4.28	0	15.29	0	4.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Orectochilus	239	0	18.72	2	19.63	0	17.38	0	22	0	30.01	0	18.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Haliplidae	7	0	1.24	0	1.06	0	1.46	2	3.52	0	3.14	0	0.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Halipus	134	0	10.55	0	11.66	0	14.39	2	65.6	0	21.06	0	15.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Pelodytes	17	1	3.79	0	3.83	0	7.64	0	10.58	0	1.82	0	4.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Brychius	46	0	5.1	0	4.69	0	9.12	2	7.66	0	10.78	0	9.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscidae	18	0	2.2	0	3.35	0	4.87	0	5.7	0	3.48	0	2.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae	198	1	23.91	1	23.16	0	16.56	0	48.4	0	16.81	0	31.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Laccophilinae	43	1	5.19	0	4.74	0	20.26	2	6.52	0	7.43	0	4.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Colymbetinae	179	0	14.08	2	18.98	0	17.42	0	14.43	0	30.15	0	15.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dystiscinae	13	0	18.83	0	15.51	0	1.74	0	1.86	0	1.9	0	15.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae	20	0	2.51	0	2.46	0	7.19	2	4.21	0	5.89	0	2.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilinae	110	1	12.05	1	11.11	0	8.65	0	11.3	0	12.26	0	8.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Sphaeridiinae	12	0	1.71	0	1.66	0	1.67	0	1.89	0	2.23	0	5.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Limnebius	12	0	1.33	0	1.5	0	2.08	0	1.74	0	1.57	0	2.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Helophoridae	Helophorus	39	0	5.1	0	14.26	0	5.68	0	3.54	0	4.8	0	4.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrochidae	Hydrochus	16	0	7.78	0	2.52	0	6.74	0	4.75	0	1.63	0	6.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Hydraena	432	0	32.2	1	43.84	1	40.05	1	41.03	0	48.47	1	39.8
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Ochthebius	23	0	2.61	0	3.17	0	2.82	0	12.05	0	2.23	0	2.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae	7	0	0.95	0	1.01	0	3.82	0	1.31	0	1.06	0	1.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Pomatinus	83	0	7.72	0	6.93	1	10.22	1	10.51	0	7.55	0	21.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryops	106	1	11.24	1	13.06	0	31.51	0	8.48	0	16.84	0	10.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmidae	32	0	5.98	0	5.24	0	4.89	0	4.19	0	3.83	0	4.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Potamophilus	16	0	1.93	2	2.88	0	2.19	0	2.01	0	6.86	0	2.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis	231	0	17.97	0	18.48	0	41.88	0	18.08	0	16.52	0	21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmis	729	0	48.23	0	76.75	0	59.59	2	50.45	0	55.18	0	46.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Esolus	600	1	55.84	1	55.45	0	47.2	0	43.23	0	41.22	0	47.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Dupophilus	214	0	15.77	1	19.33	0	24.39	0	19.71	0	17.5	1	25.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Oulimnius	647	0	65.51	0	70.21	0	63.55	0	47.45	0	43.96	0	58.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Limnius	672	0	49.83	0	44.07	0	65.68	2	49	0	76.12	2	63.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Normandia	47	0	5	0	7.59	0	6.91	2	8.6	0	34.7	0	25.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Riolus	282	0	22.35	0	23.68	0	20.21	2	31.08	0	36.52	2	75.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Macronychus	55	2	6.86	0	6.65	0	6.24	0	5.49	0	5.06	0	5.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydroscaphidae	Hydroscapha	5	0	0.86	0	0.84	0	1.27	0	0.87	0	3.12	0	3.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Cyphon	9	0	2.73	0	9.41	0	1.19	0	1.26	0	5.11	0	1.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Helodes	60	0	6.47	0	5.78	0	9.68	0	5.76	0	5.25	0	11.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Hydrocyphon	49	0	5.46	0	5.25	0	5.95	0	5.23	0	31.22	0	12.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae	22	0	4.7	0	7.34	2	4.15	0	2.49	0	3.02	0	2.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Calopterygidae	Calopteryx	553	0	43.25	0	49.13	0	40.56	0	44.18	0	49.02	0	50.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Sympecma	4	0	0.59	0	1.33	0	10.68	0	1.86	0	8.27	0	2.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Lestes	16	0	3.31	0	2.84	0	2.32	0	3.57	0	2.29	0	2.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Platycnemididae	Platycnemis	251	0	25.01	2	21.72	2	49.59	2	25.64	0	24.38	0	25.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae	140	0	12.47	0	28.8	0	31.08	2	34.04	0	13.29	0	12.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Aeshnidae	13	0	3.28	0	2.42	0	1.95	2	3.45	0	2.89	0	1.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Boyeria	143	0	16.5	0	16.49	1	14.05	0	13.44	0	11.6	0	16.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Anax	5	0	0.89	0	0.9	0	1.22	0	2.89	0	1.26	0	2.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphidae	88	0	13.18	0	11.75	0	8.83	0	19.29	0	8.37	0	7.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphus	208	0	19.11	2	19.36	0	50.85	1	36.22	0	23.37	0	14.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Ophiogomphus	3	0	0.54	0	0.51	0	0.49	0	0.8	0	2.66	0	10.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Onychogomphus	267	0	26.73	0	25.38	1	24.06	1	31.27	0	19.65	2	29.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Cordulegasteridae	Cordulegaster	103	0	30.45	0	14.29	0	11.25	0	11.2	0	16.83	0	27.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Corduliidae	12	0	2.82	0	3.47	0	2.21	0	4.38	0	1.65	0	1.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Oxygastra	13	0	1.81	1	2.41	0	1.86	0	1.56	0	1.73	0	6.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Somatochlora	9	0	1.09	0	1.4	0	2.02	0	2.46	0	2	0	2.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Epithea	5	0	1.12	0	0.64	0	0.9	0	0.83	0	3.66	0	2.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Libellula	3	0	1.13	0	1.19	0	1.44	0	0.77	0	0.59	0	0.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Orthetrum	6	0	3.48	1	11.33	0	12.06	0	1.71	0	1.75	0	2.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Megaloptera	NA	Sialis	385	2	34.02	2	33.61	2	43.72	2	31.03	0	28.31	0	28.01

Annexe 5 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique		% Végét. Surplobante		% Concrétion Calcaire	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixidae	33	0	4.93	0	5.68	0	6.94	0	7.49	0	9.64	0	3.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixinae	99	0	9.56	0	9.49	2	12.02	0	18.32	2	31.21	0	24.12
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Micronecta	313	0	34.98	0	28.22	0	26.53	1	27.34	0	29.02	0	25.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Aphelocheiridae	Aphelocheirus	220	2	21.37	2	23.01	0	16.53	2	18.52	0	19.22	0	18.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Naucoridae	Naucoridae	21	0	8.45	0	15.7	2	18.61	0	5.34	0	3.52	0	2.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Nepidae	Nepidae	42	0	8.22	0	10.98	0	19.26	0	35.66	0	4.36	0	14.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Notonectidae	Notonectidae	35	2	4.49	0	9.46	2	6.06	2	9.01	0	5.54	0	9.99
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Pleidae	Plea	8	0	1.47	0	1.11	0	1.74	0	1.66	0	5.9	0	6.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerridae	24	0	3.77	0	6.43	0	5.63	0	2.8	0	12.95	2	13.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerris	200	0	17.22	0	13.57	0	15.02	0	25.06	0	16.64	0	14.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Hydrometridae	Hydrometra	54	0	5.64	0	6.66	0	7.98	0	4.33	0	6.34	0	6.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Mesoveliidae	Mesovelia	9	0	0.98	0	1.02	0	1.39	2	8.03	0	3.76	0	2.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Veliidae	Veliidae	54	0	6.21	0	5.49	0	5.77	0	12.66	0	6.19	0	19.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Blephariceridae	Blephariceridae	90	1	25.27	1	21.31	1	23.27	1	12.53	0	10.63	0	10.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tipulidae	Tipulidae	266	0	27.41	0	21.37	1	23.61	0	21.45	0	22.4	0	24.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Limoniidae	Limoniidae	685	0	55.51	1	55.53	1	67.33	1	52.71	0	47.81	2	66.05
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Psychodidae	Psychodidae	241	0	23	0	25.52	0	26.67	0	26.8	0	21.72	0	32.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ptychopteridae	Ptychopteridae	35	0	5.05	0	5.94	0	5.45	0	4.32	0	12.72	0	9.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dixidae	Dixidae	133	0	39.92	2	13.85	0	14.62	0	10.51	0	10.67	0	26.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Culicidae	Culicidae	36	0	4.7	0	35.33	0	4.41	0	15.4	0	4.44	0	3.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Simuliidae	Simuliidae	746	1	56.73	1	62	1	61.32	0	54.55	0	55.25	0	58.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Chironomidae	Chironomidae	887	0	76.94	1	63.61	0	61.86	2	84.35	0	56.56	0	59.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	518	0	33.3	0	50.83	0	36.39	0	37.33	0	37.84	0	69.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Stratiomyidae	Stratiomyidae	80	0	47.88	0	12.8	0	6.71	0	10.22	0	7.71	2	56.16
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Empididae	Empididae	559	0	39.46	0	39.76	1	46.8	0	42.11	0	46.74	2	55.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae	16	0	18.16	0	18.16	0	2.14	0	1.69	0	2.36	0	2.05
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tabanidae	Tabanidae	367	2	37.2	0	37.28	0	37.96	1	31.38	0	30.37	0	34.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Athericidae	Athericidae	566	0	46.21	0	39.88	0	41.41	1	48.26	0	48.03	0	43.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Rhagionidae	Rhagionidae	34	1	11.83	1	11.37	1	10.35	0	7.5	1	4.08	0	3.67
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ephydriidae	Ephydriidae	74	0	5.98	0	6.57	0	7.9	2	19.38	0	8.73	0	7.23
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Sciomyzidae	Sciomyzidae	8	0	3.31	0	3.34	0	9.08	0	1.01	0	1.1	0	1.33
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Scatophagidae	Scatophagidae	4	0	0.63	0	2.97	0	1.66	0	1.4	0	0.75	0	13.05
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Anthomyidae	Anthomyidae	150	0	12.02	0	13.34	0	15.21	0	50.91	0	18.64	0	15.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Lepidoptera	Crambidae	Crambidae	38	0	3.72	0	3.54	0	3.81	2	11.51	0	3.19	0	4.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Osmyidae	Osmylus	13	0	15.04	0	9.56	0	1.92	0	1.68	0	1.6	0	4.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Sisyridae	Sisyra	66	0	7.85	0	8.07	2	11.81	0	7.65	0	15.52	0	12.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Leucorrhinia	4	0	2.23	0	0.64	0	0.8	0	3.1	0	0.91	0	5.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hymenoptera	Agriotypidae	Agriotypus	37	0	6.16	0	4.42	0	3.63	2	4.59	0	5.54	0	35.51
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Atyidae	Atyaephyra	24	0	10.84	0	3.06	0	19.22	0	17.6	0	9.33	0	2.95
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Austropotamobius	4	0	3.59	0	2.21	0	0.97	0	1.59	0	1.56	0	1.24
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Orconectes	62	2	15.11	2	21.42	0	7.16	0	5.59	0	51.23	0	14.85
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Pacifastacus	57	0	12.66	0	5.63	0	20.36	1	16.14	0	21.51	0	7.93
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Cambaridae	5	0	7.9	0	1.11	0	6.16	0	12.06	0	3.75	0	0.99
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Procambarus	10	0	2.47	0	17.7	2	6.91	0	1.54	0	4.96	0	2.61
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Isopoda	Asellidae	Asellidae	443	0	38.56	0	43.53	2	60.07	2	64.65	2	42.77	1	45.32
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammaridae	298	2	26.99	0	23.73	2	26.23	0	24.69	0	24.99	0	26.25
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Echinogammarus	295	2	26.15	2	30.61	2	47.32	2	37.4	0	23.87	2	40.08
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammarus	705	0	72.09	0	48.59	0	64.84	2	51.43	0	59.46	2	66.79
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Corophiidae	Corophium	4	0	0.91	0	0.94	0	1.11	0	0.79	0	0.62	0	0.82
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Pontogammaridae	Dikerogammarus	8	0	1.4	0	1.11	0	1.1	0	1.4	0	2.19	0	3.25
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Niphargidae	Niphargus	28	0	2.87	0	3.41	0	3.18	0	2.93	0	4.01	0	8.42
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Crangonyctidae	Crangonyx	13	0	9.13	0	2.08	0	13.8	0	16.27	0	1.69	0	2.13
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Conchostraca	NA	Conchostraca	14	2	2.73	2	3.16	2	3.9	2	2.55	0	9.68	0	38.55
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Cladocera	Daphniidae	Cladocera	85	0	9.01	0	13.22	0	11.81	0	8.17	0	9.83	0	33.74
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	NA	Hydracarina	NA	Hydracarina	605	0	38.98	1	40.95	1	39.74	0	46.6	0	39.51	0	38.03
Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	NA	Copepoda	Cyclopoidae	Copepoda	195	0	13.69	0	21.8	1	14.45	0	20.48	2	18.23	0	21.05
Arthropoda	Crustacea	Ostracoda	NA	NA	NA	Ostracoda	145	0	23.06	0	17.42	1	12.77	0	18.4	0	11.65	0	10.93

