

Le Ruisseau de Crupet – Végétation et qualité de l'eau.

Guy BOUXIN

Introduction

Dans une étude précédente d'une rivière condrusienne, Le Néblon (BOUXIN, 2021) l'introduction des diatomées dans la description des écosystèmes aquatiques, en plus de ses autres composantes comme les Anthophytes, Ptéridophytes, Bryophytes, Algues diverses et Cyanobactéries s'est révélée très utile dans la compréhension des relations entre la végétation et la qualité de l'eau. Nous présentons maintenant les principales observations de relevés de végétation de ruisseau dans le bassin versant du ruisseau de Crupet. Ils ont été décrits en 2022 avant la mise en service de la nouvelle station d'épuration située en contrebas de la ligne de chemin de fer traversant la commune d'Assesse. Quelques mois après la mise en service, prévue pour juin 2024, de nouvelles observations seront entreprises afin d'évaluer les avantages apportés par cette technique d'amélioration de la qualité de l'eau.

Cette étude porte sur les végétaux et cyanobactéries du lit mineur, à savoir les Bryophytes aquatiques, les algues et les Cyanobactéries.

Les cours d'eau

Le ruisseau de Crupet et ses affluents (BOUXIN, 2023) appartiennent à la masse d'eau portant la référence MM29R (http://environnement.wallonie.be/cgi/dgrne/terrils/MasseEau/fiche_masse.idc?Code=MM29R). C'est une masse d'eau naturelle de 12,25 km de linéaire pour une superficie de 36,07 km². Elle comprend les cours d'eau suivants :

- Le Ruisseau de Mière qui prend sa source entre Assesse et Florée dans le bois Monjoie à l'altitude de 265 mètres et qui coule jusqu'à Crupet.
- Le Ruisseau de Crupet depuis la confluence avec le Ruisseau de Mière jusqu'à la confluence avec le Bocq, à l'altitude de 116 m.
- Plusieurs petits affluents dont les principaux sont le ruisseau de Vôvesène, le ruisseau de Saint Martin, le Ri d'Vesse et le Ri de Gence.



Figure 1. Le bassin versant du ruisseau de Crupet et l'emplacement des 30 sites d'observation permanente. Carte d'après Walonmap.

D'après VANDEN BOSSCHE (1997), au sujet de la qualité de l'eau, il y a deux parties bien distinctes : le ruisseau de Mière avec une qualité globale moyenne et le ruisseau de Crupet avec une qualité globale excellente. Il faut toutefois nuancer ces résultats, sur base de la description de la masse MM29R. En effet, le territoire est principalement occupé par de l'agriculture (69,37 %), par des forêts et milieux semi-naturels (18,96 %), par des territoires artificialisés (11,45 %) et par des surfaces en eau et zones humides (0,23 %). L'azote et le phosphore proviennent majoritairement du milieu agricole mais aussi des milieux urbanisés ; le lessivage entraîne aussi un apport important d'azote. L'état écologique est moyen et l'état global n'est pas bon. La typologie de cette masse d'eau correspond aux « Ruisseaux condrusiens à pente forte ».

Les phénomènes karstiques sont nombreux dans cette région du Condroz namurois, ils ont été recensés et décrits par MICHEL et al. (2011).

Méthodes d'étude

Chacun des trente sites a été décrit avec les mêmes techniques que celles utilisées précédemment (Bouxin, 2023, 2024). Les diatomées ont été récoltés à deux reprises, la première en février 2022 et la deuxième en juillet-août 2022. Dans chaque site, plusieurs cailloux ou petits blocs ont été prélevés ; ils ont été brossés avec une petite brosse à dents et le biofilm a ainsi été recueilli et mélangé dans un peu d'eau.

Le biofilm est alors observé directement au microscope et les bryophytes, algues et cyanobactéries identifiés. Quelques gouttes de ce milieu aqueux bien mélangé sont prélevées et déposées sur une lame de microscope ; la lame est déposée sur une pièce métallique très chaude

elle-même placée sur une plaque rougie d'une cuisinière électrique, pendant quelques dizaines de secondes. La matière organique contenue dans les diatomées est ainsi éliminée et les frustules sont observables dans de bonnes conditions. La préparation est fixée avec une goutte de résine (naphrax) et protégée par une fine lame d'environ un centimètre carré. La préparation est ainsi permanente.

Les diatomées sont observées au microscope optique, tout d'abord au grossissement 400 x puis 1000 x avec de l'huile à immersion entre la fine lame et l'objectif du microscope. Les observations sont photographiées et archivées. L'identification se fait principalement avec l'ouvrage de CANTONATI et al. (2017) et de quelques autres portant spécialement sur certains groupes de diatomées.

Pour chaque espèce, les diatomistes comptent généralement le nombre d'individus présents dans la préparation, ce qui est très long. En plus, tous les individus ne sont pas toujours identifiables s'ils ne sont pas placés en position valvaire. Nous avons préféré évaluer la fréquence des espèces avec un simple coefficient d'abondance : 1 pour la présence de un ou deux individus, 2 s'il n'y en a que quelques-uns (moins de dix) et 3 s'il y en a plus.

Un tableau est alors construit avec les espèces en lignes et les sites en colonnes. On a ainsi la répartition de toutes les espèces dans les 30 sites. Les données d'hiver et d'été ont été réunies dans un même tableau (BOUXIN, 2016 et 2024). Les sites sont ainsi classés en fonction de leur composition floristique totale.

Les paramètres environnementaux du lit mineur suivants sont notés dans chaque relevé :

ordre du ruisseau 1
ordre du ruisseau 2
ordre du ruisseau 3
Roche calcaire
Roche composée de schales et grès
milieu ouvert
milieu principalement agricole
milieu principalement urbanisé
milieu boisé
éclairage ≤10 %
éclairage >10 & ≤50 %

éclairage >50 %
présence de blocs
présence de cailloux
présence de gravier
Présence de vase
courant rapide
courant modéré
courant lent
absence d'eau en été

Tableau 1. Facteurs environnementaux du lit mineur

L'écologie de la plupart des espèces de diatomées est maintenant bien connue. Les paramètres pris en compte sont les suivants (RIMET et al. 2005, CANTONATI et al. 2017) :

- Les paramètres physiques : largeur du cours d'eau, pente ;
- Paramètres généraux : température, conductivité électrique, dureté de l'eau, pH, ... ;
- Paramètres de pollution organique : oxygène dissous, demande biologique en oxygène, concentration en nitrite, en ammonium ;
- Nutriments (nitrate) ;
- Paramètres caractérisant la charge organique et en nutriments : phosphore total ;
- Ions majeurs : sulfate, chlorure, potassium, sodium.

Des recherches ont aussi été entreprises pour mettre en relation la fréquence de certaines espèces avec la présence de pesticides dans l'eau mais les résultats sont encore très partiels et difficilement généralisables.

Le tableau de relevés est alors transformé en un tableau disjonctif 113 suivant les techniques décrites dans BOUXIN (2024) et soumis aux analyses multivariées : analyse factorielle multiple basée sur l'analyse non symétrique des correspondances et classification hiérarchique ascendante.

Résultats

Onze espèces de bryophytes, quinze d'algues et cyanobactéries, une eubactérie filamenteuse et cent neuf de diatomées ont été identifiées dans le bassin versant.

Quelques espèces sont présentes dans une très forte proportion de sites (Figure 1) et nous aident à caractériser l'ensemble du bassin versant à savoir : *Achnantheidium* sp. (espèce petite,

proche de *A. minutissimum*), *Amphora pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *N. gregaria*, *N. lanceolata*, *Planothidium lanceolatum*, et *Rhoicosphenia abbreviata*. Ce sont généralement des espèces de milieux alcalins, assez riches en nutriments, donc eutrophes. Certaines sont résistantes à la saprobie et à diverses pollutions et à la salinité élevée.

Nous examinons d'abord le tableau floristique au moyen de l'analyse factorielle multiple basée sur l'analyse non symétrique des correspondances. La pondération des sous-fichiers se fait au moyen de leurs densités : 0,2317 pour les diatomées, 12 pour les bryophytes et 18 pour les algues et cyanobactéries.

Les quatre premières valeurs propres de l'analyse factorielle multiple sont significatives et ce sont les coordonnées des variables et relevés qui sont prises en compte dans les calculs des techniques de classification.

En considérant les espèces avec les contributions relatives les plus importantes, on trouve sur le premier axe (Figure 2) :

- avec les coordonnées positives : *Planothidium lanceolatum* présent et >1, *Pinnularia subrupestris*, *Meridion circulare*, *Gomphona subclavatum*, *Achnanthisidium* sp1 >1 et *Kindbergia praelonga*,
- avec des coordonnées négatives : *Cladophora glomerata*, *Navicula tripunctata* >1, *Nitzschia dissipata* et *Navicola antonii* >1.

Sur le deuxième axe,

- avec les coordonnées positives : *Nitzschia communis*, *Surirella brebissonii*, *Navicula gregaria* présent et abondant,
- avec les coordonnées négatives : *Kindbergia praelonga*, *Phormidium autumnale*, *Gomphonema saprophilum* et *Platyhypnidium riparioides*.

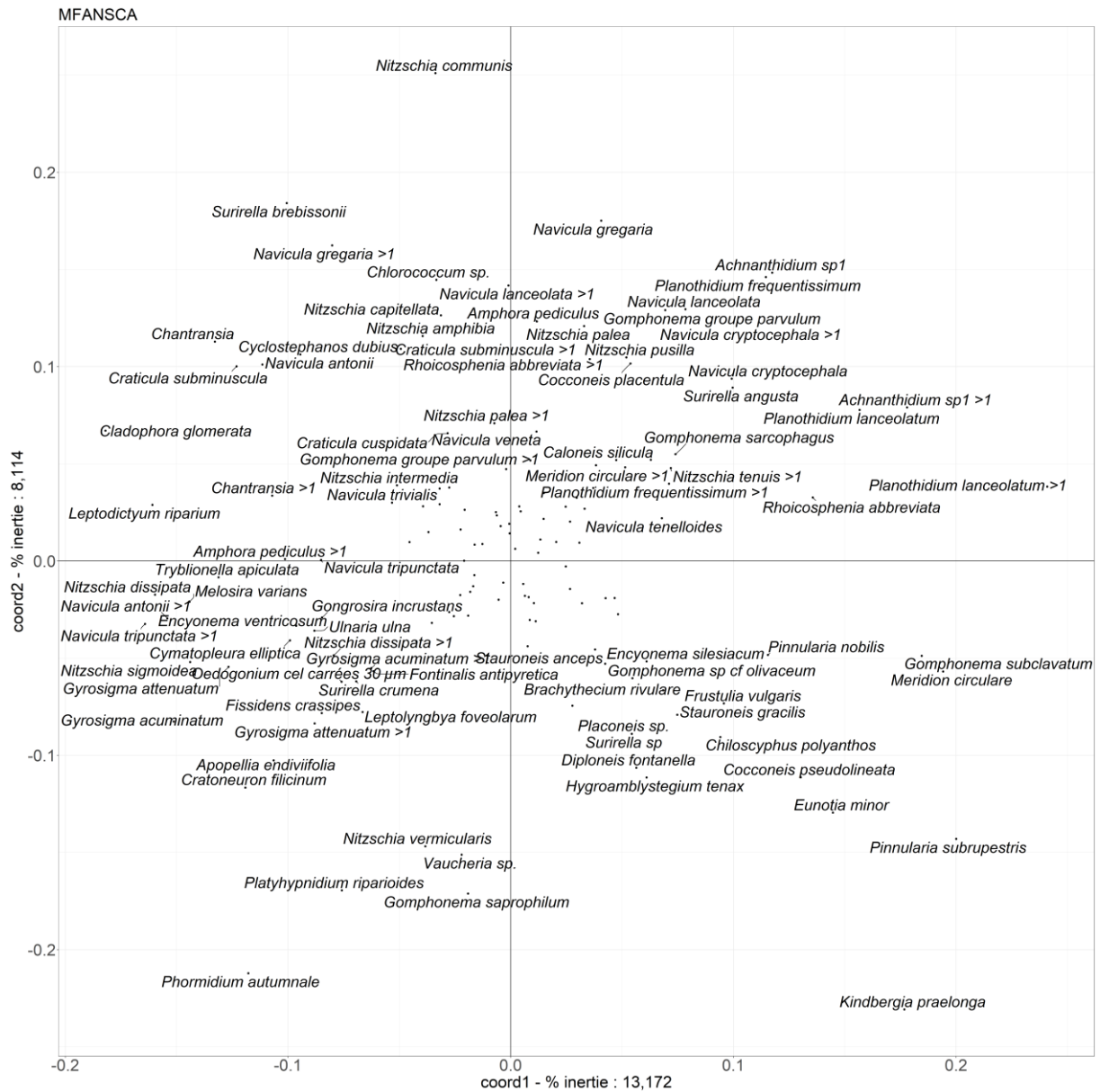


Figure 2. Analyse factorielle multiple du fichier disjonctif 113 des bryophytes, algues et diatomées. Coordonnées des espèces sur les axes 1 et 2.

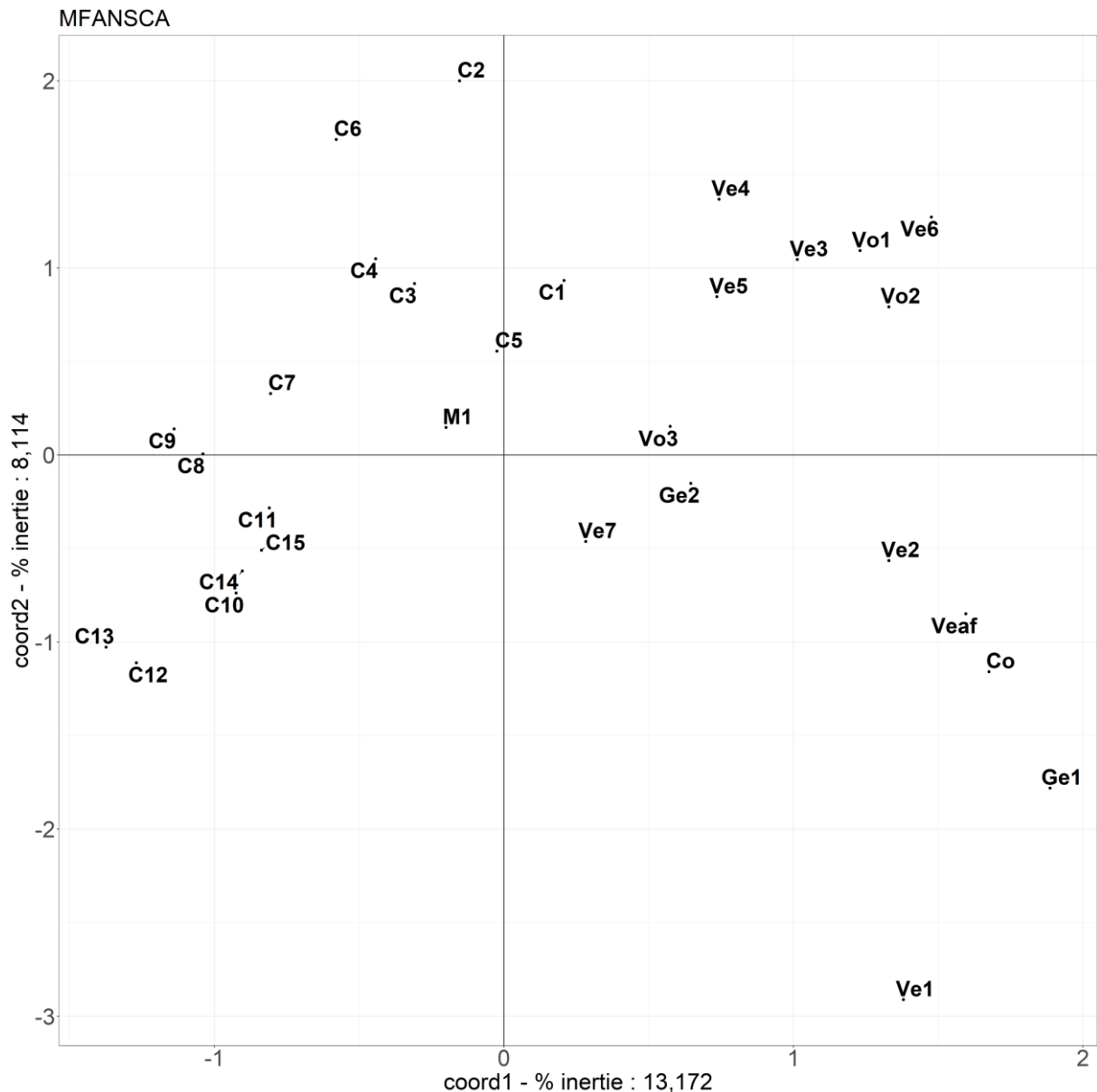


Figure 3. Analyse factorielle multiple du fichier disjonctif 113 des bryophytes, algues et diatomées. Coordonnées des relevés sur les axes 1 et 2.