8.7. Annexe 7 : Liens matériaux de berge / traits invertébrés – Tau de Kendall

		% Enrochement		% Matériaux Artif.		% Aménagement Véget		% Matériaux Nat.					
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value				
"Size"	< 0.5 cm	→	-0.03038	0.22843	→	-0.00093	0.97124	↑	0.05997	0.02616	→	0.02901	0.22340
	> 0.5 - 1cm	↑	0.15428	0.00000	↑	0.05663	0.02748	→	-0.04902	0.06910	↓	-0.09765	0.00004
	> 1 -2 cm	→	0.04260	0.09117	→	-0.02345	0.36139	↓	-0.07924	0.00330	→	-0.00303	0.89872
	> 2 - 4cm	↓	-0.14645	0.00000	→	-0.04336	0.09142	→	0.03652	0.17570	↑	0.07190	0.00254
	> 4 cm	↓	-0.13378	0.00000	→	-0.02655	0.30132	→	0.00579	0.83017	↑	0.07418	0.00185
"Life cycle"	< 1 year	↑	0.17280	0.00000	→	0.04257	0.09747	→	-0.04413	0.10176	↓	-0.09269	0.00010
	> 1 year	↓	-0.17182	0.00000	→	-0.04745	0.06467	→	0.04653	0.08444	↑	0.09508	0.00007
"Voltinism"	< 1	→	0.03382	0.18001	↓	-0.08569	0.00085	↓	-0.07962	0.00315	↑	0.05653	0.01765
	1	↑	0.07040	0.00524	→	0.01016	0.69252	→	-0.04387	0.10379	→	-0.02437	0.30645
	>1	↓	-0.07793	0.00200	→	0.01496	0.56030	↑	0.06559	0.01500	→	0.00719	0.76283
"Stages"	egg	↑	0.09469	0.00017	→	0.03504	0.17254	↓	-0.06630	0.01394	→	-0.03750	0.11544
	larva	↑	0.09726	0.00011	↓	-0.05131	0.04578	↓	-0.06151	0.02256	→	-0.01628	0.49437
	nymph	↑	0.15005	0.00000	→	0.02282	0.37444	→	0.02202	0.41432	↓	-0.06997	0.00332
	adult	↓	-0.17657	0.00000	→	-0.01096	0.66961	↑	0.05703	0.03444	↑	0.06741	0.00466
"Reproduction"	ovoviviparity	↓	-0.16553	0.00000	→	-0.03217	0.21049	→	0.05240	0.05200	↑	0.06542	0.00604
	isolated eggs, free	↑	0.14653	0.00000	↑	0.07018	0.00629	→	-0.03655	0.17536	↓	-0.08593	0.00031
	isolated eggs, cemented	↑	0.16052	0.00000	→	0.01361	0.59628	↓	-0.07697	0.00431	↓	-0.05748	0.01583
	clutches, cemented or fixed	→	0.02669	0.28998	→	0.02483	0.33382	→	0.01921	0.47630	→	-0.01569	0.51033
	clutches, free	↑	0.06276	0.01283	→	0.02028	0.42982	→	-0.01546	0.56663	↓	-0.05376	0.02403
	clutches, terrestrial/in vegetation	↓	-0.07990	0.00153	↓	-0.06988	0.00652	→	0.00234	0.93112	↑	0.07071	0.00300
	asexual reproduction	→	-0.03589	0.15470	→	0.00754	0.76907	→	0.03699	0.17023	→	-0.00404	0.86545
"Dispersal"	aquatic passive	↓	-0.15016	0.00000	→	-0.01970	0.44315	→	0.03289	0.22259	↑	0.06213	0.00912
	aquatic active	→	0.04145	0.10028	→	0.04002	0.11926	→	-0.02045	0.44836	↓	-0.04765	0.04548
	aerial passive	↑	0.05925	0.01880	→	0.02024	0.43070	→	0.00368	0.89178	↓	-0.05016	0.03526
	aerial active	↑	0.09953	0.00008	→	-0.01825	0.47753	→	-0.02697	0.31738	→	-0.01032	0.66497
"Resistance"	eggs, statoblasts	↑	0.16461	0.00000	↑	0.06747	0.00862	→	-0.02907	0.28115	↓	-0.10999	0.00000
	cocoons, housings	↓	-0.10031	0.00007	→	0.01522	0.55368	→	0.01165	0.66601	→	0.02197	0.35655
	diapause or domrancy	↓	-0.14613	0.00000	→	-0.02418	0.34645	→	0.02876	0.28618	↑	0.05836	0.01430
	none	↑	0.05764	0.02227	→	-0.04070	0.11305	→	0.00490	0.85605	→	0.01736	0.46623
"Respiration"	tegument	↑	0.11961	0.00000	→	0.03757	0.14357	↓	-0.05572	0.03879	↓	-0.05804	0.01485
	gill	↓	-0.10620	0.00003	→	-0.03878	0.13110	→	0.04191	0.12014	→	0.04004	0.09287
	plastron, spiracle	→	-0.01936	0.44269	→	-0.01353	0.59856	→	0.01697	0.52932	→	0.02533	0.28767
"Locomotion"	flier	→	-0.01350	0.59273	→	-0.00149	0.95387	→	0.03589	0.18339	→	0.01659	0.48635
	swimmer	↓	-0.05874	0.01986	→	-0.00648	0.80099	→	0.04079	0.13039	→	0.02462	0.30148
	crawler	↑	0.11684	0.00000	→	0.03246	0.20637	→	-0.01576	0.55907	↓	-0.07373	0.00197
	burrower	↓	-0.13593	0.00000	↓	-0.06701	0.00908	→	-0.02606	0.33393	↑	0.10088	0.00002
	interstitial	→	0.00066	0.97910	→	0.01273	0.62025	→	0.00021	0.99404	→	-0.01438	0.54623
	attached	→	0.01616	0.52162	→	0.00020	0.99399	→	0.00874	0.74605	→	0.00223	0.92559
"Food"	microorganisms, detritus (< 1mm)	↑	0.07326	0.00368	→	0.02435	0.34323	→	-0.03950	0.14304	→	-0.03350	0.15975
	dead plants (>= 1 mm)	→	-0.00068	0.97858	→	0.02190	0.39383	→	-0.01849	0.49297	→	-0.02795	0.24068
	living microphytes	↑	0.05805	0.02136	→	0.01800	0.48359	→	-0.00930	0.73035	→	-0.02657	0.26473
	living macrophytes	↑	0.06232	0.01347	→	0.02807	0.27447	→	0.03053	0.25756	↓	-0.05991	0.01191
	dead animals (>= 1 mm)	→	-0.04233	0.09324	→	0.02021	0.43134	→	-0.01048	0.69771	→	-0.00457	0.84796
	living microinvertebrates	↓	-0.12595	0.00000	↓	-0.06884	0.00736	↑	0.05392	0.04553	↑	0.08550	0.00033
	large animals	↓	-0.06641	0.00846	→	-0.04032	0.11652	→	0.01423	0.59773	↑	0.06583	0.00572
	"Feeding habits"	absorber, deposit feeder	↑	0.05135	0.04176	→	0.02154	0.40179	→	-0.03955	0.14246	→	-0.03590
shredder	→	0.00116	0.96351	→	-0.04005	0.11897	→	-0.02075	0.44168	→	0.01930	0.41796	
scraper	↑	0.08732	0.00054	↑	0.06453	0.01200	→	-0.00661	0.80654	↓	-0.06315	0.00803	
filter-feeder	↓	-0.08959	0.00038	→	-0.02568	0.31736	→	0.02058	0.44549	↑	0.04776	0.04498	
piercer	↓	-0.12737	0.00000	↓	-0.05275	0.04006	→	0.01449	0.59126	↑	0.08206	0.00057	
predator	→	0.00864	0.73186	→	-0.02766	0.28164	→	0.01940	0.47201	→	0.02908	0.22227	
parasite	↓	-0.09323	0.00022	→	0.01881	0.46404	→	0.01913	0.47828	→	0.02847	0.23208	