En examinant la position des relevés dans le plan des deux premiers axes, on constate aisément qu'il y a deux groupes de sites sur le premier axe : un premier comprenant les 15 sites du cours principal avec les 10 sites du ruisseau de Mière et les cinq sites du ruisseau de Crupet, plus le petit ruisseau de Saint Martin et un second avec les 14 sites des petits affluents. Le second axe sépare nettement des petits ruisseaux en milieu fortement perturbé (C2, C6) et des têtes de ruisseau en milieu oligotrophe et oligosaprobe (Ve1 et Ge1).

Sur le troisième axe (figure 4), on sépare, toujours sur base des contributions relatives,

- avec les coordonnées positives : *Surirella angusta*, *Gyrosigma obtusatum*, *Meridion circulare* et *Platyhypnidium riparioides* ;

- avec les coordonnées négatives : *Craticula subminuscula* >1, *Leptolyngbya foveolarum*, *Gomphonema* groupe *parvulum*, *Leptodictyum riparium* et *Hygroamblystegium tenax*.

Sur le quatrième axe, on oppose, parmi les plus fortes contributions relatives :

- avec des coordonnées positives : *Meridion circulare*, *Navicula gregaria* >1, *Surirella brebissonii* >1, *Pinnularia subrupestris* et *Ulnaria ulna* ;
- avec des coordonnées négatives : *Cocconeis placentula* présent et >1, *Achnantheidium* sp1 >1, *Amphora pediculus*, *Chlorococcum* sp. et *Platyhypnidium riparioides*.



Figure 4. Analyse factorielle multiple du fichier disjonctif 113 des bryophytes, algues et diatomées. Coordonnées des espèces sur les axes 3 et 4.

La position des relevés apparaît dans la figure 5.

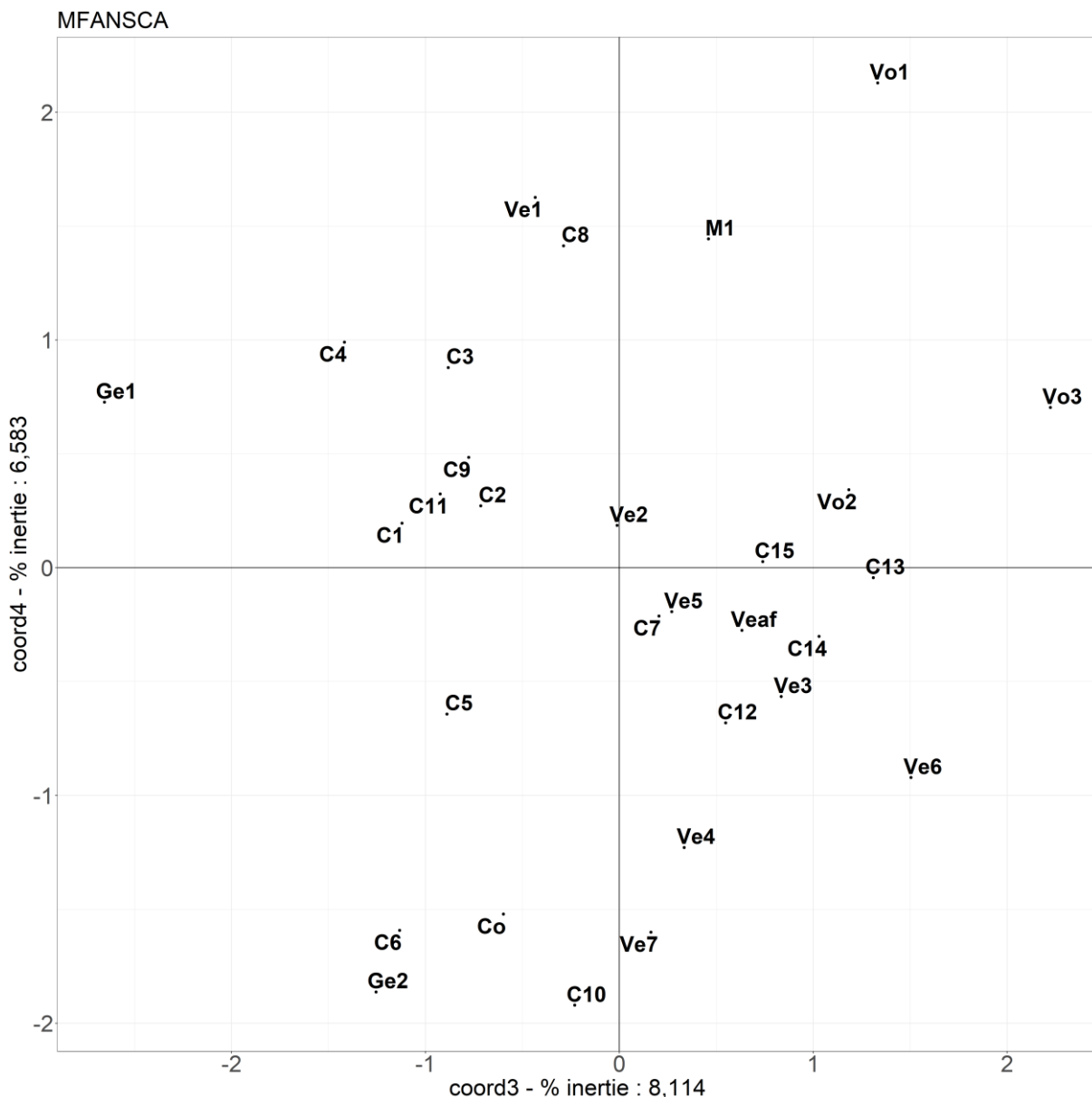


Figure 5. Analyse factorielle multiple du fichier disjonctif 113 des bryophytes, algues et diatomées. Coordonnées des relevés sur les axes 3 et 4.

Comme l'interprétation des axes 3 et 4 est plus difficile. L'axe 3 oppose deux relevés de ruisseau, l'un en milieu agricole (Co), l'autre en milieu forestier. Nous procédons maintenant à une analyse factorielle multiple, reprenant les variables floristiques et les variables environnementales.

Le fichier des facteurs environnementaux se démarque nettement des fichiers floristiques par sa densité (0,4367 au lieu de 0,2317, 0,1277 et 0,2018), ce qui justifie pleinement l'utilisation de l'analyse factorielle multiple.

Les trois premiers axes sont significatifs et la quatrième valeur propre montre une probabilité à peine supérieure à 5. Les coordonnées des quatre premiers axes seront prises en compte dans la classification des relevés.

Sur le premier axe (Figure 6), on retrouve les espèces du fichier floristique seul, à savoir,

- avec des coordonnées positives : *Planothidium lanceolatum* >1, *Gomphonema subclavatum*, *Pinnularia subrupestris*, *Meridion circulare*, *Kindbergia praelonga* >1, *Achnantheidium* sp1 >1 et *Eunotia minor*, le tout associé à la présence de gravier en milieu forestier ;
- avec des coordonnées négatives : *Cladophora glomerata*, *Navicula tripunctata* >1, *Nitzschia dissipata*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula antonii* >, *Leptodictyum riparium*, *Melosira varians*, *Nitzschia sigmoidea* et *Craticula subminuscula*.

On retrouve ainsi les ruisselets, principalement en milieu forestier et assez bien protégés des activités humaines opposés aux relevés du cours principal traversés par des eaux eutrophisées, subissant les rejets d'eaux usées des sites habités ou occupés par l'agriculture.

Sur le deuxième axe, on trouve,

- avec des coordonnées positives un mélange d'espèce de courant ou ruisselet en milieu forestier : *Plathyhypnidium riparioides*, *Phormidium autumnale*, *Kindbergia praelonga*, *Nitzschia vermicularis* et *Gomphonema saprophilum*,
- avec des coordonnées négatives, *Nitzschia communis*, *Navicula gregaria* > 1, ordre du ruisseau 2, *Surirella*, *brebissonii* et le milieu ouvert.

On retrouve assez bien le deuxième axe floristique.

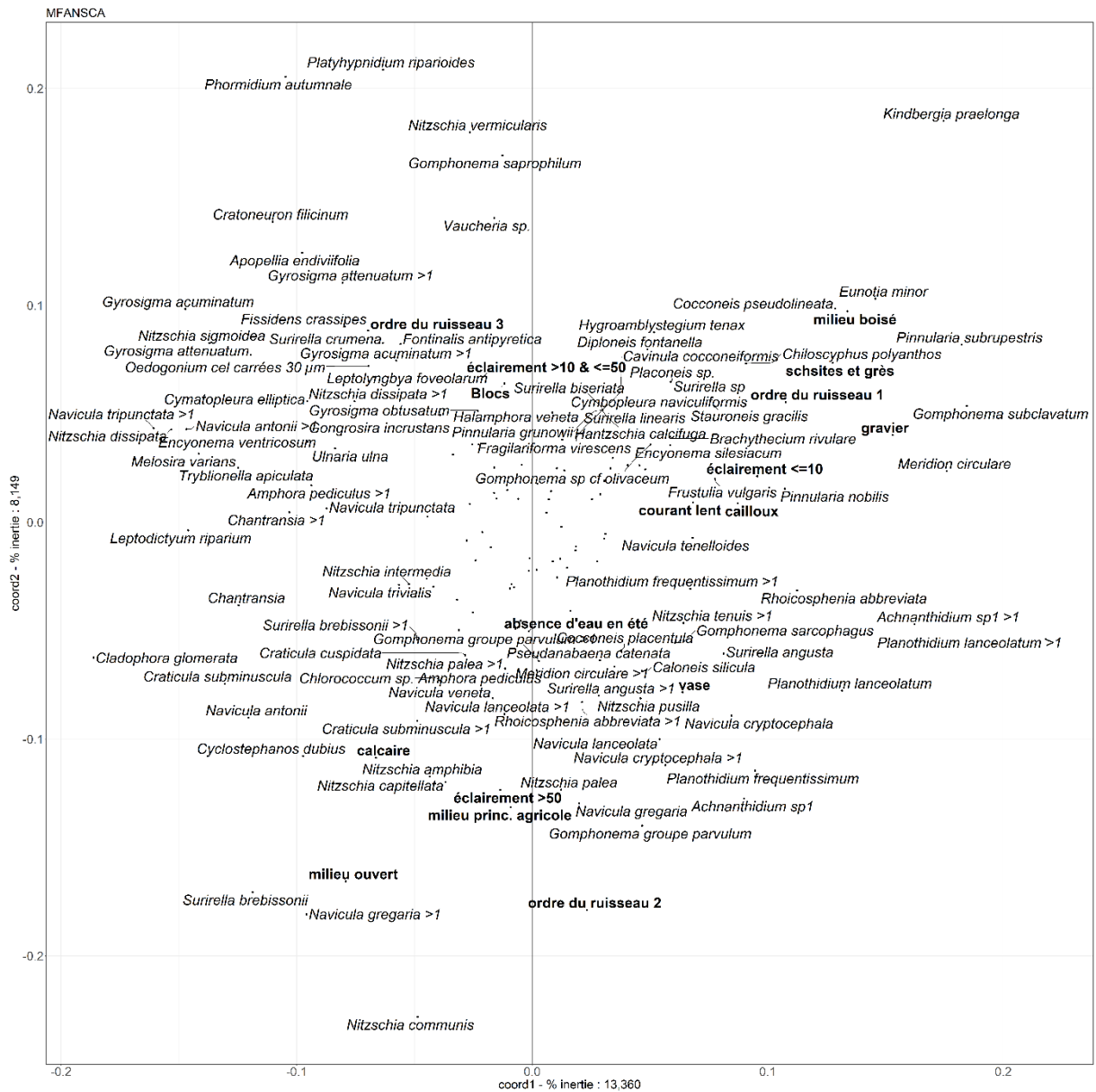


Figure 6. Analyse factorielle multiple des fichiers floristiques et environnemental réunis. Coordonnées des espèces et des facteurs environnementaux sur les axes 1 et 2.

Sur le troisième axe (figure 6), plusieurs espèces sont associées au courant lent, en milieu ouvert, urbanisé : *Leptodictyum riparium*, *Hygroamblystegium tenax*, *Gomphonema* groupe *parvulum* >1, *Leptolyngbya foveolarum* et *Pinnularia nobilis*. On doit considérer ces espèces comme de bonnes indicatrices de milieux pollués par des rejets urbains ou agricole.

Le quatrième axe est à nouveau plus difficile à interpréter et l'analyse continue avec les résultats de la classification numérique.

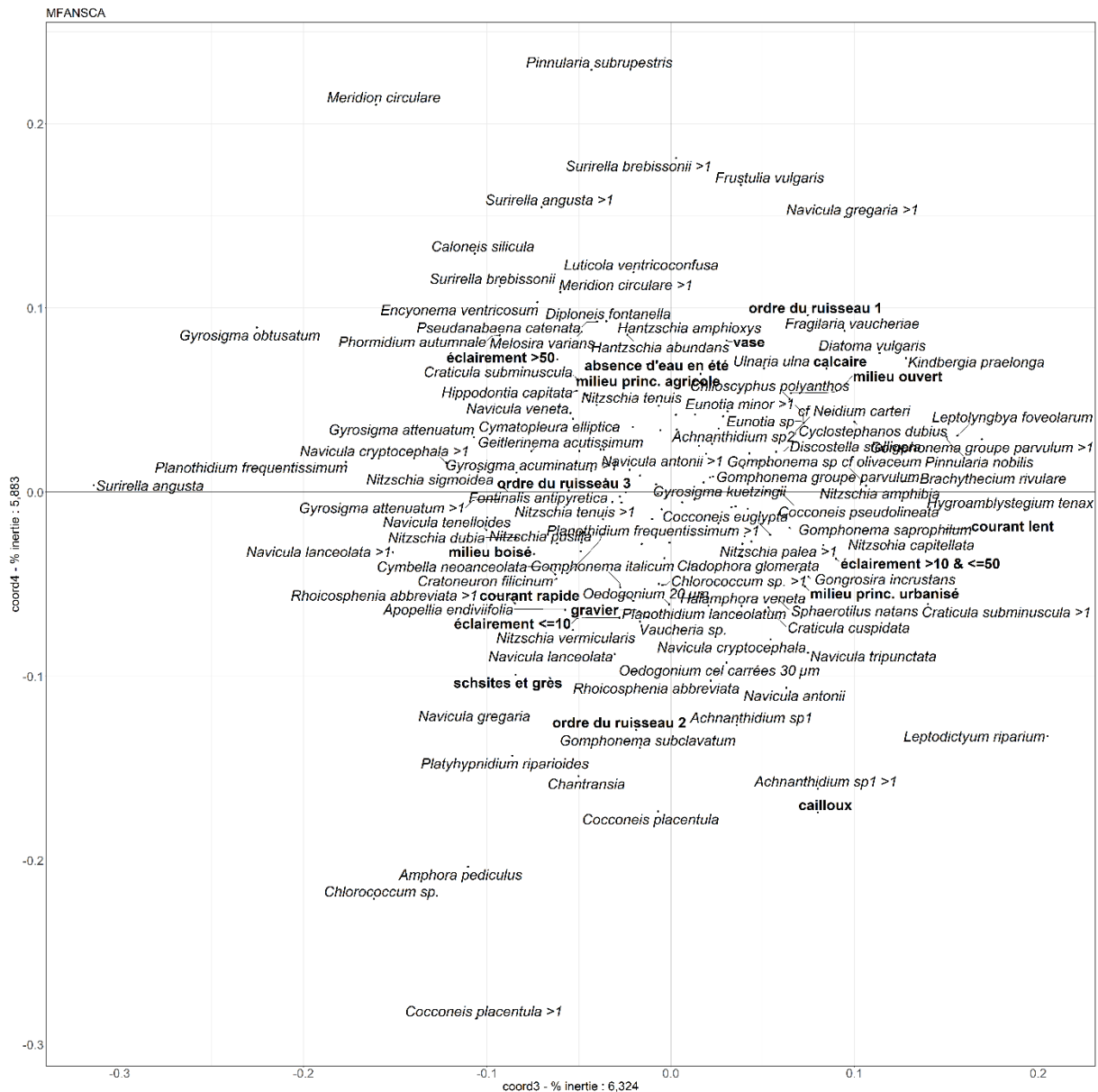


Figure 6. Analyse factorielle multiple des fichiers floristiques et environnemental réunis. Coordonnées des espèces et des facteurs environnementaux sur les axes 1 et 2.

Examinons maintenant de manière plus détaillée les sites définis par la classification numérique, avec leurs espèces caractéristiques et les conclusions sur la qualité de l'eau.

Avec les logiciels Elbow et Silhouette (Figure 7), on retrouve le contraste entre les petits affluents et le cours principal, puis un second sommet avec 5 clusters et un troisième avec 10. Nous retenons une classification avec cinq clusters, pour éviter un découpage trop important.