Annexe 7 suite

		% Enrochement		% Matériaux Artif.		% Aménagement Végét		% Matériaux Nat.					
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value				
"Transversal"	river channel	↑	0.15094	0.00000	→	0.04041	0.11569	→	-0.04145	0.12426	↓	-0.07085	0.00294
	banks, connected side-arms	↓	-0.06167	0.01448	→	0.00715	0.78083	↑	0.05742	0.03323	→	0.02531	0.28819
	ponds, pools, disconnected side arms	↓	-0.14037	0.00000	↓	-0.05718	0.02599	→	0.02514	0.35129	↑	0.07630	0.00136
	marshes, peat dogs	↓	-0.09929	0.00008	→	-0.02907	0.25774	→	0.01983	0.46221	↑	0.04934	0.03836
	temporary waters	↓	-0.05814	0.02114	→	-0.00263	0.91845	→	-0.00099	0.97106	→	0.00541	0.82052
	lakes	↓	-0.10267	0.00005	→	-0.04889	0.05698	→	0.04803	0.07492	↑	0.05456	0.02200
"Longitudinal"	crenon	↑	0.08464	0.00079	→	0.01599	0.53367	→	-0.04495	0.09556	→	-0.03256	0.17174
	epirithron	↑	0.11376	0.00001	→	0.01979	0.44104	→	-0.04551	0.09149	↓	-0.04744	0.04647
	metarithron	↑	0.13606	0.00000	→	0.02865	0.26472	→	-0.04889	0.06984	↓	-0.06463	0.00667
	hyporithron	↑	0.11716	0.00000	→	0.01405	0.58436	→	-0.02308	0.39211	↓	-0.05389	0.02371
	epipotamon	→	-0.04288	0.08909	→	0.00429	0.86730	→	0.01821	0.49972	→	0.01269	0.59443
	metapotamon	↓	-0.14951	0.00000	→	-0.02043	0.42639	↑	0.06107	0.02352	↑	0.05706	0.01662
	estuary	↓	-0.12757	0.00000	→	0.00099	0.96950	↑	0.06458	0.01662	→	0.03850	0.10607
	outside river system	↓	-0.13613	0.00000	↓	-0.05904	0.02154	→	0.03396	0.20798	↑	0.08004	0.00078
"Altitude"	lowlands	↓	-0.12159	0.00000	→	-0.02185	0.39505	↑	0.06184	0.02184	↑	0.06241	0.00881
	piedmont level	↑	0.12258	0.00000	→	0.01880	0.46429	→	-0.05273	0.05053	↓	-0.06196	0.00931
	alpine level	↑	0.10928	0.00001	→	0.01959	0.44576	↓	-0.05585	0.03834	↓	-0.05157	0.03042
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↑	0.18149	0.00000	↑	0.07446	0.00374	→	-0.02640	0.32756	↓	-0.09811	0.00004
	gravel	→	0.01760	0.48522	→	-0.01218	0.63542	→	0.01085	0.68747	→	-0.00887	0.70984
	sand	↓	-0.07438	0.00318	↓	-0.08158	0.00149	→	-0.00412	0.87872	↑	0.08489	0.00037
	silt	↓	-0.15201	0.00000	↓	-0.08962	0.00048	→	0.01106	0.68198	↑	0.09862	0.00003
	macrophytes	↓	-0.08833	0.00046	→	-0.01685	0.51191	↑	0.06605	0.01431	→	0.04191	0.07857
	microphytes	↓	-0.12561	0.00000	→	-0.02802	0.27544	→	0.03298	0.22138	↑	0.05788	0.01512
	twigs/roots	↑	0.15327	0.00000	↑	0.05319	0.03837	→	-0.00521	0.84685	↓	-0.09023	0.00015
	organic detritus / litter	↓	-0.07551	0.00275	→	-0.03304	0.19841	→	-0.03046	0.25869	→	0.04225	0.07618
	mud	↓	-0.15764	0.00000	→	-0.04968	0.05310	→	0.03030	0.26117	↑	0.08040	0.00074
	"Current"	null	↓	-0.13726	0.00000	→	-0.04176	0.10401	→	0.03157	0.24177	↑	0.07202
slow (< 25 cm/s)		↓	-0.17220	0.00000	↓	-0.05790	0.02419	→	0.04731	0.07938	↑	0.09779	0.00004
medium (25 - < 50 cm/s)		↑	0.15770	0.00000	→	0.01707	0.50629	→	-0.03258	0.22707	↓	-0.07438	0.00180
fast (> 50 cm/s)		↑	0.16730	0.00000	↑	0.07113	0.00562	→	-0.03609	0.18086	↓	-0.09877	0.00003
"Trophic status"	oligotrophic	↑	0.08888	0.00042	→	-0.00475	0.85352	→	-0.03387	0.20914	→	-0.01854	0.43655
	mesotrophic	↓	-0.10264	0.00005	→	0.01295	0.61408	→	0.05080	0.05958	→	0.01777	0.45575
	eutrophic	↓	-0.08204	0.00114	→	-0.00941	0.71429	→	0.02305	0.39270	→	0.02935	0.21803
"Salinity"	freshwater	↑	0.12979	0.00000	→	-0.00389	0.87961	→	-0.04867	0.07108	→	-0.03715	0.11896
	brackfich water	↓	-0.13684	0.00000	→	0.00015	0.99552	↑	0.05610	0.03750	→	0.03845	0.10651
"Temperature"	cool (< 15°C)	↑	0.11196	0.00001	→	0.02445	0.34128	↓	-0.06179	0.02193	→	-0.03943	0.09789
	warm (>15°C)	→	-0.03543	0.16006	→	0.04093	0.11101	↑	0.05762	0.03261	→	-0.03138	0.18784
	eurythermic	↓	-0.08994	0.00036	↓	-0.05968	0.02016	→	0.01579	0.55835	↑	0.05835	0.01431
"Saprobity"	xenosaprobic	↑	0.15247	0.00000	→	0.04350	0.09037	→	-0.05211	0.05330	↓	-0.07537	0.00156
	oligosaprobic	↑	0.08569	0.00068	→	0.00186	0.94242	→	-0.01737	0.51959	→	-0.03246	0.17311
	b-mesosaprobic	↓	-0.10038	0.00007	→	-0.00659	0.79760	↑	0.06312	0.01925	→	0.03111	0.19156
	a-mesosaprobic	↓	-0.10492	0.00003	→	-0.03444	0.17995	→	0.02479	0.35795	↑	0.05058	0.03376
	polysaprobic	↓	-0.06348	0.01184	→	0.01824	0.47779	→	0.02066	0.44358	→	0.01578	0.50782
"pH"	< 4	→	0.04381	0.08240	→	0.00975	0.70429	→	-0.03460	0.19944	→	-0.02812	0.23797
	> 4 - 4.5	→	0.01793	0.47727	→	-0.01797	0.48427	→	-0.02433	0.36694	→	-0.01113	0.64053
	> 4.5 - 5	→	-0.01675	0.50666	→	-0.04679	0.06849	→	-0.02827	0.29445	→	0.03631	0.12745
	> 5 - 5.5	→	-0.00886	0.72540	↓	-0.05181	0.04370	→	-0.02393	0.37493	→	0.02532	0.28793
	> 5.5 - 6	↓	-0.05273	0.03653	→	-0.02748	0.28471	→	-0.02202	0.41432	→	0.03266	0.17038
	> 6	→	-0.00796	0.75235	→	0.02829	0.27076	→	0.03832	0.15537	→	-0.01430	0.54852

8.8. Annexe 8 : Liens matériaux de berge / taxons invertébrés – Analyse TITAN

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Enrochement		% Matériaux Artif.		% Aménagement Végét.		% Matériaux Nat.	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	3	0	1.06	0	1.48	0	0.74	0	1.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Brachyptera	7	0	1.29	0	1.89	0	4.72	0	5.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	8	2	3.46	0	1.53	0	3.08	1	2.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	41	0	4.79	0	4.29	0	4.58	0	5.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemouridae	13	0	1.8	0	2.68	0	1.97	0	7.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura	36	0	4.41	0	4.35	0	8.13	0	4.67
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemoura	175	0	15.62	1	18.75	0	18.11	0	17.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Protonemura	210	2	22.28	0	17.35	0	17.38	0	18.16
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctridae	85	0	7.6	0	9.72	0	7.82	0	9.11
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Euleuctra	276	0	24.17	0	41.42	0	22.4	0	43.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctra	520	2	57.76	0	45.62	1	52.09	0	44.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnia	3	0	2.01	0	0.53	0	5.66	0	1.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnioneura	4	0	1.94	0	1.25	0	4.29	0	1.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodidae	68	0	9.53	0	7.24	0	7.73	0	6.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Besdolia	3	0	2.45	0	2.67	0	0.63	0	3.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Isoperla	114	0	12.3	0	10.63	0	12.16	0	15.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodes	77	0	6.41	0	7.37	0	9.9	0	9.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perlidae	35	0	4.14	0	5.57	0	28.04	0	5.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Dinocras	80	0	8.68	0	6.68	0	29.48	0	8.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perla	138	2	21.13	0	27.18	0	11.75	0	11.07
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperlidae	27	2	6.03	0	6.48	0	3.32	1	5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperla	14	0	1.71	0	2.05	0	6.62	0	2.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Siphonoperla	45	0	5.58	0	4.99	0	8.7	0	9.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	NA	Rhyacophila	600	2	46.16	2	47.17	0	42.57	1	49.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosomatidae	75	0	8.5	0	7.74	0	7.68	0	7.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma	81	0	14.31	0	8.41	0	8.35	0	9.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Agapetus	138	0	32.38	0	26.04	0	17.6	0	13.26
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Synagapetus	3	0	0.79	0	0.68	0	1.43	0	1.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	84	0	7.08	0	8.57	0	12.09	0	8.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Orthotrichia	64	0	12.51	0	11.52	0	9.28	0	6.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Ithytrichia	216	1	21.74	1	23.31	0	29.96	2	18.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Oxyethira	8	0	1.44	0	1.26	0	4.04	0	3.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila	514	0	35.98	2	41.11	0	46.25	0	37.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Agraylea	13	0	3.23	0	4.48	0	2.57	0	3.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Allotrichia	7	0	2.57	0	1.98	0	2.91	0	2.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamidae	6	0	8.89	0	11.54	0	8.89	0	3.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	51	0	6.82	0	16.18	0	8.31	0	5.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamus	39	0	17.68	0	14.59	0	7.87	0	13.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Wormaldia	22	0	3.9	0	9.03	0	2.93	2	3.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsychidae	149	0	11.95	0	13.02	0	30.68	0	17.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsyche	764	0	83.31	0	72.24	0	60.87	0	78.8
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	202	0	17.71	0	53.71	0	19.89	0	18.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropodidae	264	0	26.02	0	20.91	0	24.25	0	21.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Cyrnus	193	1	18.09	0	17.26	0	17.42	2	16.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Plectrocnemia	14	0	1.81	0	2.03	0	1.74	0	3.8
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropus	490	1	36.25	0	44.16	0	33.37	2	34.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Holocentropus	44	0	3.94	0	5.03	0	4.44	0	4.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Neureclipsis	31	0	3.65	0	17.69	0	6.67	0	3.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyiidae	30	0	3.66	0	5.61	0	3.54	0	9.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyia	282	2	29.7	0	32.73	0	21.15	0	24.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Lype	185	0	14.49	0	22.22	0	21.65	0	14.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Tinodes	148	0	14.05	0	15.12	0	39.5	0	14.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Metalype	9	0	2.43	2	3.21	0	1.17	0	2.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Ecnomidae	Ecnomus	19	0	2.92	0	4.83	0	2.11	0	2.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Phryganeidae	Phryganea	11	0	1.17	0	1.61	0	2.5	0	1.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentridae	11	0	1.38	0	1.63	0	1.7	0	1.8
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Oligoplectrum	46	0	7.12	0	9.9	0	11.18	0	5.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentrus	158	0	14.6	1	14.69	0	13.66	2	15.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Micrasema	158	0	14.81	1	25.85	0	14.04	0	17.03
								0		0		0		0	

Annexe 8 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilidae	59	0	9.1	0	6.22	0	20.04	0	7.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae	497	0	47.45	0	49.75	0	46.48	0	45.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Drusinae	57	0	5.63	2	14.12	0	6.48	1	7.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goeridae	227	1	20.12	0	19.72	0	19.95	2	20.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goera	171	0	46.78	0	30.21	0	14.88	0	17.93
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Lithax	24	0	3.09	0	3.41	0	3.23	0	3.45
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Silo	249	0	23.31	0	23.25	0	27.6	0	24.08
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Uenoidae	Thremma	3	0	1.08	0	1	0	0.49	0	0.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostomatidae	51	0	5.95	0	6.24	0	8.5	0	6.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostoma	287	0	26.95	0	23.68	0	24.8	0	42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lasiocephala	69	0	10.51	0	18.29	0	6.08	0	6.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Crunoecia	8	0	3.55	0	1.03	0	1.08	0	15.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptoceridae	89	0	17.86	0	14.09	0	8.87	0	8.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Athripsodes	375	1	31.24	0	33.31	0	71.03	0	33.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Mystacides	506	0	42.32	0	44.3	0	62.37	0	35.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ceraclea	137	0	13.02	0	28.59	0	19.41	0	11.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Triadenodes	19	0	3.98	0	4.31	0	2.87	0	3.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis	238	0	29.21	0	30.99	0	24.18	0	24.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Setodes	44	0	11.07	0	12.52	0	5.06	0	5.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptocerus	36	0	3.88	0	4.11	0	5.39	0	4.42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Adicella	118	0	10.67	0	19.6	0	9.64	2	13.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ylodes	6	0	14.03	0	33.04	0	1.17	0	3.12
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostomatidae	148	0	36.97	0	16.29	0	17.08	0	23.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostoma	371	0	26.93	0	26.05	0	27.82	0	40.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Notidobia	46	0	5.38	0	5.26	0	6.55	0	5.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeidae	3	0	0.53	0	0.55	0	1.17	0	0.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraea	5	0	0.77	0	0.92	0	0.68	0	3.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeodes	51	0	5.86	0	7.07	0	9.08	0	8.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraemyia	3	0	0.54	0	1.01	0	0.87	0	2.99
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Odontoceridae	Odontocerum	161	2	16.31	0	12.92	0	12.04	0	20.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Calamoceratidae	Calamoceras	8	0	16.49	0	3.64	0	0.91	0	1.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Molannidae	Molanna	27	0	3.17	0	4.19	0	3.03	0	2.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Siphonuridae	Siphonurus	4	0	0.79	0	0.61	0	1.96	0	0.65
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	238	0	19.38	0	40.92	0	23.31	0	20.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	825	2	54.52	2	59.07	0	53.39	1	60.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella	18	0	3.87	0	2.36	0	2.63	0	2.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Centroptilum	343	0	30.22	1	34.16	0	30.32	2	28.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Procladius	259	0	33.04	0	53.08	0	23.55	0	24.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Cloeon	121	0	11.93	0	12.18	0	10.14	0	12.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Oligoneuriella	36	2	7.44	0	4.84	0	6.2	1	5.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptageniidae	209	0	16.59	0	26.94	0	15.93	0	15.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeorus	171	2	16.87	0	16.59	0	13.97	0	13.99
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena	188	2	20.47	0	16.43	0	16.54	1	18.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Ecdyonurus	387	2	30.71	0	27.7	1	29.24	0	26.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptagenia	163	0	13.94	0	15.24	0	13.08	0	20.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Electrogena	44	0	13.59	0	5.32	0	5.05	0	4.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerellidae	12	0	5.76	0	7.47	0	9.44	0	8.29
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerella	646	2	47.71	0	43.46	0	43.52	1	45.37
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Torleya	66	0	12.76	0	17.35	0	9.33	0	7.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenidae	3	0	0.58	0	7.7	0	0.68	0	19.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis	558	0	43.16	0	54.39	0	40.73	0	41.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Brachycercus	24	0	3.88	0	2.48	0	2.69	0	2.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	196	0	18.47	0	47.85	0	21.15	0	25.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Choroterpes	44	0	27.36	0	37.8	0	14.01	0	5.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraululus	4	0	1.27	0	1.36	0	0.73	0	1.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	184	0	20.79	1	33.12	0	19.84	0	13.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habroptelodes	93	0	10.4	0	47.66	0	9.91	0	8.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habroptelodes	165	0	15.55	0	17.69	0	65.2	2	24.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Polymitarcidae	Ephoron	46	0	15.46	0	20.07	0	15.26	0	5.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemeridae	Ephemeridae	548	0	37	0	39.54	0	40.82	0	34.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Potamanthidae	Potamanthus	45	2	7.42	0	5.73	0	5.52	0	5.54