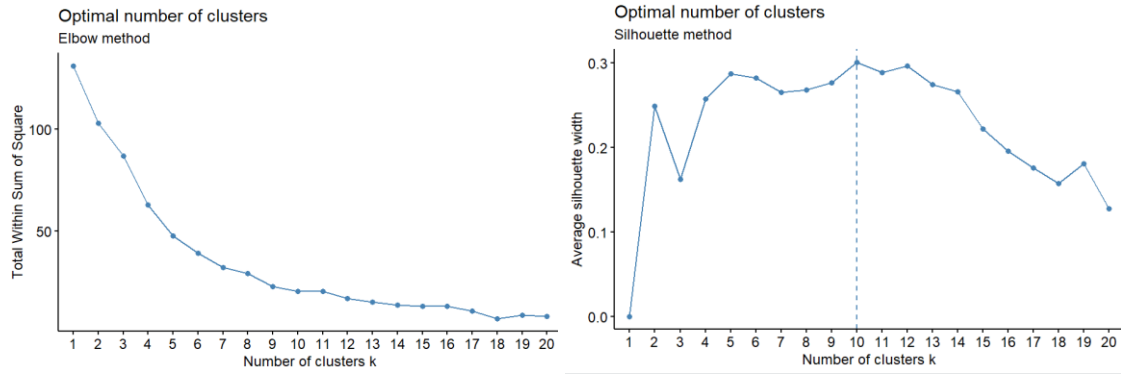


Figure 7. Recherche du nombre optimal de clusters avec les logiciels Elbow et Silhouette.

HAC

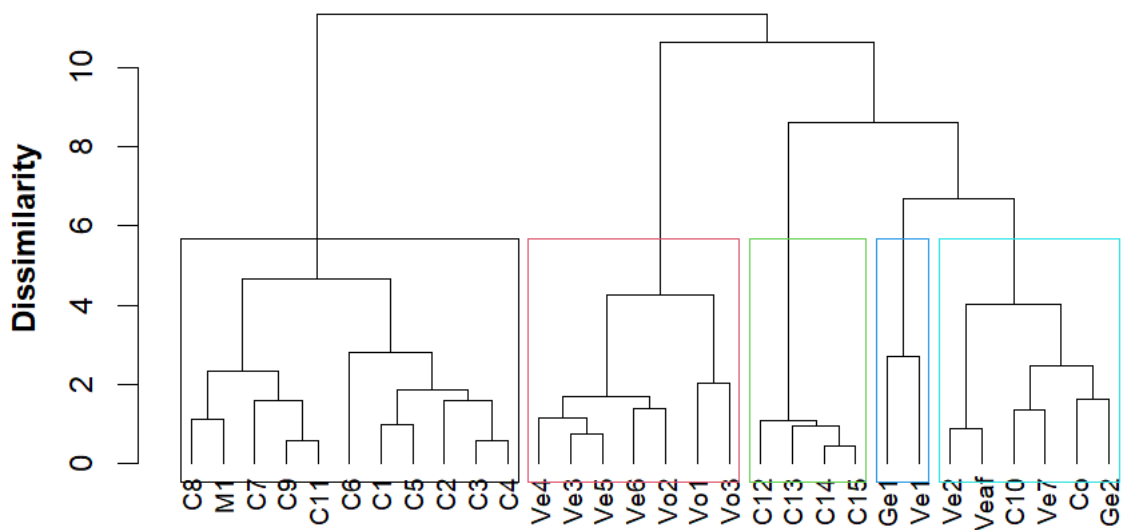


Figure 8. Classification hiérarchique descendante des 30 relevés

Recherchons d'abord les espèces caractéristiques dans les cinq clusters.

Cluster 1

Espèces caractéristiques (tableau 2) :

	sum	fr	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C11	M1	sum.1	fr1	pr>=1
<i>Surirella brebissonii</i>	19	0,6333	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,9091	0,0216
<i>Navicula gregaria >1</i>	12	0,4	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	0,8182	0,001
<i>Cladophora glomerata</i>	14	0,4667	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	0,8182	0,0044
<i>Ulnaria ulna</i>	15	0,5	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0,8182	0,0104
<i>Nitzschia communis</i>	16	0,5333	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9	0,8182	0,0201
<i>Cyclostephanos dubius</i>	7	0,2333	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	7	0,6364	#####
<i>Craticula subminuscule >1</i>	6	0,2	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	6	0,5455	#####
<i>Leptodictyum riparium</i>	9	0,3	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	6	0,5455	0,0375
<i>Nitzschia amphibia</i>	5	0,1667	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	5	0,4545	0,0031
<i>Nitzschia capitellata</i>	6	0,2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0,4545	0,0172

<i>Gomphonema groupe parvulum</i> >1	7	0,2333	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	5	0,4545	0,044
<i>Surirella brebissonii</i> >1	5	0,1667	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4	0,3636	0,0469
<i>Craticula cuspidata</i>	3	0,1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	0,2727	0,0394
<i>Discostella stelligera</i>	3	0,1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0,2727	0,0405
<i>Craticula ambigua</i>	3	0,1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3	0,2727	0,0434

Tableau 2. Espèces caractéristiques du cluster 1.

Les caractéristiques environnementales des diatomées caractéristiques, d'après CANTONATI et al. (2017), PRYGIEL & COSTE (2000) et RIMET et al. (2005) sont les suivantes.

Surirella brebissonii est une espèce indicatrice de contenu électrolytique moyen à élevé ; elle tolère un niveau trophique élevé et une saprobie de niveau α -mésosaprobe.

Navicula gregaria est commune dans les eaux touchées par la pollution des eaux usées, donc désaturées en oxygène. Elle peuple les eaux eutrophes à hypertrophes, avec une conductivité moyenne à élevée.

Ulnaria ulna est une grande diatomée à l'écologie encore assez mal connue, peuplant des eaux oligotrophes à eutrophes, oligosaprobies à α -mésosaprobies.

Nitzschia communis se trouve dans des eaux riches en électrolytes à saumâtres et résiste à des eaux usées jusqu'au niveau polysaprobe.

Cyclostephanos dubius vit de préférence dans des eaux avec des concentrations élevées en chlorure, près des côtes et dans les eaux continentales salées et calcaires.

Craticula subminuscula est trouvée dans les habitats riches en électrolytes mais non saumâtres, particulièrement dans les eaux fortement polluées, jusqu'au niveau polysaprobe, même très résistante à la pollution industrielle.

Nitzschia amphibia est très résistante à la pollution avec des niveaux saprobies et trophiques élevés (jusqu'à α -mésosaprobe).

Nitzschia capitellata préfère les conductivités élevées et la dureté carbonatée, aussi les eaux fortement polluées avec un haut niveau saprobique (jusqu'à polysaprobe) et trophique.

Gomphonema groupe parvulum. Les individus observés sont proches de l'espèce *parvulum*, mais aussi d'espèces voisines, qui présentent des affinités écologiques fort semblables. *G. parvulum* vit dans de milieux peu oxygénés à dé-oxygénés, souvent dans des rivières très polluées avec forte teneur en nutriments et matières organiques.

Craticula cuspidata occupe des eaux avec un contenu électrolytique élevé, tolérant la saprobie jusqu'à des conditions α -mésosaprobies.

Discostella stelligera est une espèce cosmopolite polluo-sensible affectionnant les milieux légèrement acides à proches de la neutralité et peu minéralisés.

Craticula ambigua vit dans les eaux modérément à très riches en électrolytes, avec un haut niveau trophique, tolérant la saprobie jusqu'à des conditions α -mésosaprobies.

Toutes ces espèces indiquent que les pollutions minérale et organique sont sévères dans cette portion de ruisseau.

Une seule variable environnementale est caractéristique : la lithologie calcaire, statistiquement plus fréquente que dans l'ensemble des 30 relevés.

Parmi les autres organismes, on signale l'algue verte *Cladophora glomerata* commune dans les eaux eutrophes du Condroz et la mousse *Leptodictyum riparium*, bien connue comme une espèce très résistante à la pollution, notamment par les eaux usées d'origine domestique.

Espèces compagnes (fréquences relatives $>0,5$ et $pr > 0,05$), tableau 3 :

	sum	fr	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C11	M1	sum.1	fr.1
<i>Cocconeis placentula</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1
<i>Navicula gregaria</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1
<i>Navicula lanceolata</i>	29	0,9667	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1
<i>Nitzschia palea</i>	22	0,7333	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	0,9091
<i>Achnanthyidium</i> sp1	26	0,8667	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10	0,9091
<i>Amphora pediculus</i>	26	0,8667	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,9091
<i>Planothidium lanceolatum</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10	0,9091
<i>Chantransia</i>	18	0,6	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0,8182
<i>Craticula subminuscula</i>	18	0,6	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,8182
<i>Navicula antonii</i>	18	0,6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,8182
<i>Navicula trivialis</i>	19	0,6333	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	9	0,8182
<i>Navicula tripunctata</i>	19	0,6333	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0,8182
<i>Navicula cryptocephala</i>	24	0,8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	9	0,8182
<i>Nitzschia tenuis</i>	24	0,8	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0,8182
<i>Navicula lanceolata >1</i>	19	0,6333	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8	0,7273
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	25	0,8333	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	8	0,7273
<i>Leptodictyum riparium</i>	9	0,3	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	6	0,5455
<i>Nitzschia dissipata</i>	11	0,3667	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	6	0,5455
<i>Navicula tripunctata >1</i>	11	0,3667	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	6	0,5455
<i>Cocconeis placentula >1</i>	21	0,7	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	6	0,5455

Tableau 3. Espèces compagnes du cluster 1.

Toutes ces compagnes font partie de l'ensemble des espèces peuplant les milieux les eaux calcaires eutrophisées comme il y en a beaucoup dans le Condroz.

En se basant sur la figure 8, on peut encore, diviser ce cluster en deux avec d'un côté les six premiers relevés du ruisseau de Mière (jusqu'à l'autoroute), avec *Craticula subminuscula*, *Nitzschia capitellata* et *Nitzschia amphibia* comme espèces caractéristiques et puis les autres jusqu'à Crupet (sauf R10) et le ruisseau de Saint Martin avec *Cyclostephanos dubius*, *Cymatopleura elliptica*, *Cymatopleura solea*, *Gyrosigma acuminatum*, *Gyrosigma attenuatum*, *Navicula gregaria* abondant, *Navicula tripunctata* abondant, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia sigmoidea*, *Surirella brebissonii* abondant et *Ulnaria ulna* comme espèces caractéristiques. On y trouve aussi l'algue verte *Cladophora glomerata* et la Cyanobactérie *Phormidium autumnale*.

Dans les six premiers relevés, plus encore que dans les cinq autres, les espèces caractéristiques marquent une préférence pour les eaux fortement polluées, avec un haut niveau saprobique et trophique et donc avec une faible teneur en oxygène. C'est la plus mauvaise portion du ruisseau.

Diverses recherches ont été entreprises pour tenter de mettre en évidence l'incidence des pesticides sur les populations de diatomées et algues diverses. Il y a un parallélisme net entre pollution par l'agriculture intensive et la vie du ruisseau mais une pollution est rarement isolée. Les pollutions agricoles et urbaines sont souvent associées. En plus, les types de pesticide sont nombreux, ce qui rend difficile la tâche de trouver l'une ou l'autre espèce favorisée ou sensible à un pesticide bien précis. Seule une expérimentation complémentaire aux observations de terrain pourrait apporter un début de réponse. Actuellement, on doit s'en tenir à quelques conjectures.

Ces dernières années, marquées par des étés chauds et secs, le ruisseau de Mière était à sec à plusieurs reprises. Cela signifie que les eaux usées s'écoulaient directement dans les pertes de ces sites karstiques. Quand le débit de l'eau est plus important, ces pertes ne se voient pas directement, si ce n'est par des mesures de débit.

Cluster2

Espèces caractéristiques (Tableau 4) :

	sum	fr	C10	Co	Ge2	Ve2	Ve7	Veaf	sum.2	fr2	pr>=2
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	4	0,1333333	0	1	0	1	0	1	3	0,5	0,0166
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	2	0,0666667	0	0	1	0	0	1	2	0,3333	0,0318

Tableau 4. Espèces caractéristiques du cluster 2.

Cocconeis pseudolineata requière des eaux faiblement carbonatées, des eaux bien oxygénées, avec une faible charge organique. L'algue rouge *Hildenbrandia rivularis* vit dans des eaux claires, bien oxygénées, sur cailloux et blocs à faible profondeur. Toutefois, les espèces compagnes laissent supposer un certain degré d'eutrophisation.

Espèces compagnes (fréquences relatives >0,5 et pr> 0,05), tableau 5 :

	sum	fr	C10	Co	Ge2	Ve2	Ve7	Veaf	sum.2	fr2	pr>=2
<i>Cocconeis placentula</i> >1	21	0,7	1	1	1	1	1	1	6	1	0,0933
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	25	0,8333	1	1	1	1	1	1	6	1	0,2934
<i>Amphora pediculus</i>	26	0,8667	1	1	1	1	1	1	6	1	0,3803
<i>Achnanthydium</i> sp1	26	0,8667	1	1	1	1	1	1	6	1	0,3804
<i>Navicula gregaria</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	6	1	0,632
<i>Cocconeis placentula</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	6	1	0,6335
<i>Planothydium lanceolatum</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	6	1	0,6362
<i>Navicula lanceolata</i>	29	0,9667	1	1	1	1	1	1	6	1	0,8004
<i>Planothydium lanceolatum</i> >1	17	0,5667	0	1	1	1	1	1	5	0,8333	0,155
<i>Nitzschia palea</i>	22	0,7333	1	1	0	1	1	1	5	0,8333	0,4854
<i>Gomphonema subclavatum</i>	9	0,3	0	1	0	1	1	1	4	0,6667	0,0527
<i>Achnanthydium</i> sp1 >1	15	0,5	0	1	1	1	0	1	4	0,6667	0,341
<i>Navicula cryptocephala</i>	24	0,8	1	1	0	1	1	0	4	0,6667	0,9218
<i>Nitzschia tenuis</i>	24	0,8	1	1	0	0	1	1	4	0,6667	0,924
<i>Gomphonema groupe parvulum</i>	25	0,8333	1	0	1	1	1	0	4	0,6667	0,9585

Tableau 5. Espèces compagnes du cluster2.

Il n'y a aucune variable environnementale caractéristique au niveau $\alpha = 0,05$. Les plus proches sont : la présence de gravier et la lithologie composée de shales et grès.

Cluster 3

Espèces caractéristiques (tableau 6) :

	sum	fr	C12	C13	C14	C15	sum3	fr3	pr>=3
<i>Gyrosigma attenuatum</i> >1	4	0,1333	1	1	1	1	4	1	2,00E-04
<i>Nitzschia vermicularis</i>	8	0,2667	1	1	1	1	4	1	0,0029
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	9	0,3	1	1	1	1	4	1	0,0036
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	9	0,3	1	1	1	1	4	1	0,0044
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	9	0,3	1	1	1	1	4	1	0,0047
<i>Melosira varians</i>	9	0,3	1	1	1	1	4	1	0,0049
<i>Nitzschia dissipata</i>	11	0,3667	1	1	1	1	4	1	0,0113
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	11	0,3667	1	1	1	1	4	1	0,0125
<i>Phormidium autumnale</i>	14	0,4667	1	1	1	1	4	1	0,0343
<i>Gyrosigma acuminatum</i> >1	3	0,1	0	1	1	1	3	0,8	0,0012
<i>Apocellia endiviifolia</i>	4	0,1333	1	0	1	1	3	0,8	0,0028
<i>Cratoneuron filicinum</i>	4	0,1333	1	1	0	1	3	0,8	0,0036

<i>Chantransia</i> >1	7	0,2333	1	1	1	0	3	0,8	0,0316
<i>Encyonema ventricosum</i>	8	0,2667	1	0	1	1	3	0,8	0,0488
<i>Fontinalis antipyretica</i>	2	0,0667	0	1	1	0	2	0,5	0,0128
<i>Melosira varians</i> >1	2	0,0667	1	0	0	1	2	0,5	0,0139
<i>Surirella crumena</i>	3	0,1	1	1	0	0	2	0,5	0,0361
<i>Pseudostaurosira parasitica</i>	3	0,1	1	0	0	1	2	0,5	0,0398
<i>Fissidens crassipes</i>	3	0,1	0	1	0	1	2	0,5	0,0401

Tableau 6. Espèces caractéristiques du cluster 3.

Gyrosigma attenuatum requière un niveau de minéralisation et une dureté élevés, un niveau trophique moyen à élevé et sensible à la pollution jusqu'au niveau β - α -mésosaprobe.

Gyrosigma acuminatum vit dans des milieux alcalins avec un haut niveau trophique et est sensible à la pollution dépassant un niveau β - α -mésosaprobe.

Nitzschia vermicularis est une espèce de niveau trophique moyen à élevé.

Nitzschia sigmoidea est une espèce de niveaux trophiques et contenus électrolytiques moyens à élevés. Elle tolère la saprobie jusqu'au niveau β - α -mésosaprobe.

Melosira varians se rencontre dans des eaux modérément riches en électrolytes avec un haut niveau trophique.