Annexe 8 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinidae	10	0	9.45	0	9.45	0	1.76	0	1.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinus	41	1	6.22	0	5.44	0	16.79	2	7.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Orectochilus	239	0	26.27	0	23.81	0	18.9	0	20.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Haliplidae	7	0	1.28	0	5.44	0	1.36	0	2.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Halipilus	134	0	14.01	0	10.44	0	11.41	0	14.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Peltodytes	17	0	2.05	0	2	0	7.63	0	7.12
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Brychius	46	0	6.12	0	5.15	2	16.44	0	15.07
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscidae	18	0	2.24	0	2.14	0	2.61	0	13.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hexapoda	Hydroporinae	198	0	22.71	0	17.57	0	41.28	0	18.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Laccophilinae	43	0	5.24	0	4.16	0	6.77	0	32.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Colymbetinae	179	0	13.85	0	15.17	0	22.55	2	24.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscinae	13	0	1.55	0	5.65	0	3.23	0	1.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae	20	0	5.02	0	4.15	0	2.78	0	11.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilinae	110	0	8.59	0	8.71	0	29.67	0	11.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Sphaeridiinae	12	0	2.03	0	2.99	0	1.61	0	11.26
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Limnebius	12	0	2.1	0	2.23	0	4.47	0	18.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Helophoridae	Helophorus	39	0	6.53	0	4.05	0	4.08	0	4.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrochidae	Hydrochus	16	0	4.02	0	2.96	0	1.64	0	4.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Hydraena	432	0	38.63	1	39.78	0	38.35	2	37.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Ochthebius	23	0	2.88	0	2.54	0	12.59	0	5.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae	7	0	2.59	0	1.11	0	1.07	0	1.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Pomatinus	83	0	24.41	0	20.63	0	11.99	0	9.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryops	106	0	19.78	0	9.5	0	24.5	0	11.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmidae	32	0	4.02	0	3.94	0	7.95	0	3.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Potamophilus	16	0	2.99	0	3.48	0	3.51	0	2.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis	231	0	48.31	0	52.77	0	17.51	0	23.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmis	729	1	51.86	0	51.32	0	54.47	2	49.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Esolus	600	0	40.81	0	44.13	0	40.29	0	46.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Dupophilus	214	1	20.69	1	20.06	0	21.66	2	19.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Oulimnius	647	1	50.46	1	55.28	0	45.71	2	53.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Limnius	672	0	46.33	0	46.37	0	51.53	0	44.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Normandia	47	0	5.31	0	10.16	0	8.18	0	6.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Riolus	282	0	58.27	0	45.62	2	41.29	0	21.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Macronychus	55	0	6.52	0	6.59	0	8.67	0	5.16
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydroscaphidae	Hydroscapha	5	0	1.04	0	1.2	0	0.94	0	0.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Cyphon	9	0	19.79	0	1.14	0	1.84	0	7.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Helodes	60	0	5.01	0	6.57	0	6.95	0	6.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Hydrocyphon	49	0	13.93	0	10.08	0	14.49	0	17.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae	22	0	7.58	0	2.97	0	4.22	0	17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Calopterygidae	Calopteryx	553	0	72.92	0	40.14	0	52.91	0	43.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Sympetma	4	0	0.83	0	0.75	0	0.79	0	1.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Lestes	16	0	2.72	0	11.11	0	2.48	0	2.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Platycnemididae	Platycnemis	251	1	27.88	0	21.25	0	24.64	2	26.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae	140	1	18.83	0	13.51	0	20.86	0	12.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Aeshnidae	13	0	1.93	0	1.83	0	2.03	0	2.01
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Boyeria	143	1	35.17	0	26.69	0	15.33	2	17.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Anax	5	0	2.25	0	2.25	0	2.27	0	13.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphidae	88	0	37.4	0	28.54	0	7.78	0	16.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphus	208	0	19.3	1	19.29	0	14.56	0	21.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Ophiogomphus	3	0	1.02	0	0.62	0	0.44	0	0.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Onychogomphus	267	0	22.14	0	61.41	0	19.32	0	19.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Cordulegasteridae	Cordulegaster	103	1	12.07	0	9.18	0	10.37	2	16.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Corduliidae	12	0	10.86	0	2.13	0	4.37	0	4.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Oxygastra	13	0	4.57	0	13.4	0	1.87	0	1.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Somatochlora	9	0	2.46	0	2.66	0	1.06	0	16.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Epitheca	5	0	1.08	0	9.56	0	1.01	0	9.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Libellula	3	0	1.12	0	0.61	0	0.74	0	0.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Orthetrum	6	0	1.05	0	0.93	0	0.86	0	1.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Megaloptera	NA	Sialis	385	1	35.21	1	28.92	0	28.65	2	31.34

Annexe 8 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixidae	33	0	16.71	0	9.49	0	3.93	0	3.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixinae	99	0	11.42	0	25.81	0	9.48	0	11.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Micronecta	313	0	27.51	1	26.99	0	53.46	2	30.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Aphelocheiridae	Aphelocheirus	220	0	20.14	0	18.26	0	24.83	0	18.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Naucoridae	Naucoridae	21	0	2.26	0	4.67	0	2.57	0	2.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Nepidae	Nepidae	42	0	4.21	0	4.58	0	4.8	0	13.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Notonectidae	Notonectidae	35	0	5.94	0	3.67	0	6.6	0	5.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Pleidae	Plea	8	0	10.92	0	1.03	0	1.83	0	2.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerridae	24	0	9.03	0	5.04	0	14.91	0	2.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerris	200	0	19.22	0	15.56	0	17.18	0	59.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Hydrometridae	Hydrometra	54	0	6.19	0	4.31	0	8.75	0	7.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Mesoveliidae	Mesovelia	9	0	7.15	0	4.62	0	18.35	0	1.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Veliidae	Veliidae	54	1	5.81	0	4.96	0	5.71	0	14.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Blephariceridae	Blephariceridae	90	2	13.69	0	8.76	0	8.48	0	9.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tipulidae	Tipulidae	266	0	20.73	0	21.84	0	20.78	0	19.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Limoniidae	Limoniidae	685	0	48.6	0	52.43	0	51.97	0	43.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Psychodidae	Psychodidae	241	0	27.03	0	19.03	0	24.85	0	20.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ptychopteridae	Ptychopteridae	35	0	4.62	0	4.31	0	4.75	0	6.18
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dixidae	Dixidae	133	0	30.62	1	14.16	0	17.47	0	12.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Culicidae	Culicidae	36	0	7.13	0	5.91	0	5.44	0	4.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Simuliidae	Simuliidae	746	0	58.79	2	62.75	0	58.98	0	55.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Chironomidae	Chironomidae	887	0	56.99	0	63.89	1	70.98	0	54.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	518	1	39.69	1	44.82	0	37.21	2	40.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Stratiomyidae	Stratiomyidae	80	0	19.82	0	24.28	0	12.81	0	7.29
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Empididae	Empididae	559	0	44.3	0	38.48	0	37.52	0	44.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae	16	0	3.36	0	4.45	0	2.07	0	1.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tabanidae	Tabanidae	367	1	34.36	0	30.33	1	37.45	2	37.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Athericidae	Athericidae	566	0	59.79	1	49.39	0	42.91	0	54.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Rhagionidae	Rhagionidae	34	0	6.07	0	19.21	0	4.26	0	11.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ephydriidae	Ephydriidae	74	0	7.16	0	26.27	0	6.76	0	6.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Sciomyzidae	Sciomyzidae	8	0	1.91	0	1.34	0	1.53	0	1.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Scatophagidae	Scatophagidae	4	0	1.12	0	1.03	0	2.44	0	0.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Anthomyidae	Anthomyidae	150	0	19.61	0	16.7	0	15.18	0	15.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Lepidoptera	Crambidae	Crambidae	38	1	5.28	0	5.18	0	5.17	0	15.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Osmyliidae	Osmylus	13	0	6.75	0	1.79	0	13.55	0	3.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Sisyridae	Sisyra	66	0	18.45	0	16.35	0	6.52	0	8.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Leucorrhinia	4	0	3.1	0	2.41	0	15.81	0	14.23
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hymenoptera	Agriotypidae	Agriotypus	37	0	4.82	0	3.92	0	4.31	2	4.37
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Atyidae	Atyaephyra	24	0	2.73	0	3.19	0	5.8	0	2.84
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Austropotamobius	4	0	1.15	0	0.89	0	2.35	0	1.06
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Orconectes	62	0	7.51	0	6.66	0	24.24	0	5.1
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Pacifastacus	57	0	6.58	0	11.2	0	6.98	0	10.96
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Cambaridae	5	0	19.56	0	2.52	0	1.9	0	0.9
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Procambarus	10	0	18.16	0	10.75	0	1.5	0	1.24
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Isopoda	Asellidae	Asellidae	443	1	39.66	1	36.78	0	43.37	2	41.02
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammaridae	298	0	26.2	0	23.85	0	23.07	0	24.4
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Echinogammarus	295	1	26.67	0	23.67	0	38.14	0	22.67
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammarus	705	0	49.14	0	48.05	0	48.09	0	52.7
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Corophiidae	Corophium	4	0	1.55	0	12.47	0	5.12	0	9.97
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Pontogammaridae	Dikerogammarus	8	0	2.68	2	32.83	0	2.41	1	21.72
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Niphargidae	Niphargus	28	0	3.55	0	35.82	0	3.18	0	7.26
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Crangonyctidae	Crangonyx	13	0	2.54	0	5.85	0	1.87	0	2.5
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Conchostraca	NA	Conchostraca	14	0	17.8	0	2.27	0	5.31	0	14.51
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Cladocera	Daphniidae	Cladocera	85	0	7.66	0	8.49	0	7.88	0	10.07
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	NA	Hydracarina	NA	Hydracarina	605	0	44.33	0	46.43	0	46.21	0	38.93
Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	NA	Copepoda	Cyclopoidae	Copepoda	195	0	13.33	0	13.85	0	14.97	0	17.87
Arthropoda	Crustacea	Ostracoda	NA	NA	NA	Ostracoda	145	0	16.59	2	12.43	0	16.57	0	11.88