Encyonema ventricosum se trouve principalement en milieu eutrophe, mais aussi plus fortement touché par la pollution organique, avec contenu électrolytique moyen, jusqu'au niveau α -mésosaprobe.

Nitzschia dissipata est une des espèces les plus fréquentes dans les eaux avec un niveau trophique moyen à élevé. Elle est aussi considérée comme plus abondante dans des eaux présentant des niveaux de pollution moyen à élevé.

Surirella crumena se rencontre sur les côtes marines mais elle est aussi présente en eaux intérieures avec un contenu électrolytique élevé.

Pseudostaurosira parasitica vit dans des eaux méso- à eutrophes et tolère la saprobie jusqu'au niveau β - α -mésosaprobe

Plusieurs autres espèces de bryophytes sont associées à ce milieu de courant assez rapide, riche en carbonate de calcium et avec un lit mineur composé principalement de blocs et cailloux : *Platyhypnidium riparioides*, *Apopellia endiviifolia*, *Cratoneuron filicinum*, *Fontinalis antipyretica*, et *Fissidens crassipes*. Les stades *Chantransia* de *Batrachospermaceae* y sont aussi abondants.

Dans cette portion inférieure du ruisseau principal, la qualité de l'eau est moins mauvaise, du moins sur le plan saprobique. Cette portion est alimentée par les sources de Crupet et le cours est assez rapide. Il reste toutefois un point noir avec les rejets des égouts du village de Crupet, assez bien « digérés » grâce au débit.

Espèces compagnes (fréquences relatives >0,5 et $pr > 0,05$), tableau 7 :

	sum	fr	C12	C13	C14	C15	sum3	fr3	pr>=3
<i>Amphora pediculus</i>	26	0,8667	1	1	1	1	4	1	0,5452
<i>Cocconeis placentula</i> >1	21	0,7	1	1	1	1	4	1	0,2238
<i>Cocconeis placentula</i>	28	0,9333	1	1	1	1	4	1	0,7478
<i>Craticula subminuscula</i>	18	0,6	1	1	1	1	4	1	0,1092
<i>Navicula gregaria</i>	28	0,9333	1	1	1	1	4	1	0,7494
<i>Navicula lanceolata</i> >1	19	0,6333	1	1	1	1	4	1	0,145
<i>Navicula lanceolata</i>	29	0,9667	1	1	1	1	4	1	0,8578
<i>Navicula trivialis</i>	19	0,6333	1	1	1	1	4	1	0,1381
<i>Nitzschia tenuis</i>	24	0,8	1	1	1	1	4	1	0,3869
<i>Surirella brebissonii</i>	19	0,6333	1	1	1	1	4	1	0,1395
<i>Chantransia</i>	18	0,6	1	1	1	1	4	1	0,1086
<i>Achnanthydium</i> sp1	26	0,8667	1	0	1	1	3	0,75	0,9246
<i>Amphora pediculus</i> >1	11	0,3667	1	0	1	1	3	0,75	0,12
<i>Gomphonema saprophilum</i>	11	0,3667	1	0	1	1	3	0,75	0,1266
<i>Gyrosigma obtusatum</i>	10	0,3333	1	1	1	0	3	0,75	0,0947
<i>Navicula antonii</i> >1	9	0,3	1	0	1	1	3	0,75	0,0689
<i>Navicula antonii</i>	18	0,6	1	0	1	1	3	0,75	0,4684
<i>Navicula cryptocephala</i>	24	0,8	1	0	1	1	3	0,75	0,8354
<i>Navicula tripunctata</i> >1	11	0,3667	1	1	1	0	3	0,75	0,13
<i>Navicula tripunctata</i>	19	0,6333	1	1	1	0	3	0,75	0,5368
<i>Navicula veneta</i>	13	0,4333	1	1	1	0	3	0,75	0,2025
<i>Planothidium lanceolatum</i>	28	0,9333	1	0	1	1	3	0,75	0,988
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	25	0,8333	1	0	1	1	3	0,75	0,8785
<i>Surirella angusta</i>	14	0,4667	1	0	1	1	3	0,75	0,2475
<i>Tryblionella apiculata</i>	9	0,3	1	1	1	0	3	0,75	0,0719
<i>Ulnaria ulna</i>	15	0,5	1	1	1	0	3	0,75	0,3028
<i>Chlorococcum</i> sp.	14	0,4667	1	1	1	0	3	0,75	0,2617
<i>Cladophora glomerata</i>	14	0,4667	0	1	1	1	3	0,75	0,2513

Tableau 7. Espèces compagnes du cluster 3.

Parmi les espèces compagnes, on trouve aussi plusieurs espèces associées à des eaux eutrophes.

Les quatre relevés sont d'ordre 3 (4 sur les 5 de l'ensemble). Il s'agit donc d'une portion de ruisseau de 3 à 5 mètres de large, à courant rapide, avec un lit composé principalement de blocs et cailloux, alimenté en grande partie par les sources situées à Crupet.

Cluster 4

Deux espèces sont caractéristiques dans ce petit cluster de deux relevés : *Eunotia minor* et *Kindbergia praelonga*.

La diatomée *Eunotia minor* est associée à des eaux peu minéralisées et bien oxygénées ; elle est oligosaprobe mais pour certains, elle supporte une faible pollution (RIMET et al., 2005). *Kindbergia praelonga* est sur les berges des petits ruisseaux parcourus par de telles eaux.

Huit autres espèces sont présentes dans les deux relevés et sont considérées comme compagnes : *Pinnularia nobilis*, *Frustulia vulgaris*, *Pinnularia subrupestris*, *Meridion circulare*, *Navicula cryptocephala*, *Gomphonema* groupe *parvulum*, *Rhoicosphenia abbreviata* et *Planothidium lanceolatum*.

Ce sont deux têtes de ruisseau en milieu forestier avec un faible débit. Ce sont les deux seuls sites avec une eau de bonne qualité.

Cluster 5

Espèces caractéristiques (tableau 8) :

	sum	fr	Ve3	Ve4	Ve5	Ve6	Vo1	Vo2	Vo3	sum.5	fr5	pr>=5
<i>Surirella angusta</i>	14	0,4667	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0,0019
<i>Planothidium frequentissimum</i>	17	0,5667	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0,0111
<i>Navicula cryptocephala</i> >1	5	0,1667	1	0	1	1	1	0	0	4	0,5714	0,006
<i>Caloneis silicula</i>	3	0,1	0	0	0	0	1	1	1	3	0,4286	0,0086
<i>Meridion circulare</i> >1	2	0,0667	0	0	0	0	1	1	0	2	0,2857	0,0458

Tableau 8. Espèces caractéristiques du cluster 5

Surirella angusta est une espèce commune des eaux douces, incluant les milieux fortement eutrophisés.

Planothidium frequentissimum est caractéristique des petits ruisseaux, avec une large amplitude concernant la conductivité, la dureté et divers paramètres liés à la pollution. L'espèce est tolérante, jusqu'à des conditions comprises entre α -mésosaprobies et polysaprobies.

Navicula cryptocephala présente une large amplitude écologique, particulièrement dans les eaux eutrophes à polytrophes, tolère la saprobie dépassant le niveau β - α -mésosaprobe mais aussi dans des eaux pauvres en électrolytes.

Caloneis silicula vit au bord des eaux calmes avec un contenu électrolytique moyen.

Meridion circulare présente une large amplitude écologique.

Cet ensemble de ruisselets coulant presque tous sur des roches schisteuses, à faible débit, ne sont moins touchés par les eaux usées que les sites du cours supérieur du ruisseau de Mière. Des mesures de protection du ruisseau, comme celles prises à Insefy, montrent leurs résultats.