Annexe 8 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Chevelu racinaire		% Débris Ligneux		% Pool Détritique		% Végét. Aquatique					
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal				
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	524	↓	1	40.38	⇒	0	52.18	⇒	0	47.75	⇒	0	38.1
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Piscicolidae	Piscicolidae	186	↓	1	17.12	⇒	0	19.98	⇒	0	14.94	⇒	0	15.48
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Pharyngobdelliformes	Erpobdellidae	Erpobdellidae	528	⇒	0	52.74	⇒	0	56.51	⇒	0	39.76	⇒	0	49.49
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Enchytraeidae	Oligochaeta	881	⇒	0	72.95	⇒	0	60.23	⇒	0	58.6	⇒	0	58.49
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdellidae	6	⇒	0	1.08	⇒	0	1.19	⇒	0	1.28	⇒	0	1.57
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdella	11	⇒	0	1.29	⇒	0	1.36	⇒	0	1.91	⇒	0	1.78
Annelida	NA	Polychaeta	Palpata	Canalipalpata	Ampharetidae	Hypania	3	⇒	0	1.61	⇒	0	3.12	⇒	0	4.17	⇒	0	4.56
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Neritidae	Theodoxus	148	↓	1	14.75	⇒	0	13.61	⇒	0	14.58	⇒	0	15.72
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Viviparidae	Viviparus	13	⇒	0	2.51	⇒	0	5.07	⇒	0	2.64	⇒	0	9.19
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Valvatidae	Valvata	108	⇒	0	11.12	⇒	0	19.6	⇒	0	12.22	⇒	0	12.37
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Hydrobiidae	11	⇒	0	1.83	⇒	0	1.59	⇒	0	2.73	⇒	0	1.9
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Potamopyrgus	544	↓	1	47.73	⇒	0	36.71	⇒	0	39.26	⇒	0	46.64
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Belgrandia	3	⇒	0	0.75	⇒	0	0.7	⇒	0	1.29	⇒	0	1.68
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Bythinella	33	⇒	0	5.13	⇒	0	3.47	⇒	0	5.64	⇒	0	3.68
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Bithyniidae	Bithynia	244	⇒	0	24.75	⇒	0	22.44	⇒	0	21.11	⇒	0	20.38
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Physidae	Physidae	36	⇒	0	3.96	⇒	0	5.78	⇒	0	8.02	⇒	0	4.3
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Physidae	Physa	206	⇒	0	21.96	⇒	0	40.25	⇒	0	21.44	⇒	0	16.74
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Lymnaeidae	72	⇒	0	21.86	⇒	0	8.27	⇒	0	8.49	⇒	0	20.58
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Lymnaea	7	⇒	0	1.54	⇒	0	1.4	⇒	0	3.41	⇒	0	7.26
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Stagnicola	28	⇒	0	3.23	↑	2	5	⇒	0	3.8	⇒	0	11.53
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Radix	364	⇒	0	33.5	⇒	0	43.45	⇒	0	36.09	⇒	0	67.02
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Planorbidae	Planorbidae	305	↓	1	25.76	⇒	0	41.08	⇒	0	25.3	⇒	0	28.21
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Ancylidae	Ancylus	632	↓	1	67.26	⇒	0	70.04	⇒	0	45.14	⇒	0	47.92
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Ferrissidae	Ferrissia	28	⇒	0	3.25	⇒	0	2.87	⇒	0	3.15	⇒	0	3.37
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Acroloxidae	Acroloxus	62	⇒	0	6.15	⇒	0	5.92	⇒	0	9.15	⇒	0	10.1
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Bythiospeum	4	⇒	0	0.73	⇒	0	0.74	⇒	0	0.58	⇒	0	17.36
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Unionidae	23	⇒	0	2.74	⇒	0	17.45	⇒	0	10.12	⇒	0	3
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Anodonta	17	⇒	0	2.92	⇒	0	1.83	⇒	0	2.68	⇒	0	2.46
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Unio	44	↓	1	6.79	⇒	0	5.31	⇒	0	7.6	⇒	0	4.91
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Sphaeriidae	252	⇒	0	18.42	⇒	0	53.91	⇒	0	19.4	⇒	0	37.08
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Pisidium	625	↓	1	51.61	⇒	0	41.92	⇒	0	76.95	⇒	0	41.52
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Sphaerium	317	↓	1	31.24	⇒	0	26.16	⇒	0	26.03	⇒	0	25.22
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Musculium	8	⇒	0	1.3	⇒	0	1.86	⇒	0	2.68	⇒	0	1.19
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Dreissenidae	Dreissena	5	⇒	0	1.13	⇒	0	6.45	⇒	0	0.93	⇒	0	1.58
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Corbiculidae	Corbicula	122	⇒	0	13.41	⇒	0	11.23	⇒	0	9.47	⇒	0	10.51
Nemertea	NA	NA	NA	NA	NA	Prostoma	49	⇒	0	12.84	⇒	0	15.71	⇒	0	10.63	⇒	0	4.76
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Dugesiiidae	Dugesiiidae	443	⇒	0	56.66	⇒	0	30.78	⇒	0	38.83	⇒	0	29.83
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Planariidae	Planariidae	319	⇒	0	24.3	⇒	0	23.46	⇒	0	24.35	⇒	0	27.75
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Dendrocoelidae	Dendrocoelidae	167	⇒	0	12.15	⇒	0	46.73	⇒	0	16.62	⇒	0	13.93
Cnidaria	NA	Hydrozoa	NA	NA	Clavidae	Hydrozoa	198	⇒	0	34.69	⇒	0	38.82	⇒	0	16.92	⇒	0	17.8
Nemathelmintha	NA	Gordiacia	NA	NA	Gordiidae	Nemathelmintha	400	⇒	0	35.77	⇒	0	28.88	⇒	0	24.99	⇒	0	28.48
Bryozoa	NA	NA	NA	NA	Cristatellidae	Bryozoa	115	⇒	0	9.18	⇒	0	10.04	⇒	0	15.27	⇒	0	8.18
Porifera	NA	NA	NA	NA	NA	Spongillidae	43	⇒	0	4.76	⇒	0	5.06	⇒	0	7.31	⇒	0	7.81
						N taxon affinité +			16		9		2		24				
						N taxon affinité -			29		16		4		9				
						N taxons indicateurs			45		25		6		33				

8.10. Annexe 10 : Liens habitats caractéristiques de berge / traits invertébrés – Tau de Kendall

		% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge		% Végétation Surpl						
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value					
"Size"	< 0.5 cm	↓	-0.079697	0.0011	↑	0.061644	0.0071	↑	0.067685	0.0042	→	0.028336	0.2244	↑	0.091183	0.0001
	> 0.5 - 1cm	↑	0.172702	0.0000	↓	-0.103871	0.0000	→	0.003588	0.8796	↓	-0.067948	0.0036	→	0.009447	0.6808
	> 1 - 2 cm	↑	0.166887	0.0000	↓	-0.050666	0.0270	↓	-0.113264	0.0000	→	0.008672	0.7101	↓	-0.110265	0.0000
	> 2 - 4cm	↓	-0.177145	0.0000	↑	0.109173	0.0000	→	0.018383	0.4375	↑	0.055783	0.0168	→	-0.017114	0.4561
	> 4 cm	↓	-0.198475	0.0000	→	0.01399	0.5416	→	-0.03226	0.1730	→	0.009704	0.6774	→	-0.000245	0.9916
"Life cycle"	< 1 year	↑	0.206697	0.0000	↓	-0.106761	0.0000	→	-0.021471	0.3645	↓	-0.051019	0.0287	→	0.004628	0.8403
	> 1 year	↓	-0.207043	0.0000	↑	0.109646	0.0000	→	0.026035	0.2715	↑	0.05802	0.0129	→	-0.00292	0.8989
"Voltinism"	< 1	↑	0.156001	0.0000	→	-0.026902	0.2404	→	-0.024602	0.2987	→	0.023767	0.3082	↓	-0.106754	0.0000
	1	↑	0.142141	0.0000	→	-0.0019	0.9340	→	0.020779	0.3801	→	0.032	0.1701	→	-0.021138	0.3573
	>1	↓	-0.178301	0.0000	→	0.022715	0.3216	→	-0.001982	0.9334	→	-0.022309	0.3388	↑	0.055877	0.0150
"Stages"	egg	↑	0.168316	0.0000	↓	-0.047128	0.0397	→	0.00769	0.7454	→	-0.009515	0.6834	→	0.02307	0.3150
	larva	↑	0.132599	0.0000	↓	-0.071283	0.0019	→	0.023883	0.3131	→	-0.034363	0.1407	↓	-0.081793	0.0004
	nymph	↑	0.179325	0.0000	→	-0.023397	0.3073	→	0.010637	0.6533	→	0.011052	0.6357	→	-0.014336	0.5325
	adult	↓	-0.244815	0.0000	↑	0.090249	0.0001	→	-0.003764	0.8738	→	0.028913	0.2151	↑	0.04602	0.0450
"Reproduction"	ovoviviparity	↓	-0.227879	0.0000	↑	0.094052	0.0000	→	0.001455	0.9511	↑	0.046847	0.0446	→	0.025083	0.2747
	isolated eggs, free	↑	0.100928	0.0000	↓	-0.105609	0.0000	→	0.019524	0.4096	↓	-0.056704	0.0150	→	0.0173	0.4512
	isolated eggs, cemented	↑	0.21148	0.0000	↓	-0.07027	0.0022	→	0.026668	0.2600	→	-0.039343	0.0916	→	-0.018889	0.4107
	clutches, cemented or fixed	↑	0.083664	0.0006	→	0.043273	0.0590	→	0.005535	0.8152	↑	0.04725	0.0428	→	0.031369	0.1719
	clutches, free	→	-0.015671	0.5208	↓	-0.083112	0.0003	→	-0.029531	0.2123	↓	-0.059907	0.0102	↓	-0.070434	0.0022
	clutches, terrestrial/in vegetation	→	-0.027411	0.2613	→	-0.03044	0.1841	→	-0.036797	0.1201	↓	-0.04606	0.0483	→	-0.012424	0.5885
	asexual reproduction	↓	-0.070567	0.0038	→	0.036781	0.1085	→	-0.028357	0.2310	→	0.010923	0.6396	→	0.017657	0.4420
"Dispersal"	aquatic passive	↓	-0.221104	0.0000	↑	0.075994	0.0009	→	0.005367	0.8207	→	0.032637	0.1617	→	0.021081	0.3586
	aquatic active	↑	0.048105	0.0487	↓	-0.056931	0.0130	↓	-0.046917	0.0475	↓	-0.051048	0.0286	→	0.01317	0.5663
	aerial passive	→	0.042489	0.0816	→	0.00519	0.8209	→	0.006854	0.7723	→	0.040709	0.0809	→	-0.002995	0.8963
	aerial active	↑	0.169848	0.0000	↓	-0.053351	0.0199	→	0.025248	0.2862	→	-0.0173	0.4583	→	-0.032038	0.1629
"Resistance"	eggs, statoblasts	↑	0.160737	0.0000	↓	-0.09991	0.0000	→	0.009082	0.7013	↓	-0.07129	0.0022	→	-0.01069	0.6416
	cocoons, housings	↓	-0.132025	0.0000	→	0.005722	0.8029	↓	-0.071434	0.0026	→	0.039628	0.0893	→	-0.024998	0.2763
	diapause or domrancy	↓	-0.158988	0.0000	↑	0.048524	0.0342	→	-0.029615	0.2110	→	0.017329	0.4575	→	0.027541	0.2304
	none	↑	0.093968	0.0001	↑	0.049584	0.0305	↑	0.064949	0.0061	↑	0.046223	0.0475	→	0.012713	0.5799
"Respiration"	tegument	↑	0.155403	0.0000	↓	-0.067518	0.0032	→	-0.035893	0.1295	→	-0.022009	0.3454	→	-0.0225	0.3271
	gill	↓	-0.132939	0.0000	↑	0.10474	0.0000	↑	0.047736	0.0438	↑	0.067274	0.0039	→	0.004086	0.8588
	plastron, spiracle	→	-0.036486	0.1349	↓	-0.050286	0.0282	→	-0.002958	0.9007	→	-0.044078	0.0588	→	0.026785	0.2434
"Locomotion"	flier	→	-0.046871	0.0548	→	0.037044	0.1061	→	0.045702	0.0536	→	0.020816	0.3723	↑	0.048925	0.0331
	swimmer	↓	-0.101292	0.0000	→	-0.022201	0.3327	→	-0.011543	0.6259	→	-0.041317	0.0765	↑	0.065747	0.0042
	crawler	↑	0.19688	0.0000	→	-0.033058	0.1492	→	0.00507	0.8305	→	0.004227	0.8563	→	-0.027696	0.2278
	burrower	↓	-0.189257	0.0000	→	0.04443	0.0525	→	0.025321	0.2848	→	0.026562	0.2548	→	-0.011887	0.6047
	interstitial	↓	-0.077877	0.0014	→	-0.041071	0.0731	→	-0.019876	0.4012	→	-0.016134	0.4891	↓	-0.057538	0.0122
	attached	→	0.013098	0.5915	↑	0.072636	0.0015	→	-0.003447	0.8843	↑	0.050566	0.0302	→	0.01925	0.4019
"Food"	microorganisms, detritus (< 1mm)	→	0.01129	0.6436	↓	-0.054228	0.0180	↑	0.048574	0.0402	→	-0.015529	0.5056	→	-0.034594	0.1319
	dead plants (>= 1 mm)	→	0.024198	0.3214	→	0.005102	0.8239	→	-0.019668	0.4062	↑	0.095876	0.0000	↓	-0.068835	0.0027
	living microphytes	↑	0.070043	0.0041	→	0.004091	0.8584	↑	0.054253	0.0219	↑	0.055398	0.0175	→	0.025885	0.2596
	living macrophytes	↑	0.072033	0.0032	→	-0.035933	0.1169	→	0.036683	0.1213	↓	-0.066795	0.0042	↑	0.049417	0.0314
	dead animals (>= 1 mm)	↓	-0.104607	0.0000	→	-0.036808	0.1082	→	-0.032319	0.1722	→	-0.032416	0.1646	→	0.00017	0.9942
	living microinvertebrates	↓	-0.13467	0.0000	↑	0.08966	0.0001	→	-0.023002	0.3313	→	0.027778	0.2337	→	0.039253	0.0874
	large animals	→	-0.024694	0.3116	→	0.036252	0.1137	→	-0.040366	0.0882	↓	-0.050892	0.0291	→	-0.000547	0.9811
	"Feeding habits"	absorber, deposit feeder	→	0.005405	0.8248	↓	-0.095971	0.0000	→	0.004383	0.8532	↓	-0.080245	0.0006	→	0.006155
shredder		↑	0.061417	0.0118	→	0.004668	0.8387	→	-0.004183	0.8598	↑	0.079313	0.0007	↓	-0.075065	0.0011
scraper		↑	0.110528	0.0000	→	-0.023276	0.3098	→	0.038933	0.1001	→	0.023999	0.3035	→	0.026251	0.2529
filter-feeder		↓	-0.137182	0.0000	↑	0.06975	0.0023	→	-0.007119	0.7637	→	0.034864	0.1350	→	-0.016985	0.4595
piercer		↓	-0.142576	0.0000	↑	0.048484	0.0344	→	0.011948	0.6139	→	-0.038658	0.0975	→	0.031966	0.1639
predator		→	0.043531	0.0744	→	0.013668	0.5509	→	-0.022628	0.3392	→	-0.045502	0.0511	→	0.028965	0.2071
parasite		↓	-0.122608	0.0000	→	0.022427	0.3278	↓	-0.080131	0.0007	→	0.02747	0.2389	→	-0.001685	0.9416

Annexe 10 suite

		% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge		% Végétation Surpl						
		tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value	tau	p value					
"Transversal"	river channel	↑	0.207794	0.0000	→	-0.039858	0.0820	→	0.023169	0.3278	→	0.032484	0.1637	↓	-0.068136	0.0030
	banks, connected side-arms	↓	-0.147478	0.0000	↑	0.159163	0.0000	↑	0.134532	0.0000	↑	0.083098	0.0004	↑	0.081548	0.0004
	ponds, pools, disconnected side arms	↓	-0.157251	0.0000	→	0.004158	0.8561	→	-0.034277	0.1477	→	-0.044986	0.0537	↑	0.058704	0.0106
	marshes, peat dogs	↓	-0.112242	0.0000	↓	-0.088173	0.0001	↓	-0.088672	0.0002	↓	-0.046234	0.0474	→	0.002363	0.9181
	temporary waters	↓	-0.061476	0.0118	↓	-0.066176	0.0039	↓	-0.090446	0.0001	→	-0.003959	0.8653	→	-0.028547	0.2138
	lakes	↓	-0.140618	0.0000	↑	0.078311	0.0006	→	0.003607	0.8790	→	-0.012415	0.5946	↑	0.061493	0.0074
"Longitudinal"	crenon	↑	0.16887	0.0000	↓	-0.104699	0.0000	↓	-0.048185	0.0418	→	0.020682	0.3752	↓	-0.10711	0.0000
	epirithron	↑	0.214109	0.0000	↓	-0.081153	0.0004	→	-0.021655	0.3604	→	0.034027	0.1446	↓	-0.094005	0.0000
	metarithron	↑	0.22405	0.0000	↓	-0.083796	0.0003	→	-0.011694	0.6214	→	0.014592	0.5316	↓	-0.075436	0.0010
	hyporithron	↑	0.13438	0.0000	→	0.014072	0.5392	↑	0.077276	0.0011	→	-0.001416	0.9517	→	0.037259	0.1047
	epipotamon	↓	-0.140468	0.0000	↑	0.119712	0.0000	↑	0.080891	0.0006	→	-0.016234	0.4864	↑	0.092483	0.0001
	metapotamon	↓	-0.244506	0.0000	↑	0.120607	0.0000	→	0.041799	0.0775	→	0.027057	0.2460	↑	0.055748	0.0152
	estuary	↓	-0.227089	0.0000	↑	0.108479	0.0000	↑	0.065057	0.0060	→	0.045044	0.0534	↑	0.047379	0.0391
	outside river system	↓	-0.169827	0.0000	→	0.021486	0.3485	↓	-0.049002	0.0385	↓	-0.046565	0.0459	↑	0.06991	0.0023
"Altitude"	lowlands	↓	-0.202806	0.0000	↑	0.13148	0.0000	↑	0.059671	0.0117	→	0.019003	0.4152	↑	0.119065	0.0000
	piedmont level	↑	0.199544	0.0000	↓	-0.123399	0.0000	↓	-0.053733	0.0232	→	-0.007333	0.7533	↓	-0.105743	0.0000
	alpine level	↑	0.197408	0.0000	↓	-0.118699	0.0000	→	-0.041777	0.0776	→	-0.006369	0.7849	↓	-0.132763	0.0000
"Substrate"	flags/boulders/cobbles/pebbles	↑	0.255034	0.0000	↓	-0.060729	0.0080	→	-0.005627	0.8122	→	0.011533	0.6210	→	-0.039635	0.0843
	gravel	→	-0.002694	0.9122	↑	0.0884	0.0001	↑	0.092544	0.0001	↑	0.063789	0.0062	→	-0.005758	0.8021
	sand	↓	-0.105364	0.0000	↑	0.088163	0.0001	↑	0.094134	0.0001	↑	0.062589	0.0073	→	-0.003447	0.8808
	silt	↓	-0.218375	0.0000	↑	0.045165	0.0487	→	0.019243	0.4164	→	0.021425	0.3583	→	0.003462	0.8802
	macrophytes	↓	-0.092255	0.0002	→	-0.008088	0.7242	→	-0.023791	0.3150	→	-0.020724	0.3743	↑	0.097219	0.0000
	microphytes	↓	-0.204737	0.0000	↑	0.072029	0.0017	→	-0.003383	0.8865	→	-0.004106	0.8603	↑	0.046946	0.0409
	twigs/roots	↑	0.165784	0.0000	→	0.003274	0.8865	→	0.025073	0.2896	→	0.015113	0.5170	→	-0.016469	0.4733
	organic detritus / litter	→	-0.0367	0.1326	↓	-0.061562	0.0072	↓	-0.087083	0.0002	→	0.004264	0.8550	↓	-0.045924	0.0455
	mud	↓	-0.203452	0.0000	→	0.041272	0.0717	→	-0.000343	0.9885	→	-0.021646	0.3534	↑	0.060484	0.0084
"Current"	null	↓	-0.185519	0.0000	→	0.029016	0.2055	→	-0.034617	0.1437	→	-0.041254	0.0769	↑	0.073574	0.0014
	slow (< 25 cm/s)	↓	-0.23149	0.0000	↑	0.148015	0.0000	↑	0.094015	0.0001	↑	0.063621	0.0064	↑	0.070318	0.0022
	medium (25 - < 50 cm/s)	↑	0.207243	0.0000	→	-0.041653	0.0691	→	0.002669	0.9103	→	0.039717	0.0886	↓	-0.077319	0.0008
	fast (> 50 cm/s)	↑	0.232658	0.0000	↓	-0.089788	0.0001	→	-0.005902	0.8032	→	0.004411	0.8501	↓	-0.071794	0.0018
"Trophic status"	oligotrophic	↑	0.188241	0.0000	→	-0.035033	0.1263	→	0.004432	0.8516	↑	0.061731	0.0081	↓	-0.094614	0.0000
	mesotrophic	↓	-0.196639	0.0000	↑	0.064921	0.0046	→	0.01947	0.4109	→	-0.026588	0.2543	↑	0.090791	0.0001
	eutrophic	↓	-0.171499	0.0000	→	0.023728	0.3005	→	0.00361	0.8789	↓	-0.058046	0.0128	↑	0.078315	0.0006
"Salinity"	freshwater	↑	0.207548	0.0000	↓	-0.050782	0.0267	→	0.014652	0.5360	→	0.024362	0.2963	↓	-0.077567	0.0007
	brackfich water	↓	-0.217254	0.0000	↑	0.055545	0.0154	→	-0.006741	0.7759	→	-0.014702	0.5285	↑	0.070437	0.0022
"Temperature"	cool (< 15°C)	↑	0.192103	0.0000	↓	-0.117829	0.0000	↓	-0.06092	0.0101	→	0.003022	0.8970	↓	-0.107487	0.0000
	warm (>15°C)	↓	-0.177045	0.0000	↑	0.055092	0.0162	↑	0.060742	0.0103	→	0.021498	0.3567	↑	0.052766	0.0216
	eurythermic	↓	-0.083881	0.0006	↑	0.080263	0.0005	→	0.017908	0.4494	→	-0.001863	0.9364	↑	0.069327	0.0025
"Saprobity"	xenosaprobic	↑	0.241901	0.0000	↓	-0.085427	0.0002	→	-0.011964	0.6134	→	0.026699	0.2523	↓	-0.08106	0.0004
	oligosaprobic	↑	0.178782	0.0000	↓	-0.04624	0.0436	→	0.013933	0.5562	↑	0.055593	0.0171	↓	-0.080988	0.0004
	b-mesosaprobic	↓	-0.182978	0.0000	↑	0.134236	0.0000	↑	0.067804	0.0042	→	0.012734	0.5851	↑	0.098845	0.0000
	a-mesosaprobic	↓	-0.180425	0.0000	→	0.043905	0.0554	→	-0.00972	0.6814	↓	-0.054256	0.0200	↑	0.077221	0.0008
	polysaprobic	↓	-0.176417	0.0000	→	-0.000897	0.9688	→	0.010791	0.6486	→	-0.025046	0.2829	→	0.036663	0.1103
"pH"	< 4	→	0.009589	0.6944	↓	-0.11356	0.0000	↓	-0.083	0.0005	→	-0.042317	0.0696	↓	-0.077356	0.0008
	> 4 - 4.5	→	0.013274	0.5865	↓	-0.087458	0.0001	↓	-0.084119	0.0004	→	-0.019866	0.3944	↓	-0.09158	0.0001
	> 4.5 - 5	→	-0.034787	0.1540	→	-0.036046	0.1157	→	-0.026333	0.2660	→	-0.0023	0.9215	↓	-0.066361	0.0038
	> 5 - 5.5	↑	0.052978	0.0299	→	-0.018415	0.4217	→	-0.038267	0.1060	↑	0.046386	0.0467	↓	-0.085069	0.0002
	> 5.5 - 6	→	0.030585	0.2101	→	0.025045	0.2745	→	0.008412	0.7224	↑	0.091183	0.0001	↓	-0.065747	0.0042
	> 6	→	-0.047151	0.0533	↑	0.06831	0.0029	↑	0.079344	0.0008	→	-0.017677	0.4485	↑	0.105655	0.0000