Espèces compagnes (fréquences relatives >0,5 et pr> 0,05), tableau 9 :

	sum	fr	Ve3	Ve4	Ve5	Ve6	Vo1	Vo2	Vo3	sum.5	fr5	pr>=5
<i>Planothidium lanceolatum</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0,5803
<i>Navicula gregaria</i>	28	0,9333	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0,5817
<i>Navicula lanceolata</i>	29	0,9667	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0,7718
<i>Planothidium lanceolatum</i> >1	17	0,5667	1	0	1	1	1	1	1	6	0,8571	0,0898
<i>Navicula cryptocephala</i>	24	0,8	1	1	1	1	1	0	1	6	0,8571	0,5691
<i>Nitzschia tenuis</i>	24	0,8	0	1	1	1	1	1	1	6	0,8571	0,5694
<i>Gomphonema</i> groupe <i>parvulum</i>	25	0,8333	1	1	0	1	1	1	1	6	0,8571	0,6662
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	25	0,8333	1	1	1	1	1	1	0	6	0,8571	0,6723
<i>Achnanthydium</i> sp1	26	0,8667	1	1	1	1	1	1	0	6	0,8571	0,7769
<i>Amphora pediculus</i>	26	0,8667	1	1	1	1	0	1	1	6	0,8571	0,7787
<i>Cocconeis placentula</i>	28	0,9333	1	1	1	1	0	1	1	6	0,8571	0,9537
<i>Meridion circulare</i>	12	0,4	1	0	0	1	1	1	1	5	0,7143	0,0668
<i>Nitzschia communis</i>	16	0,5333	0	1	1	1	1	0	1	5	0,7143	0,2614
<i>Navicula lanceolata</i> >1	19	0,6333	1	1	1	1	0	1	0	5	0,7143	0,4798
<i>Surirella brebissonii</i>	19	0,6333	1	0	1	0	1	1	1	5	0,7143	0,4972
<i>Cocconeis placentula</i> >1	21	0,7	1	1	1	1	0	1	0	5	0,7143	0,6542
<i>Nitzschia palea</i>	22	0,7333	0	1	1	0	1	1	1	5	0,7143	0,7411
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> >1	11	0,3667	0	1	1	1	0	1	0	4	0,5714	0,199
<i>Nitzschia pusilla</i>	12	0,4	1	1	1	0	0	0	1	4	0,5714	0,2642
<i>Chlorococcum</i> sp.	14	0,4667	1	1	0	1	0	0	1	4	0,5714	0,4216
<i>Achnanthydium</i> sp1 >1	15	0,5	0	1	1	1	0	1	0	4	0,5714	0,4946
<i>Craticula subminuscula</i>	18	0,6	0	0	1	1	1	0	1	4	0,5714	0,7384

Tableau 9. Espèces compagnes du cluster 1.

Ce sont des ruisseaux d'ordre 2, avec un éclaircissement généralement supérieur à 50 %.

Les principales conclusions sur la qualité de l'eau sont illustrées dans la figure 9.

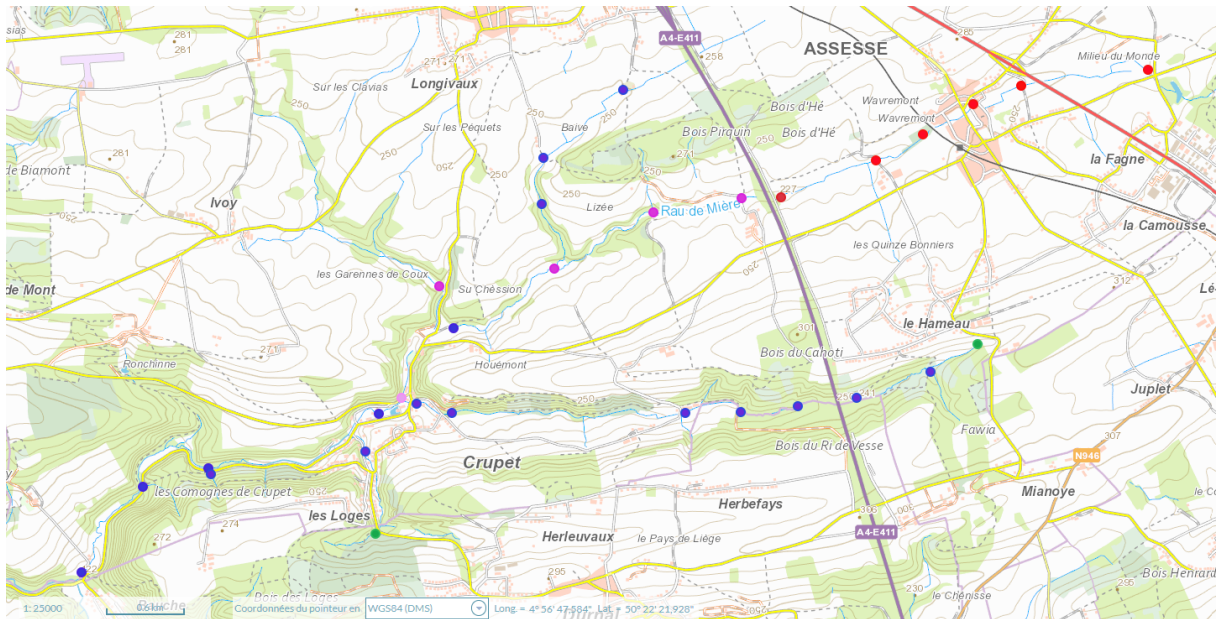


Figure 9. Carte simplifiée de qualité d'eau : rouge : très mauvaise qualité, magenta : mauvaise qualité, bleu : qualité moyenne, vert : bonne qualité.

Il faut noter en plus que l'on rencontre, dans le ruisseau de Crupet, des espèces caractéristiques d'eaux salines, communes sur les côtes salées et dans les eaux intérieures saumâtres ou enrichies en sels, à savoir : *Surirella crumena*, *Surirella ovalis* et *Tryblionella salinarum*. Cette observation rejoint celle faite par ISERENTANT dans la Meuse à Godinne, lors d'une sortie de la Société des Naturalistes de Namur dans le lit de la Meuse (in BOUXIN et al., 2022). D'autres espèces de plantes à fleurs d'eau eutrophisées, voire saumâtres comme la grande Naïade (*Najas marina*) ont aussi été vue lors de la même sortie. Il y a donc un réel problème de minéralisation excessive de l'eau du ruisseau de Crupet et que l'on retrouve dans la Meuse; deux origines sont possibles : les rejets d'eaux usées domestiques et agricoles qui apportent des quantités importantes de sels minéraux (chlorures de sodium notamment) et les épandages de sels de déneigement sur les routes en hiver.

Conclusions

Cette étude renforce la précédente et donne des informations plus précises sur l'état du bassin versant en 2022. On constate à quel point le ruisseau de Mière est touché par la pollution domestique venant du gros village d'Assesse et de l'agriculture importante. Le risque le plus important vient du danger de contamination rapide des nappes phréatiques. Le ruisseau de Crupet, en lui-même est mieux protégé grâce à son débit, mais la présence d'espèces halophiles est inquiétante. La pollution venant des égouts de Crupet n'y est pas étrangère.

La station d'épuration d'Assesse apportera certainement une amélioration du ruisseau de Mière et les études futures des organismes aquatiques permettront de l'évaluer. Quant au ruisseau de Crupet, sa situation ne devrait guère évoluer puisqu'il n'est que partiellement alimenté par le ruisseau de Mière.

La situation des petits affluents est très variable mais des efforts continus pour mieux les protéger, comme c'est le cas à Ensefy, devraient donner de bons résultats.

Bibliographie

BOUXIN, G. 2016. Analyse statistique des tableaux de relevés de végétation. Recherche d'adéquation entre les données de végétation et les techniques, au moyen d'exemples. Editions universitaires européennes. 440 pp.

BOUXIN, G. (2021). Végétation aquatique et amphibie du Néblon. Commission Wallonne d'Étude et de Protection des sites souterrains. Atlas du Karst wallon. Bassin de l'Ourthe condrusienne, SPW Agriculture, Ressources naturelles et Environnement. 61-69.

BOUXIN, G. (2023). Le Ruisseau de Crupet – Végétation et qualité de l'eau (étude 2022). *Crup'Echos* 105 : 4-11.

Bouxin, G. (2024). Analyse statistique des tableaux de relevés de végétation. <https://guy-bouxin.e-monsite.com>. Dernière mise à jour : 11-04-2024.

BOUXIN, G., ISERENTANT, R., MARTIN, PH., ROMAIN, M.-R. & SMOOS, A. (2022). Le chômage de la Meuse. Compte rendu de l'excursion de la Société des Naturalistes de Namur-Luxembourg, le 4 octobre 2022. *Natura Mosana, nouvelle série* 75 : 3-14.

CANTONATI, M., KELLY, M.G. & LANGE-BERTALOT, H. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe*. Koeltz Botanical Books. 942 pp.

JOHN, M.D., WHITTON, B.A. & BROOK, A.J. (2011). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press, 878 pp.

MICHEL, G., THYS, G. & DE BROYER, Cl. (2011). Atlas du Karst Wallon. Bassins du Bocq et du Samson. Commission Wallonne d'Étude et de Protection des Sites Souterrains. La Hulpe, 368 pp.

PRYGIEL, J. & COSTE, M. (2000). *Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354*. Agence de l'eau Artois Picardie. 134 pp.

RIMET, F., ECTOR, L. & HOFFMANN, L. (2005). *Ecology of epilithic diatoms in the rivers of Luxembourg*. Report, Centre de Recherche Gabriel Lippmann, Luxembourg, 186