8.11. Annexe 11 : Liens habitats caractéristiques de berge / taxons invertébrés – Analyse TITAN

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopterygidae	3	0	1.96	0	1.44	0	0.92	0	6.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Brachyptera	7	2	4.54	0	3.28	0	1.89	0	1.28
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Rhabdiopteryx	8	2	4.95	1	5.9	0	1.59	0	12.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	41	0	28.49	0	4.68	0	4.48	0	4.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemouridae	13	0	5.8	0	2.02	0	2.84	0	1.88
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Amphinemura	36	0	10.14	0	5.15	0	9.47	0	4.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Nemoura	175	0	18.33	0	21.08	1	16.17	2	28.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Nemouridae	Protonemura	210	2	57.8	1	21.99	1	21.41	0	17.29
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctridae	85	2	12	0	16.5	0	7.7	0	10.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Euleuctra	276	2	30.16	2	25.04	2	26.28	0	43.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Leuctridae	Leuctra	520	2	61.04	1	42	0	50.52	0	46.69
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnia	3	0	1.38	0	4.05	0	1.42	0	1.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Capniidae	Capnioneura	4	0	2.23	0	4.12	0	2.79	0	1.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodidae	68	2	18.06	1	9.24	0	8.87	0	7.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Besdolus	3	0	2.5	0	0.96	0	0.66	0	0.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Isoperla	114	2	32.84	1	23.24	0	13.06	0	10.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlodidae	Perlodes	77	2	12.2	0	8.75	1	7.17	0	25.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perlidae	35	2	16.75	0	4.81	0	6.13	0	4.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Dinocras	80	2	50.46	1	8.78	1	11.79	0	17.29
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Perlidae	Perla	138	2	33.36	0	13.62	0	12.7	1	12.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperlidae	27	2	7.44	0	5.65	0	10.58	0	12.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Chloroperla	14	0	8.65	0	2.56	0	1.57	0	2.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Plecoptera	Chloroperlidae	Siphonoperla	45	2	12.62	0	5.24	0	5.32	0	7.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	NA	Rhyacophila	600	2	60.79	0	38.29	0	48.93	0	49.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosomatidae	75	0	8.21	0	8.45	0	8.58	0	8.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma	81	0	40.69	0	7.51	0	16.58	0	10.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Agapetus	138	0	14.35	0	12.6	0	13.15	0	14.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Glossosomatidae	Synagapetus	3	0	2.14	0	1.51	0	3.04	0	2.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptilidae	84	2	10.79	0	18.02	0	12.57	0	24.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Orthotrichia	64	0	11.58	0	20.42	0	6.02	0	8.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Ithytrichia	216	1	17.65	2	23.71	0	16.58	2	26.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Oxyethira	8	0	1.38	0	4.36	0	2.86	0	15.68
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Hydroptila	514	0	50.26	0	39.43	0	82.29	0	67.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Agraylea	13	0	6.06	0	2.39	0	4.1	0	1.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydroptilidae	Allotrichia	7	2	5.42	0	1.16	2	4.52	0	1.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamidae	6	0	6.39	0	1.12	0	3.94	0	1.4
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	51	0	6.89	0	7.23	0	6.39	0	6.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Philopotamus	39	2	31.29	0	6.58	0	5.01	0	4.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Philopotamidae	Wormaldia	22	0	4.89	1	3.26	0	3.65	0	17.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsychidae	149	2	17.85	0	12.08	0	31.53	0	14.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Hydropsyche	764	2	58.03	0	53.94	0	70.98	0	75.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	202	0	17.53	0	22.28	0	18.47	0	17.62
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropodidae	264	0	23.07	2	24.72	0	23.44	0	25.92
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Cyrnus	193	1	17.81	0	32.37	0	17.08	1	15.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Plectrocnemia	14	0	3.33	0	5.05	0	4.73	2	2.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropus	490	0	36.64	2	35.79	0	39.43	2	36.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Holocentropus	44	0	4.88	0	4.07	0	5.43	0	8.46
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Polycentropodidae	Neureclipsis	31	0	7.7	0	3.26	0	3.81	0	3.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyiidae	30	0	7.9	0	4.96	0	4.2	0	6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Psychomyia	282	2	31.94	0	22.69	0	22.9	1	27.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Lype	185	0	15.91	2	17.04	2	15.69	2	24.13
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Tinodes	148	0	14.89	0	14.95	0	34.83	0	12.33
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Psychomyiidae	Metalype	9	2	3.24	0	1.08	0	1.94	0	1.72
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Ecnomidae	Ecnomus	19	0	8.83	0	6.51	1	2.84	0	6.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Phryganeidae	Phryganea	11	0	1.63	0	1.4	0	1.67	0	18.07
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentridae	11	0	3.54	0	1.77	0	3.21	0	1.59
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Oligoplectrum	46	0	6.55	0	5.21	0	4.55	0	7.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Brachycentrus	158	0	14.95	0	18.31	0	14.17	0	14.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Brachycentridae	Micrasema	158	2	27.63	0	15.16	0	15.19	0	17.35

Annexe 11 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilidae	59	0	18.36	0	6.38	0	6.12	0	31.42
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Limnephilinae	497	2	89.22	0	43.55	0	42.37	0	38.52
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Limnephilidae	Drusinae	57	2	46.3	0	7.11	0	7.99	0	11.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goeridae	227	0	18.94	0	21.92	0	16.27	2	25.26
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Goera	171	0	15.23	2	17.98	0	47.21	2	18.92
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Lithax	24	0	2.84	0	3.9	0	2.88	0	2.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Goeridae	Silo	249	0	25.16	0	24.08	0	26.5	2	32.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Uenoidae	Thremma	3	0	0.79	0	0.6	0	0.75	0	0.67
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostomatidae	51	0	23.36	0	11.18	1	12.47	0	10.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lepidostoma	287	0	41	2	27.59	0	27.81	2	29.76
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Lasiocephala	69	0	13.2	2	12.05	0	13.46	0	13.18
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Lepidostomatidae	Crunoecia	8	0	2.74	0	1.55	0	1.4	0	1.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptoceridae	89	0	19.28	0	29.01	0	24.02	0	17.64
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Athripsodes	375	1	40.06	0	35.67	0	32.62	0	29.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Mystacides	506	0	36.61	0	35.91	0	36.18	0	64.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ceraclea	137	0	15.66	0	23.96	0	29.96	0	19.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Trienodes	19	2	4.49	0	2.4	0	3.77	1	4.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis	238	0	23.19	2	22.91	0	22.32	0	32.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Setodes	44	2	9.3	0	23.46	0	15.16	1	9.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Leptocerus	36	0	3.75	0	4.3	2	6.15	0	4.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Adicella	118	0	10.43	2	11.54	1	12.93	2	20.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Leptoceridae	Ylodes	6	0	1.04	0	0.9	0	0.88	0	1.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostomatidae	148	0	33.2	2	27.01	1	19.08	2	22.29
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Sericostoma	371	2	40.19	0	32.66	0	27.22	2	34.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Sericostomatidae	Notidobia	46	0	46.71	0	18.54	0	17.5	0	7.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeidae	3	0	2.05	0	3.84	0	0.69	0	0.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraea	5	0	1.38	0	3.35	0	15.51	0	15.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeodes	51	0	7.25	0	18.11	0	5.87	0	10.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Beraeidae	Beraeamyia	3	0	1.63	0	11.86	0	14.95	0	1.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Odontoceridae	Odontocerum	161	2	25.8	0	18.48	0	15.18	2	23.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Calamoceratidae	Calamoceras	8	0	1.12	0	18.6	2	1.94	0	4.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Trichoptera	Molannidae	Molanna	27	1	3.9	0	2.54	0	3.27	0	2.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Siphonuridae	Siphonurus	4	0	6.41	0	2.72	0	1.61	0	14.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetidae	238	0	67.39	0	18.65	0	64.67	1	22.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	825	2	61.88	1	55.59	0	54.91	0	51.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Acentrella	18	2	3.9	0	3.27	0	2.32	0	2.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Centroptilum	343	0	27.63	0	25.55	0	27.16	0	28.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Procloeon	259	0	24.8	0	18.84	2	21.75	1	24.16
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Baetidae	Cloeon	121	0	10.83	0	26.57	0	10.69	0	16.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Oligoneuriella	36	0	6.51	0	4.69	0	3.8	1	5.32
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptageniidae	209	2	37.02	0	19.96	0	15.67	0	15.43
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Epeorus	171	2	34.53	1	18.34	1	18.41	0	15.91
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Rhithrogena	188	2	58.65	1	21.88	0	20.15	0	22.2
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Ecdyonurus	387	2	52.99	1	33.77	1	28.61	0	25.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Heptagenia	163	0	16.6	0	16.02	0	18.02	0	14.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Heptageniidae	Electrogena	44	2	19.73	0	5.82	0	5.18	0	4.61
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerellidae	12	0	2.7	0	1.93	0	5	0	2.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Ephemerella	646	0	44.04	0	42.72	0	45.89	0	47.71
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemerellidae	Torleya	66	0	11.88	0	9.72	0	14.28	0	16.49
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenidae	3	0	0.46	0	0.64	0	0.91	0	1.1
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis	558	0	41.79	0	38.77	0	70.43	1	47.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Caenidae	Brachycercus	24	0	6.6	2	3.05	0	10.32	0	2.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	196	2	19.65	0	22.32	0	16.88	0	15.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Choroterpes	44	0	5.84	0	8.05	2	6.45	0	11.83
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulius	4	0	0.7	0	1.12	0	0.81	0	0.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	184	0	18.73	0	15.21	0	17.31	2	41.57
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habroleptoides	93	2	24.53	0	18.59	0	11.71	0	10.08
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Habrophlebia	165	0	19.98	0	16.96	0	13.7	0	16.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Polymitarcidae	Ephoron	46	1	10.62	0	5.48	0	6.93	0	15.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Ephemeridae	Ephemera	548	0	47.82	2	43.76	2	37.06	2	39.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Ephemeroptera	Potamanthidae	Potamanthus	45	0	5.09	0	5.63	2	7.35	0	16.09

Annexe 11 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinidae	10	0	2.01	0	2.3	0	1.5	0	1.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Gyrinus	41	0	15.36	0	5.61	0	14	2	31.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Gyrinidae	Orectochilus	239	0	20.3	2	20.69	0	18.05	0	19.9
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Haliplidae	7	0	0.99	0	2.89	0	1.14	0	0.95
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Halipilus	134	0	15.65	1	16.99	0	13.48	0	15.55
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Pelodytes	17	0	2.71	0	6.78	0	3.38	0	11.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Haliplidae	Brychius	46	0	16.25	0	7.36	0	4.48	2	16.11
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscidae	18	0	13.94	0	13.94	0	9.91	0	13.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Hydroporinae	198	2	32.93	1	61.36	1	20.61	0	65.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Laccophilinae	43	0	24.67	0	4.44	0	8.25	0	3.96
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Colymbetinae	179	0	19.39	0	18.7	0	14.12	0	17.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dytiscidae	Dytiscinae	13	0	1.88	0	1.65	0	1.67	0	1.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae	20	0	12.54	0	13.97	0	23.99	0	9.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilinae	110	0	25.26	0	32.9	0	25.52	0	45.26
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrophilidae	Sphaeridiinae	12	0	1.55	0	1.5	0	1.83	0	1.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Limnebius	12	0	6.38	0	1.95	0	1.84	0	2.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Helophoridae	Helophorus	39	0	4.33	0	5.67	0	4.7	0	11.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydrochidae	Hydrochus	16	0	2.07	0	3.34	0	15.27	0	10.84
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Hydraena	432	0	37.74	0	38.07	0	33.14	2	34.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydraenidae	Ochthebius	23	0	4.04	0	3.51	0	3.49	0	8.97
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae	7	0	1.31	0	1.02	0	0.86	0	1.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Pomatinus	83	0	16.86	0	28.3	0	27.07	1	33.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Dryopidae	Dryops	106	0	10.22	0	8.85	0	26.63	0	9.51
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmidae	32	0	3.5	0	7.94	0	4.49	0	3.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Potamophilus	16	0	16.25	2	2.88	2	3.1	0	9.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis	231	0	51.66	0	20.25	0	65.51	0	61.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Elmis	729	0	48.08	0	48.13	0	58.51	2	52.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Esolus	600	0	45.36	0	39.75	2	48.05	0	67.77
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Dupophilus	214	0	17.13	0	24.02	1	19.1	2	21.19
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Oulimnius	647	1	63.88	2	49.85	0	44.89	0	75.66
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Limnius	672	0	62.56	0	46.93	0	45.47	2	49.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Normandia	47	0	5.56	0	4.8	2	9.89	0	6.15
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Riolus	282	0	19.91	0	21.27	2	25.19	0	65.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Elmidae	Macronychus	55	1	6.34	2	6.9	0	4.45	0	14.25
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Hydroscaphidae	Hydroscapha	5	0	2.04	0	1.3	0	0.76	0	0.67
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Cyphon	9	0	1.12	0	4.4	0	2.91	0	1.48
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Helodes	60	0	5.03	0	6.89	0	7.34	2	10.7
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Scirtidae	Hydrocyphon	49	2	12.79	0	26.73	0	7.4	0	26.73
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae	22	0	7.68	1	14.67	0	7.68	1	16.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Calopterygidae	Calopteryx	553	1	62	2	46.72	0	36.52	0	64.09
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Sympecma	4	0	3.04	0	1.05	0	1.66	0	1.17
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Lestidae	Lestes	16	0	2.49	0	2.78	0	1.87	0	4.54
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Platycnemididae	Platycnemis	251	1	49.82	0	36.84	0	44.66	1	23.27
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Coenagrionidae	Coenagrionidae	140	1	14.79	0	37.65	0	13.94	0	33.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Aeshnidae	13	0	1.93	0	1.65	0	2	0	1.79
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Boyeria	143	0	13.42	2	40.9	0	12.22	0	11.89
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Aeshnidae	Anax	5	0	2.29	0	5.33	0	0.83	0	1.41
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphidae	88	2	12.24	0	13.21	0	32.27	0	39.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Gomphus	208	0	64.26	2	16.86	0	53.83	0	16.14
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Ophiogomphus	3	0	0.71	0	0.68	0	0.58	0	0.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Gomphidae	Onychogomphus	267	2	27.12	0	22.24	2	23.35	1	23.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Cordulegasteridae	Cordulegaster	103	0	9.66	0	11.76	0	13.65	2	17.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Corduliidae	12	0	2.03	0	16.33	0	4.67	0	8.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Oxygastra	13	0	4.27	0	1.67	0	1.77	0	1.82
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Somatochlora	9	0	4.63	0	8.78	0	3.92	0	4.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Corduliidae	Epithea	5	0	1.56	0	12.68	0	0.94	0	5.24
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Libellula	3	0	0.44	0	2.23	0	1.54	0	16.5
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Orthetrum	6	0	1.39	0	3.2	0	1.64	1	2.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Megaloptera	NA	Sialis	385	1	35.88	0	34.19	1	30.92	0	26.95

Annexe 11 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge	
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixidae	33	0	27.71	0	13.29	0	18.08	0	12.87
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Corixinae	99	1	11.61	0	12.76	0	10.14	0	18.94
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Corixidae	Micronecta	313	0	26.47	0	25.86	0	30.71	0	25.53
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Aphelocheiridae	Aphelocheirus	220	1	81.41	2	23.39	0	63.14	0	16.75
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Naucoridae	Naucoridae	21	0	2.2	0	7.42	0	5.67	1	13.23
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Nepidae	Nepidae	42	0	5.92	0	11.29	0	12.07	0	12.31
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Notonectidae	Notonectidae	35	1	5.69	0	3.8	0	7.93	0	3.21
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Pleidae	Pleidae	8	0	1.17	0	2.97	0	0.95	0	1.22
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerridae	24	0	3.92	0	12.31	0	5.02	0	14.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Gerridae	Gerris	200	0	20.01	1	54.1	0	29.93	0	30.07
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Hydrometridae	Hydrometra	54	0	5.52	0	29.65	0	17.91	1	34.36
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Mesoveliidae	Mesovelia	9	0	6.9	0	3.67	0	3.91	0	4.18
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hemiptera	Veliidae	Veliidae	54	0	14.98	0	10.68	0	6.3	2	16.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Blephariceridae	Blephariceridae	90	2	19.98	0	8.53	0	11.93	1	11.04
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tipulidae	Tipulidae	266	2	36.15	0	20.73	0	20.86	1	25.98
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Limoniidae	Limoniidae	685	2	55.75	0	63.07	0	62.06	0	59.99
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Psychodidae	Psychodidae	241	0	23.66	1	26.24	0	21.67	1	29.92
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ptychopteridae	Ptychopteridae	35	0	4.63	0	4.66	0	14.98	2	10.78
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dixidae	Dixidae	133	0	11.5	0	11.19	0	13.16	0	30.63
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Culicidae	Culicidae	36	1	5.16	0	8.95	0	5.27	0	16.85
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Simuliidae	Simuliidae	746	2	61.85	0	56.1	0	57.47	0	71.44
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Chironomidae	Chironomidae	887	0	54.6	1	60.92	0	62.76	0	56.56
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	518	0	36.91	0	35.4	0	36.05	0	38.58
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Stratiomyidae	Stratiomyidae	80	0	8.78	0	13.38	0	23.68	0	10.38
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Empididae	Empididae	559	2	51.39	0	57.22	0	50.84	0	46.6
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Dolichopodidae	Dolichopodidae	16	0	2.26	1	2.98	0	2.03	0	14.86
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Tabanidae	Tabanidae	367	1	31.97	0	54.52	0	35.25	0	63.35
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Athericidae	Athericidae	566	0	55.76	0	38.77	0	64.33	0	91.39
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Rhagionidae	Rhagionidae	34	2	8.63	1	5.13	0	4.12	0	10.34
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Ephydriidae	Ephydriidae	74	1	8.83	1	9.67	1	17.31	0	8.81
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Sciomyzidae	Sciomyzidae	8	0	1.18	0	3.36	0	6.49	0	1.06
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Scatophagidae	Scatophagidae	4	0	1.03	0	0.51	0	0.88	0	3.3
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Diptera	Anthomyiidae	Anthomyiidae	150	0	11.93	0	16.11	0	12.25	1	15.74
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Lepidoptera	Crambidae	Crambidae	38	0	5.67	0	7.29	0	4.55	1	5.03
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Osmyliidae	Osmylus	13	0	16.63	0	8.61	0	4.18	0	8.47
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Planipennia	Sisyridae	Sisyra	66	0	5.95	2	7.61	0	7.59	0	6.3
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Odonata	Libellulidae	Leucorrhinia	4	0	0.83	0	1.71	0	0.81	0	4.02
Arthropoda	Hexapoda	Insecta	NA	Hymenoptera	Agriotypidae	Agriotypus	37	0	7.33	0	5.07	0	3.87	2	5.36
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Atyidae	Atyaephyra	24	0	4.9	0	3.21	0	5.29	0	13.22
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Austropotamobius	4	0	0.65	0	1.62	0	12.86	0	1.12
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Orconectes	62	0	8.08	0	5.48	0	12.77	0	19.94
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Astacidae	Pacifastacus	57	0	6.03	0	5.74	0	4.33	0	5.29
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Cambaridae	5	0	16.23	0	1.38	0	10.68	0	0.77
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Decapoda	Cambaridae	Procambarus	10	0	2.01	0	2.16	0	2.87	0	2.23
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Isopoda	Asellidae	Asellidae	443	1	45.48	0	32.63	1	34.81	0	42.71
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammaridae	298	0	26.71	2	33.64	0	24.34	2	58.59
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Echinogammarus	295	1	27.33	2	29	2	24.6	2	25.9
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Gammaridae	Gammarus	705	0	67.76	0	48.1	0	45.25	0	75.83
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Corophiidae	Corophium	4	0	2.71	0	0.88	0	0.76	0	4.83
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Pontogammaridae	Dikerogammarus	8	0	7.32	0	1.94	0	1.39	1	8.38
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Niphargidae	Niphargus	28	0	3.38	0	10.54	0	2.76	2	12.13
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	NA	Amphipoda	Crangonyctidae	Crangonyx	13	0	1.82	0	10	0	3.35	0	2.64
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Conchostraca	NA	Conchostraca	14	0	23.58	0	4.68	0	17.8	0	8.2
Arthropoda	Crustacea	Branchiopoda	NA	Cladocera	Daphniidae	Cladocera	85	0	7.46	0	6.76	1	8.34	0	7.55
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	NA	Hydracarina	NA	Hydracarina	605	0	39.38	0	59.36	1	40.18	0	46.93
Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda	NA	Copepoda	Cyclopoidae	Copepoda	195	0	15.06	0	25.96	1	16.58	0	22.53
Arthropoda	Crustacea	Ostracoda	NA	NA	NA	Ostracoda	145	0	17.84	0	21.29	0	12.79	0	26.33

Annexe 11 suite

Embranchement	Sous-embranchement	Classe	Sous-ordre	Ordre	Famille	Taxon Norme	freq	% Blocs Rocheux		% Chevelu Racinaire		% Débris Ligneux		% Sous-Berge					
								Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal	Group	IndVal				
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	524	↓	1	51.49	→	0	86.6	↓	1	39.41	→	0	64.95
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Rhynchobdelliformes	Piscicolidae	Piscicolidae	186	↓	1	22.07	→	0	31.84	→	0	15.64	→	0	16.8
Annelida	NA	NA	Hirudinea	Pharyngobdelliformes	Erpobdellidae	Erpobdellidae	528	↓	1	44.04	→	0	49.21	↓	1	40.21	→	0	46.52
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Enchytraeidae	Oligochaeta	881	↓	1	70.63	→	0	81.32	↓	1	66.58	→	0	60.41
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdellidae	6	→	0	0.89	→	0	1.25	→	0	0.81	→	0	1.88
Annelida	NA	Oligochaeta	NA	NA	Branchiobdellidae	Branchiobdella	11	→	0	2.79	→	0	5.62	→	0	1.93	→	0	1.63
Annelida	NA	Polychaeta	Palpata	Canalipalpata	Ampharetidae	Hypania	3	→	0	1.78	→	0	0.54	→	0	0.57	→	0	2.94
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Neritidae	Theodoxus	148	↓	1	64.01	↑	2	15.49	↑	2	13.99	→	0	12.5
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Viviparidae	Viviparus	13	→	0	9.44	→	0	12.93	→	0	1.63	→	0	9.78
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Valvatidae	Valvata	108	↓	1	53.07	→	0	12.17	→	0	10.68	→	0	17.27
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Hydrobiidae	11	→	0	1.94	↑	2	7.51	→	0	7.36	→	0	5.43
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Potamopyrgus	544	↓	1	52.81	→	0	44.34	→	0	78.84	→	0	74.01
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Belgrandia	3	→	0	0.88	→	0	8.96	→	0	0.78	→	0	2.9
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Bythinella	33	↑	2	18.04	→	0	5.2	→	0	3.41	→	0	9.5
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Bithyniidae	Bithynia	244	↓	1	26.45	→	0	20.61	→	0	18.75	↓	1	24.6
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Physidae	Physidae	36	→	0	16.41	→	0	19.74	→	0	24.49	→	0	32.83
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Physidae	Physa	206	↓	1	71.05	→	0	37.67	→	0	62.44	↓	1	54.32
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Lymnaeidae	72	→	0	28.81	→	0	30.14	→	0	20.66	↑	2	32.83
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Lymnaea	7	→	0	1.57	→	0	1.62	→	0	1.2	→	0	3.28
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Stagnicola	28	→	0	3.46	→	0	3.28	→	0	3.54	→	0	3.71
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Lymnaeidae	Radix	364	→	0	31.31	→	0	37.06	→	0	31.7	→	0	64.03
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Planorbidae	Planorbidae	305	↓	1	25.32	→	0	23.01	→	0	23.29	→	0	50.68
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Ancylidae	Ancylus	632	→	0	69.57	→	0	50.21	→	0	46.03	→	0	47.55
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Ferrissidae	Ferrissia	28	→	0	3.64	→	0	3.71	→	0	3.55	→	0	3.47
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Acroloxidae	Acroloxus	62	↓	1	8.35	→	0	5.89	→	0	12.4	→	0	6.59
Mollusca	NA	Gastropoda	NA	NA	Hydrobiidae	Bythiospeum	4	→	0	0.74	→	0	0.81	→	0	0.67	→	0	0.66
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Unionidae	23	→	0	2.32	→	0	17.45	→	0	3.04	→	0	2.69
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Anodonta	17	→	0	2.57	→	0	1.84	→	0	2.04	→	0	17.89
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Unionidae	Unio	44	↓	1	5.9	→	0	5.26	→	0	4.79	→	0	13.2
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Sphaeriidae	252	→	0	20.96	→	0	39.3	→	0	20.15	→	0	41.03
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Pisidium	625	↓	1	52.71	→	0	45.89	→	0	44.08	→	0	46.75
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Sphaerium	317	↓	1	32.07	↑	2	28.25	→	0	24.21	↑	2	25.04
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Sphaeriidae	Musculium	8	→	0	1.53	→	0	2.01	→	0	1.47	→	0	1.25
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Dreissenidae	Dreissena	5	→	0	5	→	0	7.69	→	0	1	→	0	3.33
Mollusca	NA	Bivalvia	NA	NA	Corbiculidae	Corbicula	122	↓	1	15.9	→	0	14.48	→	0	40.6	→	0	11.49
Nemertea	NA	NA	NA	NA	NA	Prostoma	49	→	0	5.66	↑	2	20.35	→	0	13.02	→	0	8.37
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Dugesidae	Dugesidae	443	→	0	39.25	→	0	34.67	→	0	70.31	→	0	33.17
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Planariidae	Planariidae	319	→	0	29.89	→	0	29.85	↓	1	29.38	↑	2	47.05
Platyhelmintha	NA	Turbellaria	NA	Tricladida	Dendrocoelidae	Dendrocoelidae	167	→	0	12.34	→	0	16.68	→	0	14.2	→	0	45.14
Cnidaria	NA	Hydrozoa	NA	NA	Clavidae	Hydrozoa	198	→	0	22.6	→	0	15.06	→	0	25.34	→	0	16.34
Nemathelmintha	NA	Gordiacae	NA	NA	Gordiidae	Nemathelmintha	400	→	0	29.67	→	0	26.22	↓	1	29.57	→	0	33.99
Bryozoa	NA	NA	NA	NA	Cristatellidae	Bryozoa	115	→	0	10.28	↑	2	9.95	→	0	9.58	↑	2	10.47
Porifera	NA	NA	NA	NA	NA	Spongillidae	43	↓	1	5.08	→	0	4.39	→	0	3.49	→	0	22.32

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence Française pour la Biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr