

# Végétation des cours d'eau dans le bassin versant du Bocq et qualité d'eau

par Guy BOUXIN

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MÉTHODES</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. Les relevés de végétation</b> .....	<b>5</b>
2.1.1. Les relevés les plus récents .....	5
2.1.2. Les relevés anciens .....	8
<b>2.2. Les relevés environnementaux</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3. Les analyses d'eau</b> .....	<b>10</b>
2.3.1. Les analyses des années 1987 et 1988 .....	10
2.3.2. Les analyses des années 2009 à 2014 .....	11
<b>2.4. Les techniques d'étude de la végétation</b> .....	<b>11</b>
<b>3. RÉSULTATS</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. Analyses du fichier environnemental</b> .....	<b>12</b>
3.1.1. Avec l'analyse en composantes principales .....	12
3.1.2. Avec l'analyse non-symétrique des correspondances d'un tableau disjonctif simple .....	15
<b>3.2. Analyse des fichiers physico-chimiques de l'eau</b> .....	<b>19</b>
3.2.1. Suivi des paramètres physico-chimiques le long des cours d'eau .....	19
3.2.2. Analyses synthétiques des corrélations entre les paramètres physico-chimiques .....	26
<b>3.3. Analyses du fichier de 93 relevés</b> .....	<b>32</b>
3.3.1. Analyse du fichier floristique des 93 relevés .....	32
3.3.2. Analyses des fichiers floristique et environnemental réunis .....	41
<b>3.4. Analyse du cluster1 de 41 relevés</b> .....	<b>44</b>
3.4.1. Analyse du fichier floristique .....	44
3.4.2. Analyse des fichiers floristique et environnemental réunis .....	50
<b>3.5. Analyse du cluster de 52 relevés</b> .....	<b>56</b>
3.5.1. Analyse du fichier floristique .....	56
3.5.2. Analyse des fichiers floristique et environnemental réunis .....	62
<b>4. PROPOSITIONS GÉNÉRALES DE GESTION</b> .....	<b>69</b>
<b>5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES</b> .....	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>70</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>72</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>73</b>
<b>Localisation des relevés au GPS</b> .....	<b>73</b>
<b>Liste des espèces</b> .....	<b>75</b>
Embranchement des Diatomées .....	81
<b>Remarques sur l'identification de quelques cyanobactéries</b> .....	<b>82</b>

## 1. Introduction

Le Bocq est une rivière de 45 kilomètres de long, dont le cours est complètement situé dans le Condroz (Figure 1), région naturelle localisée au sud du sillon Sambre et Meuse. Il prend sa source à Scy, à une altitude de 305 mètres. Il se jette dans la Meuse à Yvoir, à 20 kilomètres au sud de Namur, à une altitude de 90 mètres. La pente moyenne est de 0,48 %. Le relief est caractérisé par une alternance de bombements schisto-gréseux

appelés tiges, allongés dans le sens général sud-sud-ouest nord-nord-est, et de dépressions calcaires appelées chavées. Le ruisseau et ses affluents traversent de nombreux villages et petites villes et reçoit des eaux usées d'origine domestique et agricole (BOUXIN, 1991). Le Condroz est une région agricole et les ruisseaux traversent pâtures et champs cultivés mais aussi quelques massifs forestiers.

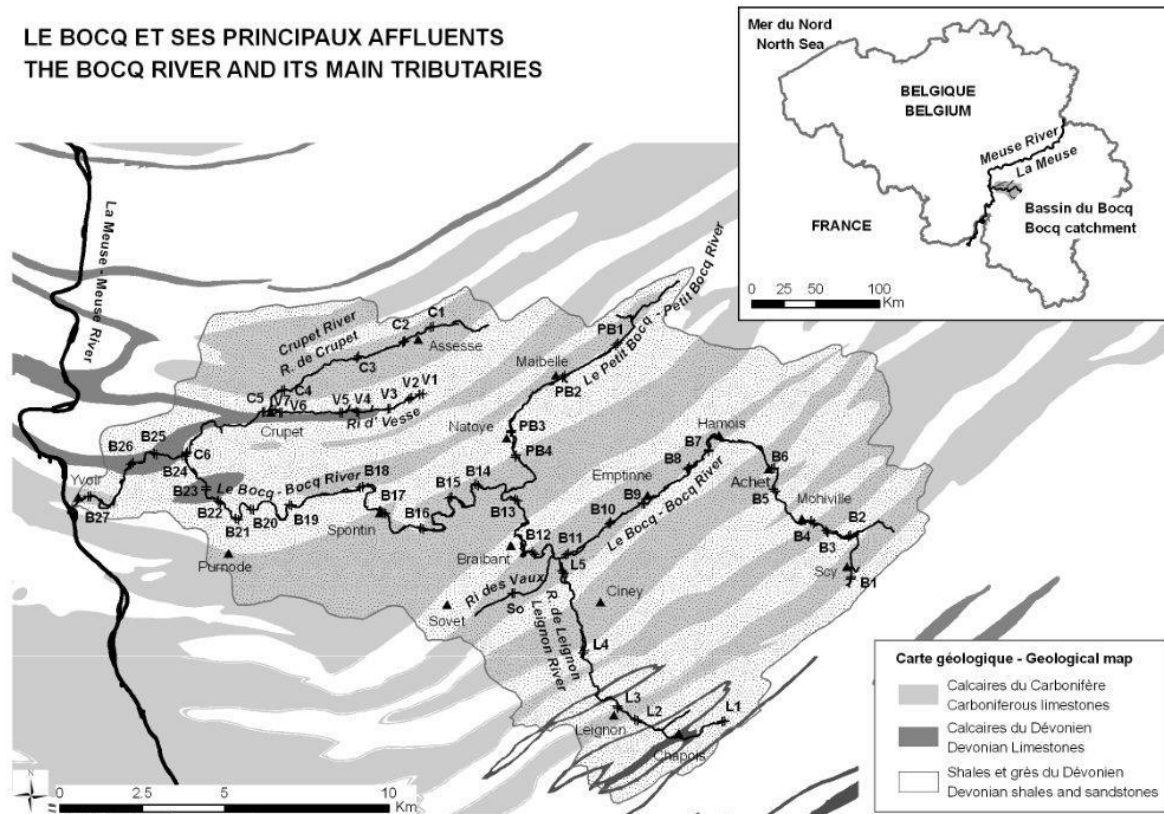


Figure 1. Carte du Bocq et de ses principaux affluents, avec la carte géologique. Les relevés sont ceux réalisés entre 2009 et 2012.

Deux études importantes sur la végétation du lit mineur du Bocq et de ses principaux affluents ont été publiées ; la première a débuté en 1987 (BOUXIN, 1991) et la seconde en 2009 (BOUXIN, 2011a & 2013). La première portait sur la végétation macrophytique du Bocq, du ruisseau de Crupet, du Petit Bocq et du Leignon. Seules, les Anthophytes, les Ptéridophytes aquatiques et amphibies, ainsi qu'une Bryophyte (*Fontinalis antipyretica*) ont alors été considérées. Plusieurs centaines de sections de ruisseau, physionomiquement homogènes, de quelques dizaines de mètres de long, ont été décrits pendant trois années, de 1986 à 1988. Dans la seconde étude, entre les années 2009 et 2014, les Bryophytes aquatiques et amphibies ainsi que les algues et cyanobactéries ont été ajoutées, car ces organismes sont reconnus comme de bons indicateurs de la qualité de l'eau et leur utilisation est considérée comme un prérequis en vue d'une gestion, suivant la Directive-Cadre sur l'eau de l'Union européenne (FOERSTER *et al.*, 2004). Cette fois, les relevés étaient tous de même longueur (100 mètres) et moins nombreux (92), car le travail de terrain est chaque fois suivi d'une observation au microscope, en vue d'identifier les Bryophytes, algues et Cyanobactéries. Plusieurs dizaines de paramètres environnementaux ont aussi été décrits dans chaque relevé. Des analyses chimiques ont été réalisées au moyen

d'une valisette Merck. Nous avons aussi utilisé des analyses publiées ou directement fournies par le Service public de Wallonie (SPW).

Ces études ont produit une description de la végétation aquatique et amphibie, au moyen de groupements végétaux définis chacun par des ensembles d'espèces caractéristiques et compagnes. La relation entre cette végétation et les caractéristiques environnementales ou les paramètres chimiques de l'eau a été montrée (BOUXIN, 2011a et 2013). L'environnement naturel est responsable d'une partie importante de la variation de la végétation, mais il y a un impact significatif de l'occupation humaine et de l'agriculture. Certaines espèces sont clairement des indicatrices des caractéristiques géomorphologiques du lit mineur ou de l'éclairement, mais d'autres sont aussi liées aux rejets d'eaux usées domestiques et traduisent l'incidence des fermes et de l'élevage bovin. Les groupements végétaux décrits sont facilement mis en relation avec l'environnement et la chimie de l'eau. Les algues, Bryophytes et les Cyanobactéries entrent dans plusieurs combinaisons caractéristiques d'espèces.

Au cours de prospections qui s'étalent sur presque trente ans, nous avons constaté des changements importants dans tout le bassin versant, aussi bien dans la végétation que dans son environnement, à la suite de l'urbanisation croissante de la campagne, à la construction de stations d'épuration (ANONYME, 2011) et à la restauration hydromorphologique d'une partie du Bocq (projet LIFE WALPHY, ANONYME 2014). C'est à la suite de changements significatifs dans la physionomie de la végétation que nous avons entrepris, dès 2009, une nouvelle série de relevés, comme nous l'avons fait dans le bassin versant de la Mollignée (BOUXIN, 2011b). Parallèlement, nous avons continué à développer les techniques statistiques adaptées aux tableaux de relevés, en les adaptant mieux à ce type particulier de données.

Dans la mise en œuvre de la Directive-cadre sur l'Eau (2000/60/CE), trois masses d'eau ont été définies dans le bassin versant du Bocq.

### La masse Bocq1 (MM28R),

La masse d'eau MM28R est une masse d'eau Naturelle de 58,65 km de linéaire pour une superficie de 147,89 km<sup>2</sup>.

Elle comprend les cours d'eau suivants :

- Le Bocq depuis son point d'origine jusqu'à la confluence avec le Petit Bocq,
- Le Petit Bocq depuis son point d'origine jusqu'à la confluence avec le Bocq,
- Le Ruisseau de Biron depuis son point d'origine jusqu'à la confluence avec le Bocq,
- Le Ruisseau de Champion depuis son point d'origine jusqu'à la confluence avec le Ruisseau de Skeuvre,
- Le Ruisseau de Chapis qui se prolonge dans le Ruisseau de Leignon,
- Le Ruisseau de Leignon depuis la confluence du Ruisseau Chapis jusqu'à la confluence avec le Bocq,
- Le Ruisseau de Skeuvre depuis la confluence avec le Ruisseau de Champion jusqu'à la confluence avec le

Bocq.

La typologie de cette masse d'eau correspond aux « Ruisseaux condrusiens à pente moyenne ».

Le territoire est principalement occupé par l'agriculture (70,69%), par des forêts et milieux semi-naturels (17,55%) et les territoires artificialisés couvrent 6,91%.

Le flux d'azote provient en majorité de l'agriculture (plus de 50%) et dans une moindre mesure du secteur industriel. Le flux de phosphore se répartit plus entre milieux urbain, industriel et agricole. L'état écologique et l'état global sont considérés comme bons.

### La masse Bocq2 (MM30R)

La masse d'eau MM30R est une masse d'eau Naturelle de 24,85 km de linéaire pour une superficie de 50,96 km<sup>2</sup>.

Elle comprend le seul Bocq depuis la confluence avec le Petit Bocq jusqu'à la Meuse.

La typologie de cette masse d'eau correspond aux « Rivières condrusiennes à pente moyenne ».

Le territoire est moins occupé par l'agriculture que dans la masse Bocq1 (58,39%), plus par des forêts et milieux semi-naturels (25,74%) et les territoires artificialisés couvrent 10,31%.

Les flux d'azote et de phosphore sont comparables à ceux de la masse Bocq2. L'état écologique est moyen et l'état général « pas bon ».

La typologie de cette masse d'eau correspond aux « Rivières condrusiennes à pente moyenne ».

### La masse Crupet (MM29R)

La masse d'eau MM29R est une masse d'eau naturelle de 12,25 km de linéaire pour une superficie de 36,07 km<sup>2</sup>.

Elle comprend les cours d'eau suivants :

- Le Ruisseau de Crupet depuis la confluence avec le Ruisseau de Mière jusqu'à la confluence avec le Bocq
- Le Ruisseau de Mière depuis son point d'origine jusqu'à la confluence avec le Ruisseau de Crupet

Le territoire est à nouveau principalement occupé par l'agriculture (69,79%), par des forêts et milieux semi-naturels (18,79%) et les territoires artificialisés couvrent 6,03%.

Les flux d'azote et de phosphore sont un peu différents de ceux des masses précédentes : 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 objectifs de cette étude sont :

- de produire une liste des espèces occupant ou ayant occupé le lit mineur du Bocq et de ses affluents ;
- d'analyser les données au moyen de techniques statistiques spécialement adaptées, et de décrire la végétation, sous forme de groupements végétaux, à l'échelle du bassin versant du Bocq et à l'échelle de sous-bassins ;
- de comparer la végétation décrite à la fin des années 1980 et celle des années 2010 ;
- de mettre en relation la végétation actuelle avec son environnement général et la qualité de l'eau ;
- de manière plus précise, de discriminer les influences respectives des eaux usées domestiques et de l'agriculture, consacrée en grande partie à l'élevage bovin ;
- de définir ou de préciser le caractère bioindicateur de plusieurs espèces et leur utilisation dans des indices biotiques ;

- de présenter des propositions générales de gestion.

Cette étude porte sur les observations faites jusqu'en 2014. Les prospections continuent et de nouvelles observations ont été réalisées en 2022 et 2023 dans le bassin versant du ruisseau de Crupet, intégrant les diatomées. Elles paraissent dans la revue CRUP'ECHOS (BOUXIN, 2023 et 2024) ainsi que sur le site de même nom (<http://www.crupechos.be>)

## 2. Méthodes

### 2.1. Les relevés de végétation

#### 2.1.1. Les relevés les plus récents

L'étude réalisée entre 2009 et 2014 se base sur nonante-deux relevés de végétation décrits entre les années 2009 et 2014. La description de l'environnement concerne les lits mineur et majeur. Des analyses chimiques de l'eau ont été réalisées dans de nombreux sites. Les relevés de 100 mètres de long ont été localisés avec précision au moyen d'un GPS et leur position indiquée dans trois cartes, correspondant chacune à une masse d'eau (Figure 2 à 4) : 30 relevés ont été décrits le long du Bocq, douze le long du ruisseau de Crupet, sept le long du ruisseau de Leignon, six le long du Petit Bocq, sept le long du Ri d'Vesse, huit le long du ruisseau de Skeuvre, six le long du Biron, trois pour le Ri des Vaux (entre Sovet et Ciney), deux le long du ruisseau d'Asneux, deux le long du ruisseau de Gence, deux le long du ruisseau de Saint Martin, deux le long du ruisseau de Vovesène, ainsi que des relevés uniques dans des petits affluents (un pour le Ry d'Vesse, deux pour le ruisseau de Crupet, un pour le Petit Bocq et un pour le ruisseau d'Asneux). Ils ont été placés de manière à intégrer au mieux la diversité locale tout en gardant une bonne homogénéité physionomique. Les relevés ont été répartis régulièrement le long du cours, en évitant les sites longeant des propriétés privées à la végétation rivulaire artificialisée. Nous avons recherché à la fois des sites situés à proximité des villages et grosses fermes et des sites à l'écart des habitations. Une telle technique permet de décrire plusieurs relevés par jour. Deux relevés ont été dédoublés car décrits une première fois avant les travaux de reméandrement (à Haljou) ou d'enlèvement de barrage (site du Sacré Cœur à l'entrée d'Yvoir) et une seconde fois un an au moins après les travaux. Chaque relevé porte un nom, celui du village traversé ou du lieu-dit le plus proche du relevé.

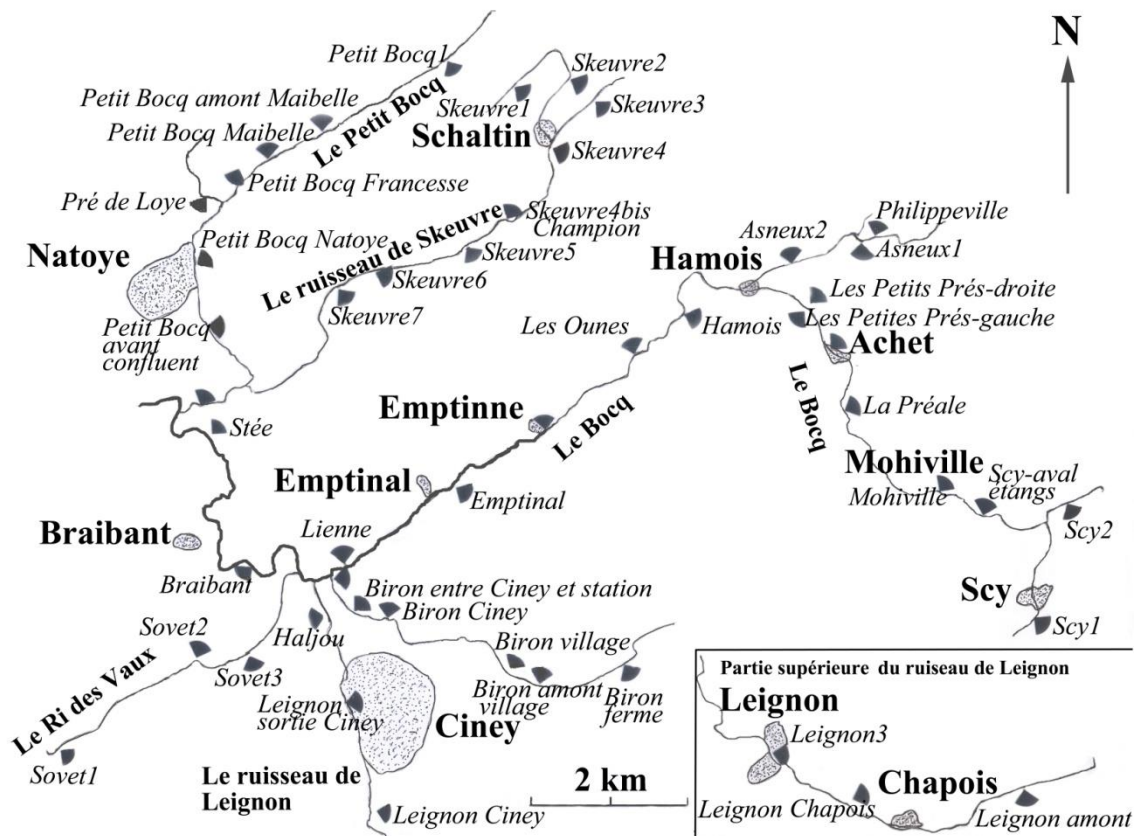


Figure 2. Emplacement des relevés de la masse d'eau Bocq1, marqués par une portion de disque.

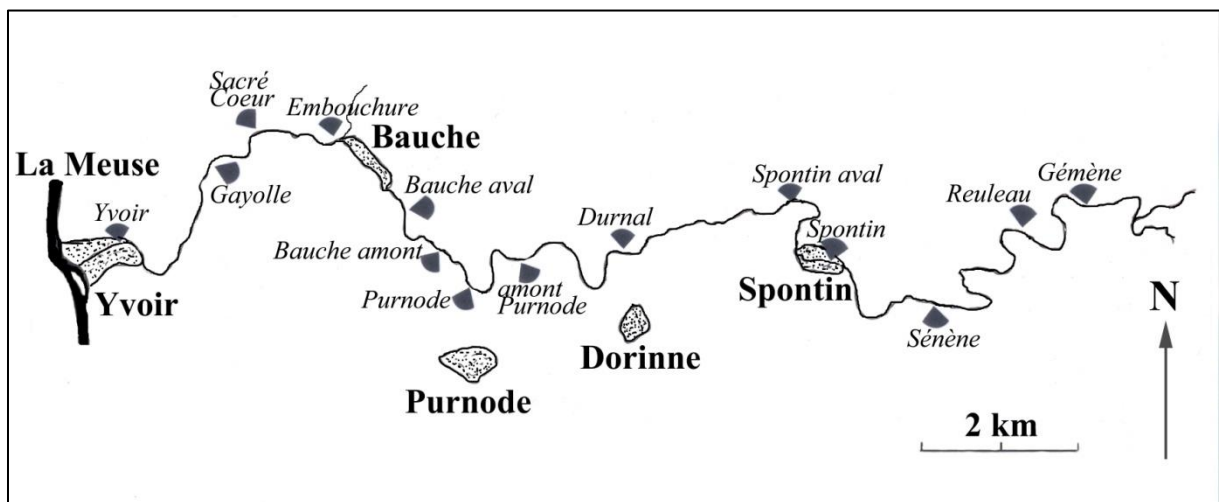


Figure 3. Emplacement des relevés de la masse d'eau Bocq2, marqués par une portion de disque.

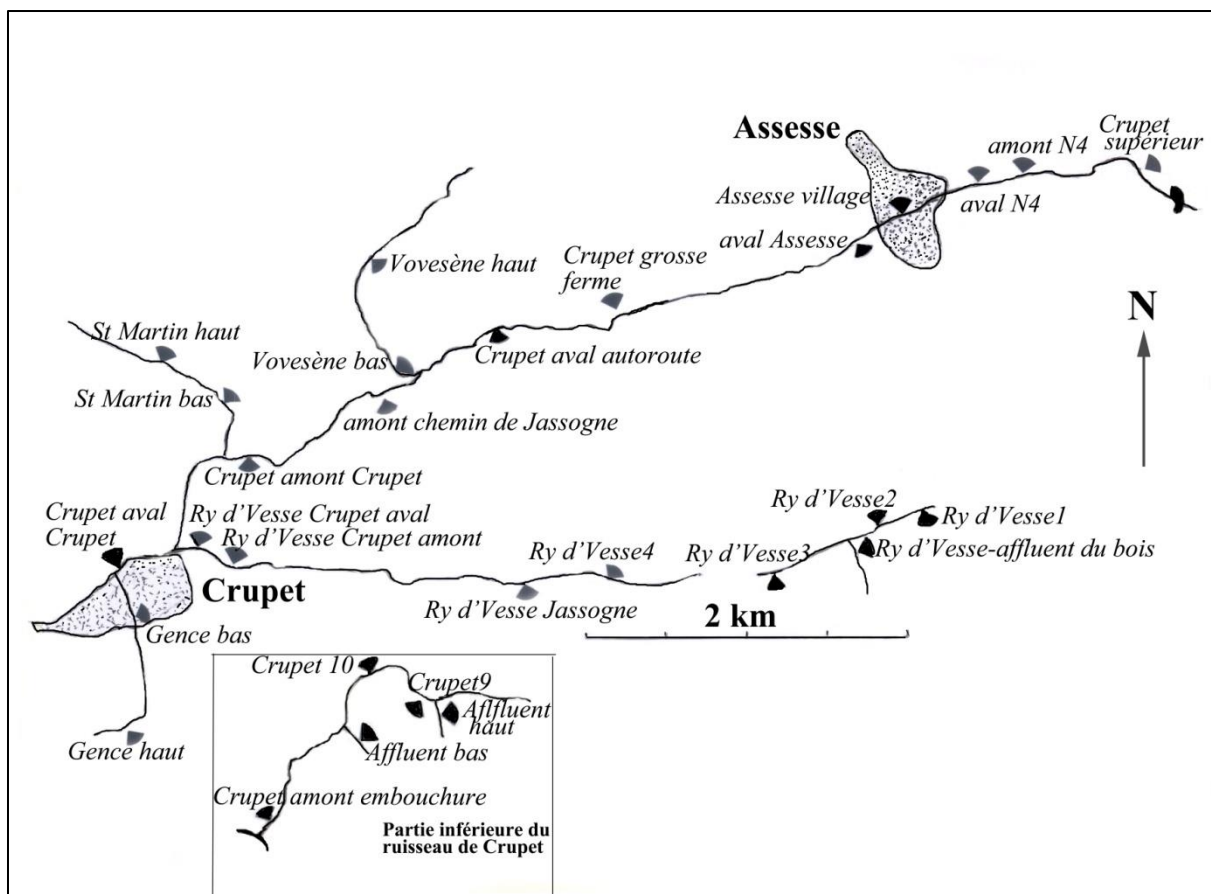


Figure 4. Emplacement des relevés entre Assesse et l'embouchure du Bocq (masse d'eau Crupet), marqués par une portion de disque. Dans le hameau de Jassogne, le site s'appelle Insefy.

Chaque relevé est une section de ruisseau de 100 mètres de long. La taille du relevé est un compromis entre l'homogénéité physionomique du site et la diversité des niches écologiques inhérente à ce genre de milieu. La description de la végétation porte sur le lit mineur et ne sépare pas explicitement la végétation aquatique et celle de la berge pour plusieurs raisons :

- la hauteur d'eau d'un ruisseau varie constamment, même pendant la période de végétation active ; tout le lit mineur est donc influencé par les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ;
- les hélophytes n'occupent pas la même place en fonction de la largeur du ruisseau : ils envahissent tout le ruisseau dans les sections les plus étroites et sont confinés au pied de berge dans les parties les plus larges ;
- des petits îlots temporaires situés au milieu d'un ruisseau de plusieurs mètres de larges sont parfois occupés par des hélophytes ;
- des espèces d'arbres occupant les berges, envoient des racines dans le cours d'eau (comme *Alnus glutinosa*) et sont directement influencées par les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Certaines espèces sont exclusivement aquatiques mais ce n'est pas la majorité, à l'exclusion des algues bien entendu.

Notre approche de l'étude des ruisseaux est donc nettement phytocénologique, plutôt que purement phytosociologique.

Dans chaque relevé, la liste des Anthophytes, Ptéridophytes et Bryophytes, aisément reconnaissables *de visu*, du lit mineur, c'est-à-dire entre les deux crêtes de berge, est établie sur le terrain. Le lit mineur est parcouru. Des Bryophytes sont récoltées dans le lit mineur et sur les berges, puis séchées avant identification ultérieure.

Des algues filamenteuses benthiques visibles à l'oeil nu sont aussi récoltées et examinées rapidement au microscope, souvent photographiées et parfois conservées dans du formol pour vérification ultérieure. Les gros blocs sont examinés attentivement pour découvrir les algues filamenteuses de petite taille et des cailloux sont récoltés, puis grattés juste avant l'observation au microscope pour l'examen d'espèces benthiques. Dans la mesure du possible, les algues filamenteuses et les Cyanobactéries sont identifiées au niveau spécifique. L'abondance des espèces est estimée visuellement et traduite en un coefficient d'abondance-dominance comme dans les relevés de l'école sigmatiste (ROYER, 2009), suivant l'échelle habituelle :

- + : Espèce peu abondante, à recouvrement très faible ;
- 1 : Recouvrement de l'espèce inférieur à 5 % ;
- 2 : Recouvrement de l'espèce compris entre 5 et 25 % de la surface totale ;
- 3 : Recouvrement de l'espèce compris entre 25 et 50 % de la surface totale ;
- 4 : Recouvrement de l'espèce compris entre 50 et 75 % de la surface totale ;
- 5 : Recouvrement de l'espèce compris entre 75 et 100 % de la surface totale.

Il s'agit toujours d'une estimation visuelle.

Pour la plupart des algues et Cyanobactéries, seule la présence est notée car la biomasse est faible. Toutefois, les genres *Vaucheria* formant des tapis verts (parfois appelés « blanket weed ») et *Melosira* formant des masses brunâtres bien visibles sur le fond de l'eau, reçoivent un coefficient d'abondance. Chaque site a été visité plusieurs fois, en période de bas niveau et lorsque l'eau était suffisamment transparente, au moins deux fois par année pour les Anthophytes et les Bryophytes, une fois au printemps et une fois en été. Pour certaines algues et cyanobactéries, des passages ponctuels complémentaires ont été nécessaires. Toute espèce vue au moins une fois a été intégrée dans le tableau de relevés ; en effet, en un même site, les individus de *Sheathia* sp. (nouveau nom de certains *Batrachospermum*), par exemple, se développent de manière irrégulière d'une année à l'autre, en fonction du débit et de la transparence de l'eau.

Quatre tableaux sont constitués, un premier pour les Anthophytes et Ptéridophytes, un second pour les Bryophytes, un troisième pour les algues et Cyanobactéries et un quatrième pour les données environnementales.

### 2.1.2. Les relevés anciens

La technique de description de la végétation était comparable à celle utilisée entre 2009 et 2014 mais avec un plus grand nombre de relevés plus petits, soit 126 pour le Bocq, 42 pour le Petit Bocq, 40 pour le Leignon, ce qui fait environ 4 relevés de moins de 100 mètres de long par kilomètre de cours d'eau, répartis de manière assez régulière. Quant au ruisseau de Crupet, il a été découpé en 156 sections juxtaposées, ce qui en fait une description exhaustive. Les autres affluents n'avaient pas été décrits. La position des relevés a été indiquée sur une carte au 1 : 10000. Entre les anciens et nouveaux relevés, de nombreux sites sont directement comparables.

## 2.2. Les relevés environnementaux

Chaque relevé est également défini par un ensemble de paramètres environnementaux présentés dans le tableau 1. Les descriptions des années 1980 (BOUXIN, 1991) sont fort semblables à celles des années 2009 à

2014. Récemment, nous avons ajouté quelques paramètres, mais qui, à l'analyse, n'apportent pas d'informations complémentaires dans la compréhension de la végétation.

<b>Variables environnementales</b>	<b>Unités ou variables</b>
<b>Types de vallée</b>	
Vallée en V	0-1
Colline d'un côté	0-1
Collines des deux côtés	0-1
Vallée plane	0-1
<b>Ordre</b>	1-2-3
<b>Largeur de la plaine alluviale</b>	mètres
<b>Pente générale du ruisseau</b>	%
<b>Lithologie</b>	
Grès et shales	0-1
Calcaire	0-1
<b>Sinuosité</b>	
Droit	0-1
Sinueux	0-1
Méandres	0-1
<b>Éclaircement</b>	%
<b>Proportion de lit bordé de -</b>	
Forêt	%
Ripisylve	%
Champs ou pâtures	%
Conifères	%
Ligne d'arbres	%
Site urbanisé	%
<b>Largeur maximale du lit mineur</b>	mètres
<b>Profondeur maximale de l'eau</b>	décimètres
<b>Type de lit</b>	
Plan	0-1
Cuvettes et seuils	0-1
<b>Encaissement du lit mineur</b>	
0-20 cm	%
21-50 cm	%
51-100 cm	%
101-200 cm	%
> 1 m	%
<b>Pente de berge</b>	
< 30°	%
31-60°	%

> 60°	%
<b>Substrat</b>	
Fin, meuble	%
Argile, solide	%
Sable et gravier	%
Cailloux < 20 cm	%
Blocs (> 20 cm) et dalle	%
<b>Faciès lentique</b>	%
Mouille	0-1
Plat lent	0-1
Avec courant très lent	0-1
Avec courant lent	0-1
Avec courant modéré	0-1
<b>Faciès lotique</b>	%
Plat courant	0-1
Radier	0-1
Cascatelles	0-1
Courant rapide	0-1
Courant très rapide	0-1
<b>Eau claire</b>	0-1
<b>Eau trouble</b>	0-1
<b>Piétinement du lit mineur par le bétail</b>	%
<b>Berge clôturée</b>	%
<b>Fermes à proximité du ruisseau</b>	0-1
<b>Constructions à proximité du ruisseau</b>	0-1
<b>Jardins</b>	0-1
<b>Eaux usées</b>	0-1
<b>Bétail dans la plaine alluviale</b>	0-1

Tableau 1. Liste des paramètres environnementaux et de leurs types de variables associées.

## 2.3. Les analyses d'eau

### 2.3.1. Les analyses des années 1987 et 1988

Les analyses d'eau ont été réalisées en octobre 1987 et octobre 1988, avec des échantillons d'eau prélevés de manière systématique, à peu près tous les quatre kilomètres, soit 11 dans le Bocq, 4 dans le ruisseau de Crupet, 3 dans le Petit Bocq et 3 dans le Leignon. Les paramètres considérés étaient : pH, conductivité à 20°C, alcalinité, principaux cations (Ca, Mg, Na et K) et principaux anions (chlorure, sulfate, ammonium, nitrite, nitrate, et phosphate). Il n'y avait pas, à cette époque, d'analyse disponible venant de l'administration régionale. Ces analyses ont été réalisées dans le laboratoire de l'Université de Namur, grâce à l'accueil des professeurs J.-C. MICHA et J.-P. DESCY.

### 2.3.2. Les analyses des années 2009 à 2014

Plusieurs paramètres ont été déterminés dans chaque relevé, au moyen d'un laboratoire compact AquaMerck® (référence 111151) : par colorimétrie pour l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les orthophosphates et le pH, par volumétrie pour la concentration en oxygène (pourcentage de saturation calculé en fonction de la température) et la dureté totale (exprimée en degrés allemands, 1 °d = 17,8 mg CaCO<sub>3</sub>). Une première série a été réalisée en août 2009 dans 37 sections, la seconde en octobre 2010 dans les mêmes sections et une complémentaire dans les 27 sections du Bocq en août 2011. Par la suite, d'autres analyses ponctuelles ont été réalisées, dans les ruisseaux de Crupet et ses petits affluents en 2013 et 2014.

Des analyses physico-chimiques, portant sur divers paramètres de l'azote et du phosphore, sur les principaux anions, la dureté, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, le carbone organique dissous, sur la température, sont réalisées chaque mois dans toute la Wallonie par l'Institut Scientifique de Service Public et sont consultables sur la base de données Aquaphyc du Service Public de Wallonie (SPW DGO3) :

<http://aquaphyc.environnement.wallonie.be/login.do>

Les données sont complètes pour la station d'Yvoir et partielles pour celles d'Emptinne, Braibant et Purnode.

## 2.4. Les techniques d'étude de la végétation

Les techniques d'étude statistique sont les suivantes :

- Analyse en composantes principales, uniquement pour les données environnementales,
- Analyse non-symétrique des correspondances,
- Analyse factorielle multiple pour les fichiers comprenant plusieurs composantes floristiques (respectivement Anthophytes-Ptéridophytes, Bryophytes et Algues-Cyanobactéries) ou plusieurs composantes floristiques et une composante environnementale,
- Classification hiérarchique ascendante pour classer les relevés,
- Recherche des espèces caractéristiques et compagnes par un logiciel avec permutations.

Tous les logiciels utilisés ont été rédigés en langage R par l'auteur. Des informations détaillées sur les techniques statistiques et les logiciels se trouvent sur le site : <http://guy-bouxin.e-monsite.com>.

Les tableaux de relevés d'abondances des espèces ou de paramètres environnementaux ont été transformés en tableaux disjonctifs afin d'assurer une bonne adéquation entre données et techniques statistiques.

Faire un lien avec les associations végétales décrites n'est pas simple puisque plusieurs éléments importants diffèrent dans notre démarche de classification des relevés, par rapport au système phytosociologique.

- Les relevés ont tous la même longueur et nous ne cherchons pas nécessairement une homogénéité floristique parfaite. Nous considérons que l'homogénéité est relative et qu'elle s'exprime à de nombreuses échelles possibles.
- C'est chaque fois le lit mineur qui est concerné car il est difficile de séparer le cours d'eau lui-même des berges car les deux forment un continuum variable suivant le débit très changeant. C'est tout le lit mineur qui est finalement influencé par la qualité de l'eau. Il eut été possible de définir des groupements uniquement aquatiques en ne décrivant que des aires plus petites, ce qui aurait entraîné une multiplication des groupements végétaux, difficilement associés à un niveau de qualité d'eau.
- Nous définissons les groupements végétaux en intégrant les bryophytes, ce qui n'est pas toujours le cas en phytosociologie. Quant aux algues et cyanobactéries, elles ne sont jamais relevées en même temps que les autres plantes.
- Dans des milieux occupés par l'homme depuis des siècles, avec un morcellement important des surfaces, l'impact humain sur la nature varie fortement d'un site à l'autre et rend la description de la végétation plus difficile, principalement en ce qui concerne les berges occupées par diverses espèces ligneuses comme *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* et plusieurs *Salix*.

La comparaison se fait principalement à partir de publications récentes décrivant la végétation de régions voisines : BOURNERIAS (1979) pour la région parisienne, CATTEAU, DUHAMEL *et al.* (2009 et 2014) sur la région Nord- Pas de Calais, FERNEZ T. et CAUSSE G. (2015) sur l'Île-de-France, FRANÇOIS *et al.* (2012) sur la Picardie, LEURQUIN (2006) pour la Belgique, OBERDORFER pour le sud de l'Allemagne, ROYER, FELZINNES *et al.* (2006) pour la Bourgogne et la Champagne-Ardenne, THÉBAUD *et al.* (2014) pour le nord du Massif central. Les informations issues du site Tela Botanica sont également précieuses. Quelques publications sur la Belgique sont aussi considérées : DETHIOUX (1980) et NOIRFALISE (1984).

## 3. Résultats

### 3.1. Analyses du fichier environnemental

#### 3.1.1. Avec l'analyse en composantes principales

Le tableau environnemental est d'abord analysé avec l'analyse en composantes principales. En effet, le mélange de données exprimées avec des unités bien différentes fait inévitablement pencher l'analyse vers cette technique. L'analyse est conduite avec 10000 permutations.

Les huit premières valeurs propres sont significatives. La première se démarque des autres et il y a ensuite deux paliers, le premier après la troisième valeur et le second après la huitième. Les corrélations montrent une répartition en cloche autour du zéro, ce qui rend les résultats utiles et interprétables (Figure 5).

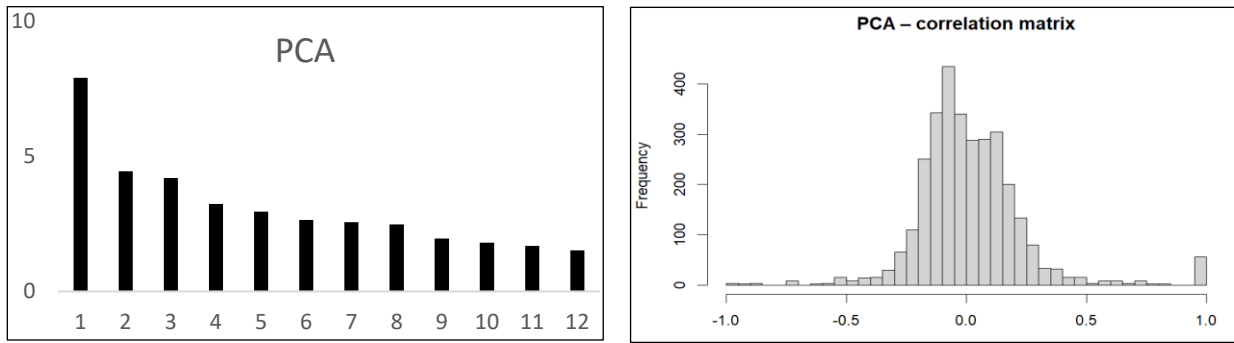


Figure 5. Analyse en composantes principales du fichier environnemental. Douze premières valeurs propres et distribution des coefficients de corrélation.

Seuls quelques paramètres du premier axe sont attachés à des contributions relatives significatives au niveau 0,05, soit les facies lenticles avec un lit mineur de type plat lent (coordonnées positives) et les facies lotiques avec un lit composé de cuvettes et seuils.

L'analyse est d'abord illustrée avec la représentation des coordonnées des variables environnementales dans le plan des deux premiers axes (figure 6).

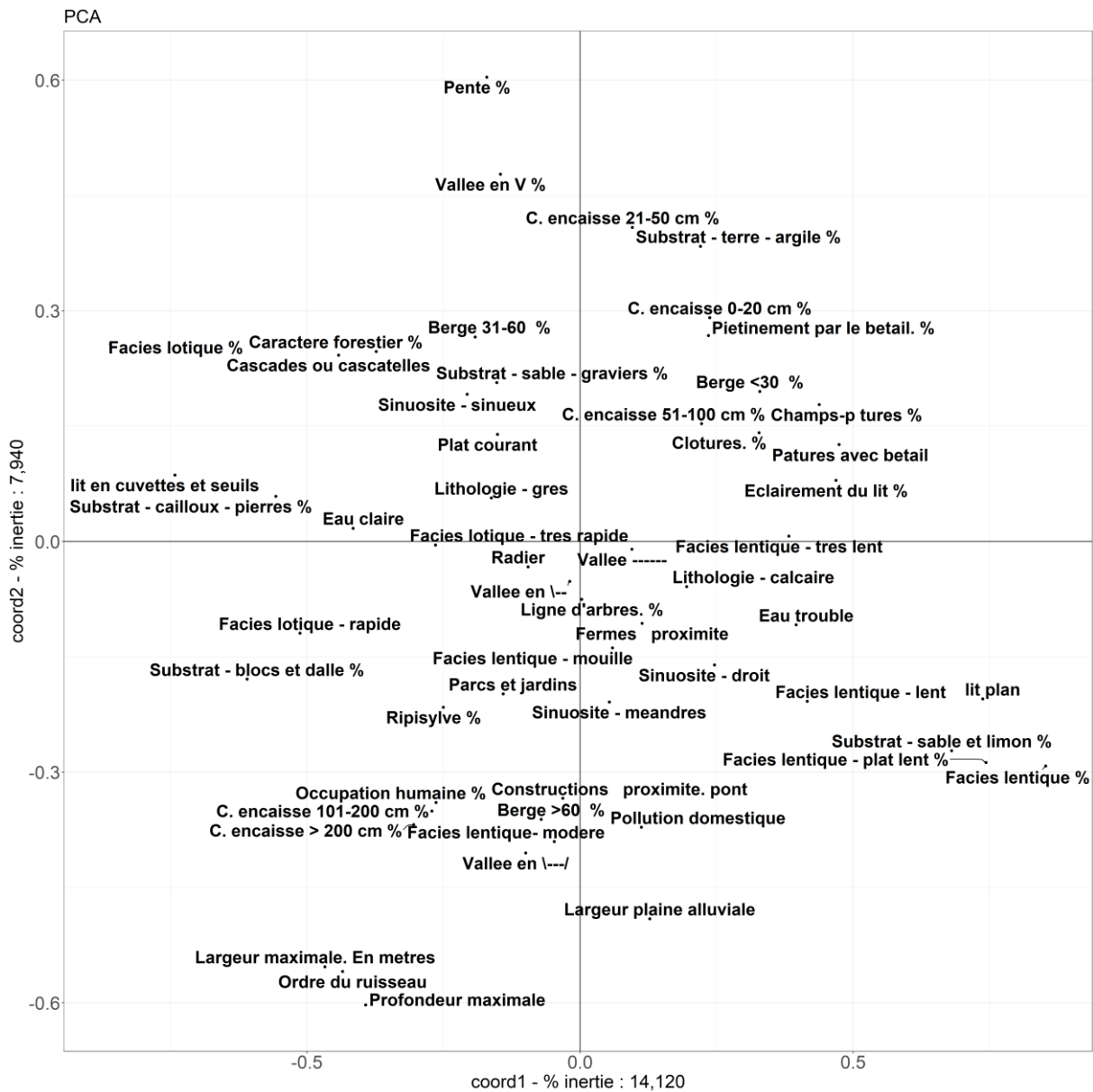


Figure 6. Analyse en composantes principales du fichier environnemental. Coordonnées des paramètres environnementaux sur les deux premiers axes.

Le premier axe oppose clairement les faciès lenticules (à droite) et lotiques (à gauche) et le second, les ruisselets dans des vallées étroites aux ruisseaux dans vallée larges.

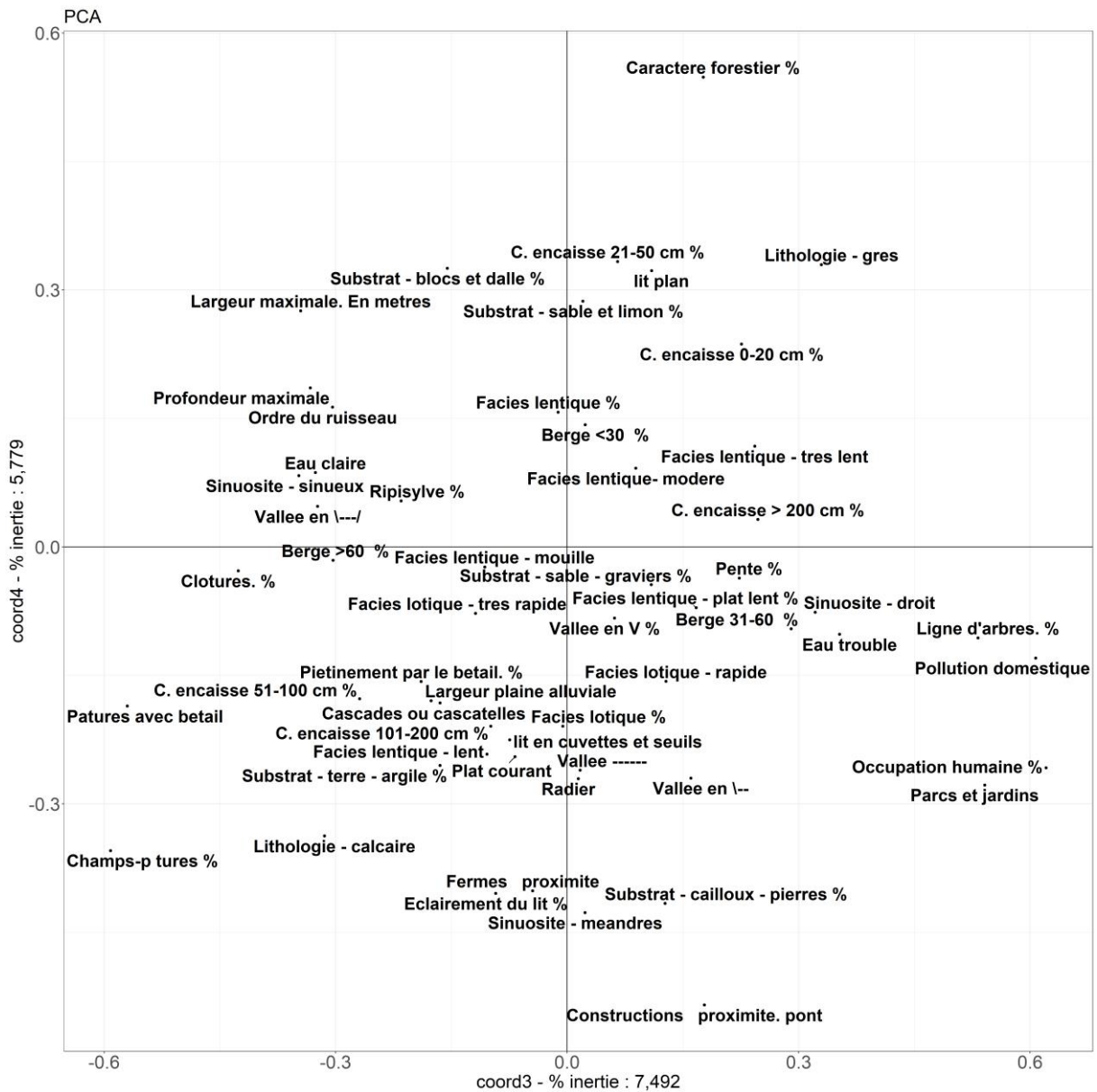


Figure 7. Analyse en composantes principales du fichier environnemental. Coordonnées des paramètres environnementaux sur les axes trois et quatre.

L'axe 3 oppose l'occupation humaine, la pollution domestique et autres paramètres qui en résultent à l'occupation des sites par l'agriculture, principalement en milieu calcaire. L'axe quatre oppose les milieux forestiers aux sites ouverts.

L'axe 5 oppose principalement les sites sur roches schisto-gréseuses aux roches calcaires. Avec les axes suivants, l'interprétation devient difficile.

### 3.1.2. Avec l'analyse non-symétrique des correspondances d'un tableau disjonctif simple

L'opération suivante consiste à transformer les tableaux bruts en tableaux disjonctifs simples et de soumettre ces tableaux à l'analyse non-symétrique des correspondances, qui est peu sensible à la superposition d'espèces rares dans un même relevé. Un test par permutations (10000 dans ce cas) permet de déterminer quelles sont les valeurs propres et les contributions relatives significatives.

La transformation ordinale s'effectue comme suit :

- pour les variables 0-1 ou 1-2-3, aucun changement ;
- pour la largeur de la plaine alluviale, cinq catégories : 0 mètre = **1**, de 1 à 10 mètres = **2**, de 11 à 50 mètres = **3**, de 51 à 100 mètres = **4** et plus de 100 mètres = **5** ;
- pour la largeur maximale du ruisseau, quatre catégories : jusqu'à un mètre = **1**, de 1,1 à 2,5 m = **2**, de 2,6 à 5 m = **3** et plus de 5 mètres = **4**
- pour la profondeur maximale du ruisseau, quatre catégories : jusqu'à 1 dm = **1**, de 1,1 à 5 dm = **2**, de 5,1 à 10 dm = **3** et plus de 1 m = **4**
- pour la pente : cinq catégories : jusqu'à 0,5% = **1**, de 0,6 à 1 % = **2**, de 1,1 à 2 % = **3**, de 2,1 à 5 % = **4** et supérieure à 5 % = **5** ;
- pour les variables exprimées en %, cinq catégories : **0**, de 1 à 25 % = **1**, de 26 à 50% = **2**, de 51 à 75 % = **3** et de 76 à 100 % = **4**.

Le tableau qui en résulte, alors transformé en tableau disjonctif simple, peut ainsi être directement analysé ou ajouté aux tableaux floristiques.

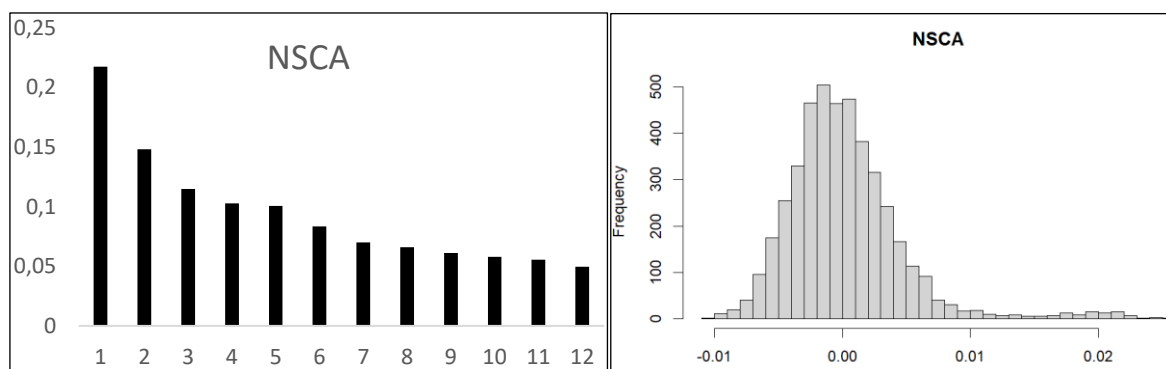


Figure 8. Analyse non-symétrique des correspondances du fichier environnemental. Douze premières valeurs propres et distribution des coefficients de distance.

Il y a une diminution rapide avec les trois premières valeurs propres, puis un plateau avec les quatre et cinq et une diminution progressive par la suite. Avec le test par permutation, les huit premières valeurs propres sont significatives.



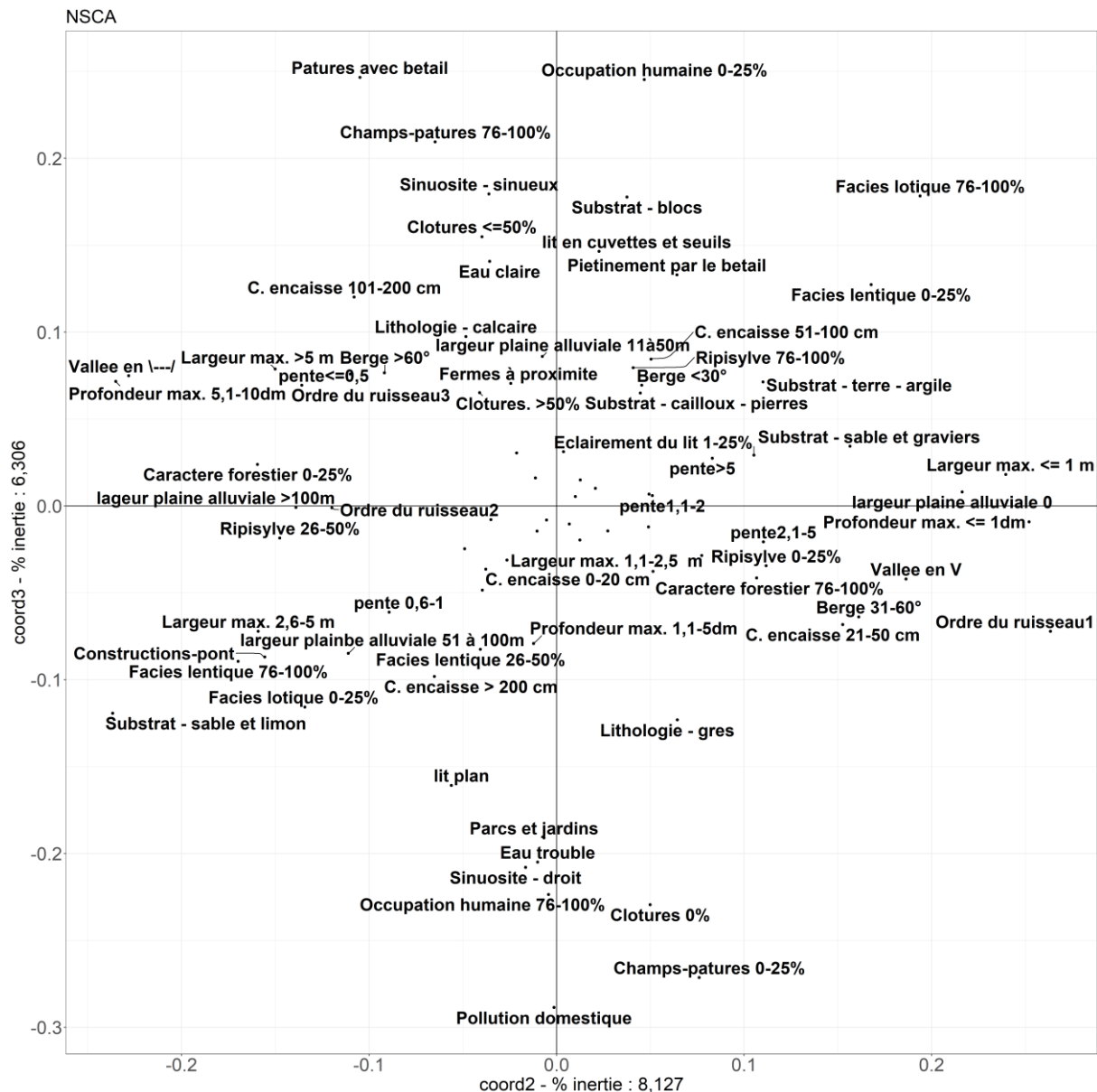


Figure 10. Analyse non-symétrique des correspondances du fichier environnemental disjonctif. Coordonnées des paramètres environnementaux sur les axes deux et trois.

L'axe 3 (figure 10) oppose la pollution domestique, l'occupation humaine, la présence de parcs et jardins dans la plaine alluviale, à la présence de champs-pâtures et à la présence de bétail en pâture pendant la bonne saison. Les paramètres statistiquement significatifs sont l'occupation humaine entre 76 et 100%, les traces de pollution domestique, la faible proportion de champs-pâtures et la présence de parcs et jardins. Encore une fois, on rejoint les résultats de l'analyse en composantes principales.

L'axe 4 nous montre que les constructions diverses ou les exploitations agricoles se trouvent dans les sites traversés par les ruisseaux en milieu lentique et que les sites en milieu lotique sont moins influencés par les activités humaines car plus souvent en milieu forestier.

L'axe 5 oppose les cours de ruisseau droits en milieu calcaire aux cours sinueux en milieu schisto-gréseux.

Les axes suivants deviennent plus difficiles à interpréter.

En conclusion, PCA et NSCA apportent des résultats comparables, ce qui est rassurant mais une NSCA d'un tableau disjonctif apporte plus de nuances grâce au découpage de variables continues en plus variables. Le tableau environnemental disjonctif sera inclus dans un grand tableau comprenant aussi les variables floristiques en vue d'une analyse factorielle multiple. La recherche de parallélisme entre la dispersion de variables floristiques et celle de variables environnementales sera possible sans aucune contrainte de modèles linéaires ou même curvilinéaires.

## 3.2. Analyse des fichiers physico-chimiques de l'eau

Les analyses portant sur les paramètres chimiques montrent, comme c'est généralement le cas, une grande variabilité le long des ruisseaux, mais aussi d'une année à l'autre. Cela est dû en partie à la nature des roches traversées (principalement schisto-gréseuse et calcaires) mais aussi aux diverses agressions subies par les ruisseaux, principalement par des eaux usées provenant des villages et de l'agriculture. Cette variabilité est beaucoup plus grande que celle de la végétation et demande une approche différente. Nous examinons d'abord les valeurs extrêmes observées. Ensuite nous suivons l'évolution des paramètres le long du Bocq et de ses affluents pour terminer par une approche beaucoup plus synthétique en analysant les corrélations entre les paramètres. Nous utilisons principalement nos analyses d'eau personnelles et complétons par les données fournies par le Service Public de Wallonie.

### 3.2.1. Suivi des paramètres physico-chimiques le long des cours d'eau

#### 3.2.1.1. Le long du Bocq

Les principales données sont présentées dans les figures 11 et 12.

Le pH de l'eau varie entre 7 près de la source jusqu'à 8,58 à Yvoir près de l'embouchure avec la Meuse, ce qui correspond à une conductivité de 313 à 514  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C, ou encore une alcalinité de 74 à 142 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , une dureté totale de 112 à 267 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , une concentration en calcium de 27,9 à 73,1 mg/l, de magnésium de 10 à 16,5 mg/l. La concentration en phosphate montre une très forte variation, de 0 à 1 mg/l de  $\text{PO}_4^{3-}$ , celle d'ammonium, de 0,1 à 0,93 mg/l de  $\text{NH}_4^+$ , celle de nitrite de 0,03 à 0,5 mg/l  $\text{NO}_2^-$  le plus souvent, avec une seule valeur extrême de 1 mg/l (voir figure 6). La concentration de nitrate varie moins fortement, avec des extrêmes de 0 à 33 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Pour les autres paramètres, on note des concentrations en sulfate de 13,86 à 39 mg/l de  $\text{SO}_4^{2-}$ , en chlorure de 14,63 à 39 mg/l  $\text{Cl}^-$ , en sodium de 4,186 à 25 mg/l  $\text{Na}^+$ , en potassium de 0,7 à 3,011 mg/l  $\text{K}^+$ . Le pourcentage de saturation en oxygène est faible près de la source à Scy (débit faible, pente douce, au milieu de pâtures) pour dépasser les 50 % dans tous les autres sites, avec une eau parfois saturée en oxygène à hauteur de Purnode et en amont de Bauche.

Le profil du phosphate (figure 11) montre dans tous les cas de fortes concentrations au milieu du cours (environs d'Emptinne, Braibant et Yvoir) et de fortes variations ponctuelles dans le cours supérieur (à Scy, Mohiville, Achet) ; ces fortes concentrations correspondent aux rejets des eaux usées des villages. Les profils du

nitrate (figure 11) sont moins contrastés mais avec une tendance à l'augmentation d'amont vers l'aval. L'ammonium (figure 12) est surtout abondant dans le cours supérieur, beaucoup plus agricole que le cours inférieur tandis que les pics de nitrite (figure 6) apparaissent dans le cours moyen ou supérieur ; le nitrite provient de l'oxydation de l'ammonium et se manifeste avec un certain retard par rapport à ce dernier.

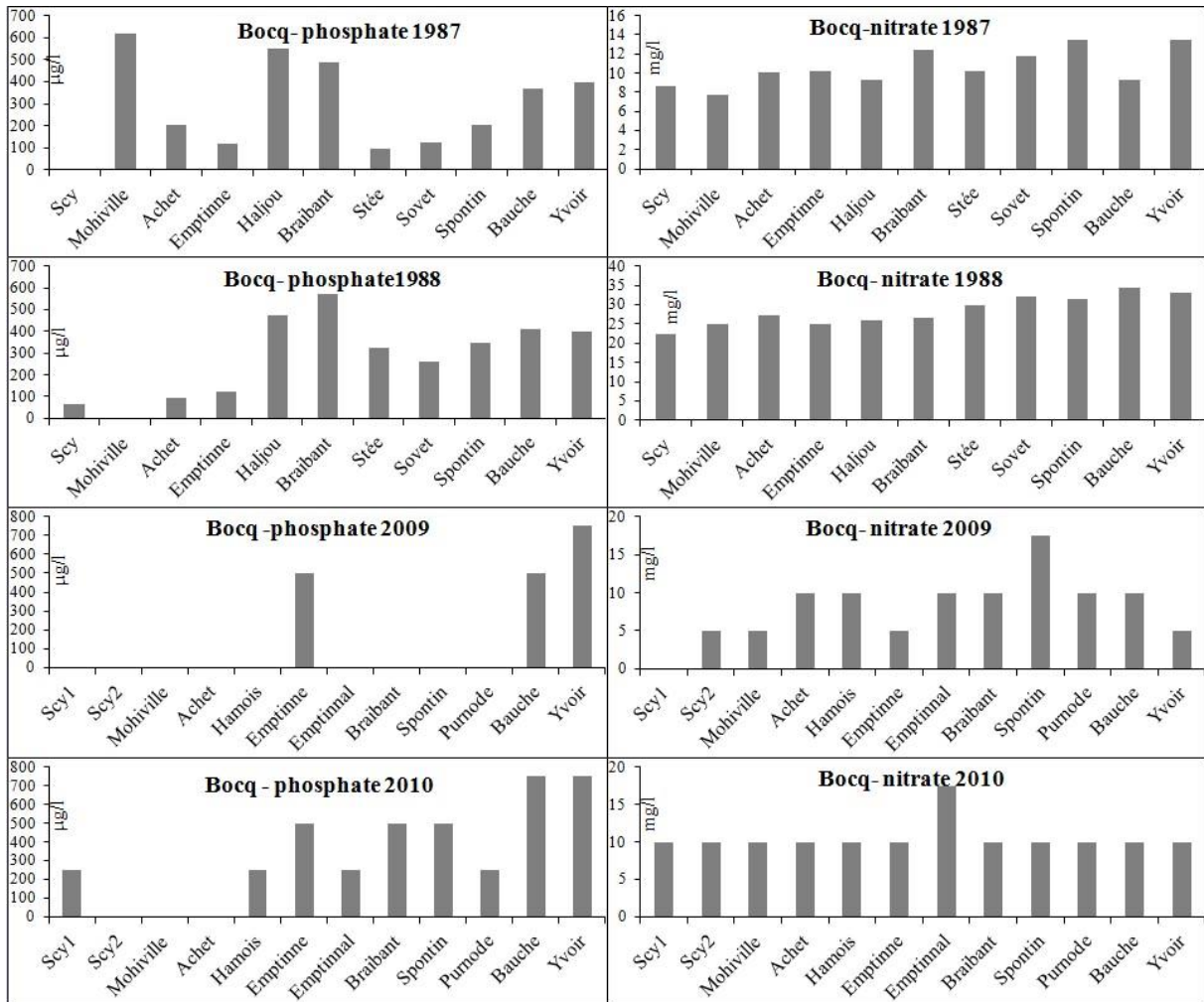


Figure 11. Evolution de la concentration en orthophosphate ( $\mu\text{g/l PO}_4^{3-}$ ) et en nitrate ( $\text{mg/l NO}_3^-$ ) le long du Bocq, dans 11 stations en 1987 et 1988 et dans 12 stations en 2009 et 2010.

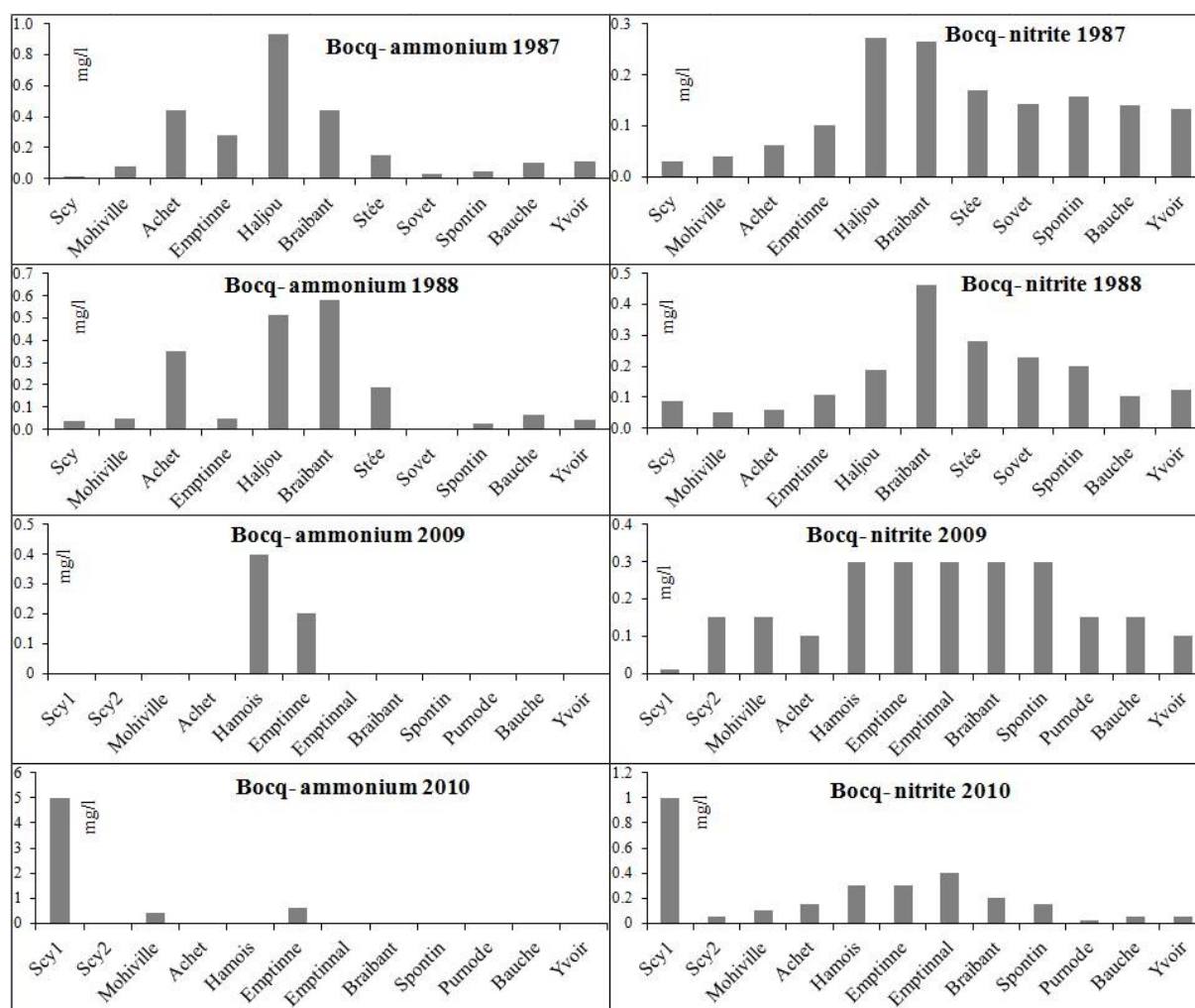


Figure 12. Evolution de la concentration en ammonium (mg/l  $\text{NH}_4^+$ ) et en nitrite (mg/l  $\text{NO}_2^-$ ) le long du Bocq, dans 11 stations en 1987 et 1988 et dans 12 stations en 2009 et 2010.

Les données du SPW pour la station d'Yvoir sont les suivantes. La température de l'eau descend jusqu'à 0,4°C pendant les hivers les plus froids (en février 2012), mais s'élève en été jusqu'à 27,1°C (en 1998), avec des moyennes annuelles assez stables autour de 10°C. D'autres paramètres sont naturellement très variables comme le débit (moyenne annuelle fluctuant entre 1,076 et 3,568  $\text{m}^3/\text{s}$ ) ou les matières en suspension (moyenne annuelle entre 9 et 46 mg/l et des extrêmes compris entre 1 et 476 mg/l). Les mesures se rapportant aux autres paramètres sont du même ordre de grandeur que nos propres analyses. En se basant sur les analyses d'une vingtaine d'années (jusqu'à fin 2013), on note, toujours à Yvoir, une diminution dans le temps des concentrations moyennes annuelles du carbone organique dissous, de l'ammonium, du nitrite et de l'orthophosphate soluble, ce qui est probablement le résultat des efforts faits en matière d'épuration des eaux. Mais en descendant le Bocq entre Emptinne et Yvoir, on constate, avec des données partielles de 2007 et 2008, une diminution de l'ammonium et du nitrite, mais une augmentation du phosphate et du chlorure. En 2013, dans les mêmes quatre stations, l'azote ammoniacal diminue depuis Emptinne jusqu'à Purnode puis augmente à nouveau ; par contre, le nitrite diminue bien de l'amont vers l'aval. En 2013 toujours, l'orthophosphate est stable dans les trois stations supérieures, puis augmente à Yvoir ; le chlorure et le carbone dissous sont cette fois stables. Globalement, c'est la station de Purnode qui présente la meilleure qualité d'eau.

### 3.2.1.2. Le long du ruisseau de Crupet

Le pH de l'eau varie entre 7,43 près de la source jusqu'à 8,5 sur le reste du cours, ce qui correspond à une conductivité de 357 à 602  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C, ou encore une alcalinité de 53 à 226  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{CaCO}_3$ , une dureté totale de 153 à 361  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{CaCO}_3$ , une concentration en calcium de 43,2 à 114,82  $\text{mg}/\text{l}$ , de magnésium de 8,687 à 20  $\text{mg}/\text{l}$ . La concentration en phosphate montre une très forte variation, de 0 à 1,5  $\text{mg}/\text{l}$  de  $\text{PO}_4^{--}$ , celle d'ammonium, de 0 (non mesurable) à 1,5  $\text{mg}/\text{l}$  de  $\text{NH}_4^+$ , celle de nitrite de 0,03 à 1,5  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{NO}_2^-$ . Les concentrations en nitrate varient moins fortement, avec des extrêmes de 5 à 38  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{NO}_3^-$ . Pour les autres paramètres, on note des concentrations en sulfate de 14,47 à 38,24  $\text{mg}/\text{l}$  de  $\text{SO}_4^-$ , en chlorure de 13,54 à 40,24  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{Cl}^-$ , en sodium de 6,46 à 22  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{Na}^+$ , en potassium de 1,5 à 2,659  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{K}^+$ . Le pourcentage de saturation en oxygène est le plus faible à la sortie d'Assesse (33,87% en 2010) et le plus élevé dans le fond du cours (90,83 % en 2010).

Le profil du phosphate (figures 13 et 14) montre partout de fortes concentrations, que l'on soit en milieu agricole ou en aval des villages d'Assesse et de Crupet. Les profils du nitrate (figures 7 et 8) sont moins contrastés mais plusieurs sites montrant des concentrations égales ou supérieures à 25  $\text{mg}/\text{l}$ . L'ammonium est surtout abondant à la sortie d'Assesse. Le nitrite est assez abondant partout, avec souvent un pic à hauteur d'Assesse mais il est aussi parfois très abondant dans le cours inférieur.

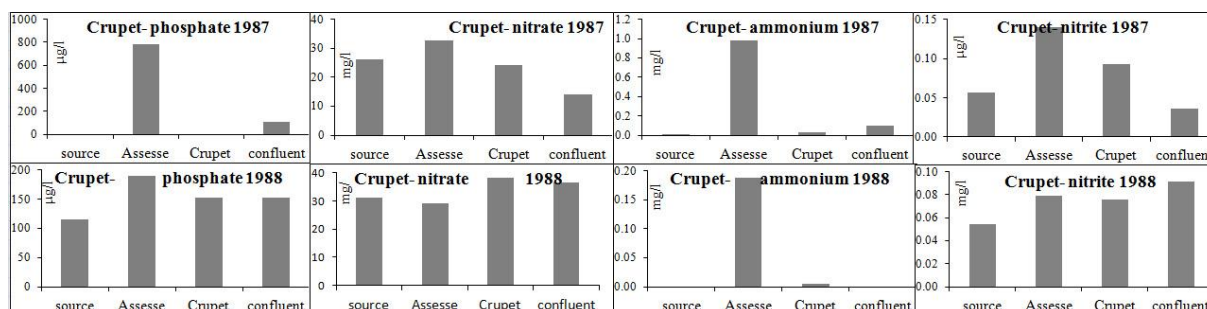


Figure 13. Evolution de la concentration en phosphate, nitrate ( $\text{mg}/\text{l}$   $\text{NO}_3^-$ ), ammonium ( $\text{mg}/\text{l}$   $\text{NH}_4^+$ ) et en nitrite ( $\text{mg}/\text{l}$   $\text{NO}_2^-$ ) le long du ruisseau de Crupet, dans 4 stations en 1987 et 1988.

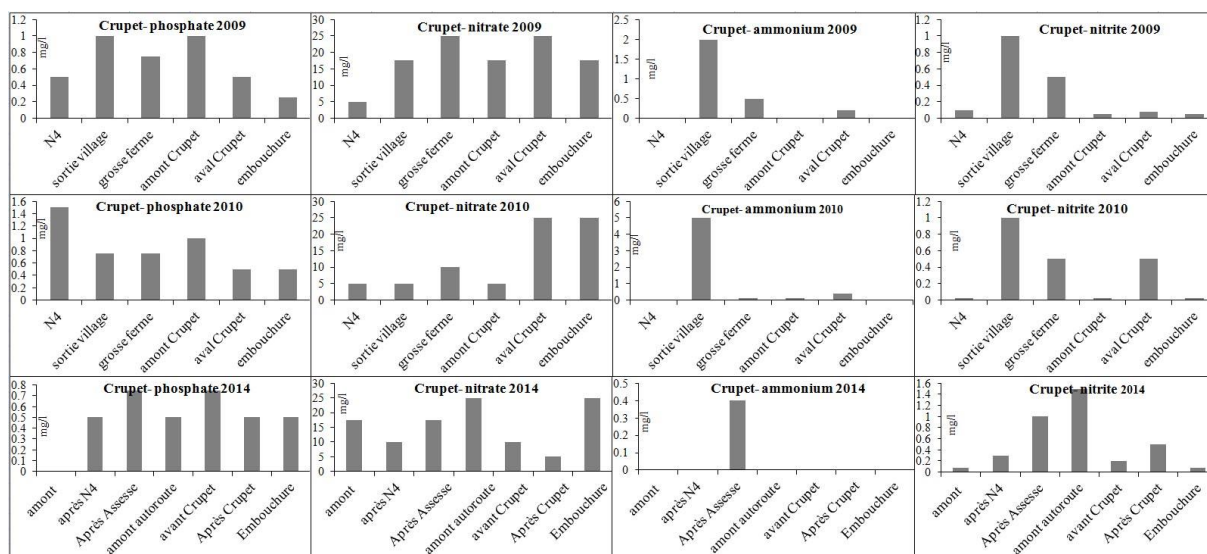


Figure 14. Evolution de la concentration en phosphate (mg/l  $\text{PO}_4^{+++}$ ), nitrate (mg/l  $\text{NO}_3^-$ ), ammonium (mg/l  $\text{NH}_4^+$ ) et en nitrite (mg/l  $\text{NO}_2^-$ ) le long du ruisseau de Crupet, dans 6 et 7 stations en 2009, 2010 et 2014.

Avec les analyses du SPW faites en 2013 à Assesse (cinq analyses de février à novembre), la concentration en ammonium varie entre 0,03 et 0,432 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , celle d'orthophosphate entre 0,21 et 0,64 mg/l  $\text{PO}_4^{+++}$ , celle de nitrate entre 22,4 et 29,8 mg/l  $\text{NO}_3^-$  et celle de nitrite entre 0,072 et 0,345 mg/l  $\text{NO}_2^-$ .

Quelques analyses complémentaires ont été faites en 2014 dans deux petits affluents de la rive droite du ruisseau de Crupet : le ruisseau de Saint-Martin qui prend sa source en contrebas du hameau d'Yvoi et coule au milieu de pâtures et le ruisseau de Vovesène qui prend sa source en contrebas du village de Maillen et coule entre champs et pâtures.

Dans le ruisseau de Saint-Martin, l'eau est dure (320 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ), avec un pH de 8, des concentrations très élevées en phosphate (1,5 mg/l) et en nitrite (0,6 mg/l  $\text{NO}_2^-$ ), pas d'ammonium ni de nitrate décelé. Dans le ruisseau de Vovesène, la dureté totale est de 267 mg/l  $\text{CaCO}_3$  à la sortie de la mare située à mi-parcours. En 2015, elle est de 331 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , avec 0,25 mg/l de phosphate, 0,3 mg/l de nitrite, 0,25 mg/l de nitrate, l'ammonium étant en très faible quantité (non mesurable) ; le pH est compris entre 7 et 7,5. Il y a donc une contamination par des eaux usées venant de Courrière.

### ***3.2.1.3. Le long du Ry d'Vesse***

Dans le Ry d'Vesse (figure 15), il n'y a des données qu'à partir de 2009. Ce ruisselet ou petit ruisseau coule, sur la plus grande partie de son cours, entre un colline gréseuse boisée d'un côté et des champs ou pâtures de l'autre ; il traverse aussi le même massif boisé sur une petite partie de son cours, dans lequel une partie de la plaine alluviale a été mise à blanc. L'eau y est donc relativement douce, avec une dureté totale variant peu, entre 103,2 et 135,3 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Le pH varie de 7 à 8 mais reste souvent proche de 7. Le débit du ruisseau est faible et le pourcentage de saturation en oxygène n'est jamais très élevé, sauf dans le cours inférieur, avant l'entrée dans le village de Crupet (en 2009) et dans la traversée du bois en 2010 (valeur proches ou supérieures à la saturation).

Ce sont surtout les profils des phosphate, nitrate, ammonium et nitrite qui retiennent notre attention. Il n'y a pas de donnée pour la source en 2009, à sec à la suite d'un été chaud. Le phosphate est bien présent presque partout, il est bien présent dans le site d'Insefy et dans le village de Crupet mais sa concentration est élevée également dans la traversée du bois, probablement suite à la mise à blanc d'une partie de la plaine alluviale. Le nitrate fluctue peu et est influencé par Insefy et Crupet en 2009. L'ammonium est abondant dans Crupet mais aussi à la sortie du bois en 2009. Le nitrite se manifeste aussi à Insefy et à Crupet.

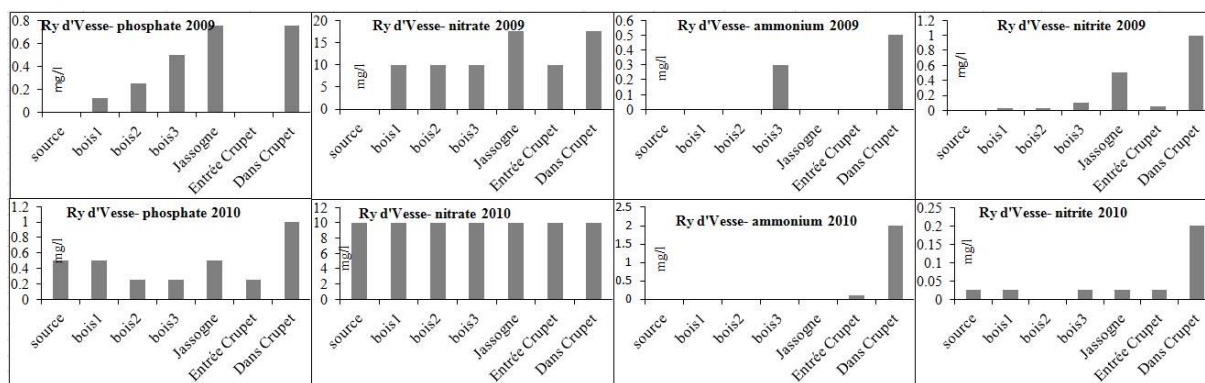


Figure 15. Evolution de la concentration en phosphate (mg/l  $PO_4^{+++}$ ), nitrate (mg/l  $NO_3^-$ ), ammonium (mg/l  $NH_4^+$ ) et en nitrite (mg/l  $NO_2^-$ ) le long du Ry d'Vesse, dans 6 et 7 stations en 2009 et 2010.

### 3.2.1.4. Le long du ruisseau de Leignon

Le ruisseau de Leignon prend sa source dans le grand massif boisé de Pessoux, sur une crête gréseuse puis coule vers le village de Chapois où il reçoit les eaux usées. Il traverse ensuite les agglomérations de Leignon et Ciney.

Le pH de l'eau varie entre 7,76 près de la source et diminue un peu ensuite, jusqu'à 7,57, ce qui correspond à une conductivité de 232 à 529  $\mu S/cm$  à 20°C, ou encore une alcalinité de 40 à 188 mg/l  $CaCO_3$ , une dureté totale de 124 à 295 mg/l  $CaCO_3$ , une concentration en calcium de 27 à 85,72 mg/l, de magnésium de 0,006 à 20 mg/l. La concentration en phosphate (figure 16) montre une très forte variation, de 0 à 0,812 mg/l de  $PO_4^{---}$ , celle d'ammonium, de 0 (non mesurable) à 1,263 mg/l de  $NH_4^+$ , celle de nitrite de 0,008 à 1 mg/l  $NO_2^-$ . Les concentrations en nitrate varient moins fortement, avec des extrêmes de 0 à 43 mg/l  $NO_3^-$ . Pour les autres paramètres, on note des concentrations en sulfate de 11,84 à 33,5 mg/l de  $SO_4^{--}$ , en chlorure de 13,54 à 40,24 mg/l  $Cl^-$ , en sodium de 3,61 à 18,5 mg/l  $Na^+$ , en potassium de 0 à 3,089 mg/l  $K^+$ . Le pourcentage de saturation en oxygène n'atteint jamais la saturation et varie de 66,24 % à 81.66 %.

En 1987 et 1988, les paramètres montraient d'une manière générale une augmentation régulière de l'amont vers l'aval (sauf le sulfate) mais en 2009 et 2010, la situation a changé et des paramètres comme l'ammonium et le nitrite sont au maximum à hauteur de Chapois et Leignon et puis régressent fortement. Le phosphate est abondant à partir de Chapois mais fluctue de manière irrégulière.

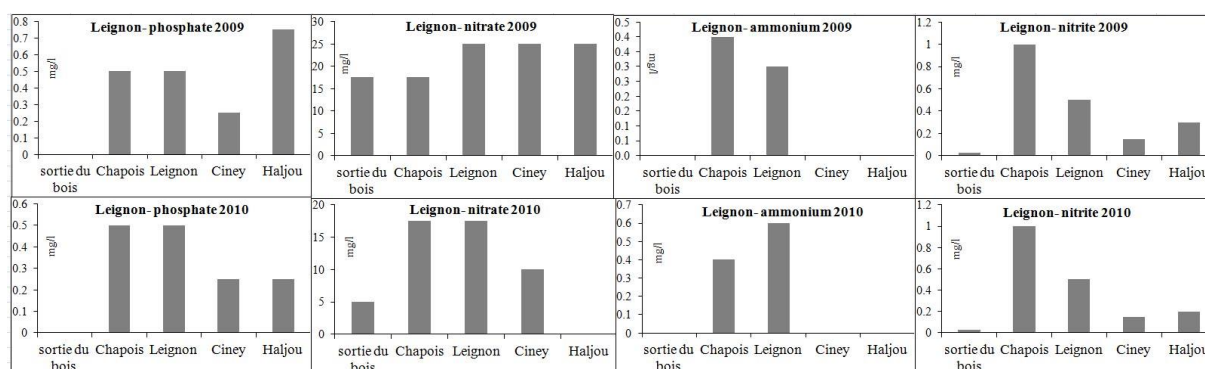


Figure 16. Evolution de la concentration en phosphate (mg/l  $PO_4^{+++}$ ), nitrate (mg/l  $NO_3^-$ ), ammonium (mg/l  $NH_4^+$ ) et en nitrite (mg/l  $NO_2^-$ ) le long du ruisseau de Leignon, en 2009 et 2010.

Avec les analyses du SPW faites en 2013 à Ciney (cinq analyses de février à novembre), la concentration en ammonium varie entre 0,054 et 0,154 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , celle d'orthophosphate entre 0,095 et 0,294 mg/l  $\text{PO}_4^{+++}$ , celle de nitrate entre 27,79 et 36,8 mg/l  $\text{NO}_3^-$  et celle de nitrite entre 0,07 et 0,227 mg/l  $\text{NO}_2^-$ .

### ***3.2.1.5. Le long du Petit Bocq***

Le pH de l'eau varie entre 6,93 près de la source jusqu'à 7,69 sur le reste du cours, avec une conductivité de 414 à 539  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C, ou encore une alcalinité de 94 à 136 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , une dureté totale de 267 à 313 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , une concentration en calcium de 60,3 à 72,5 mg/l, de magnésium de 9,0 à 26 mg/l. La concentration en phosphate montre une très forte variation, de 0 (non mesurable) à 0,5 mg/l de  $\text{PO}_4^{---}$ , celle d'ammonium, de 0 à 0,467 mg/l de  $\text{NH}_4^+$ , celle de nitrite de 0,05 à 0,2 mg/l  $\text{NO}_2^-$ . Les concentrations en nitrate varient aussi fortement, avec des extrêmes de 5 à 31 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Pour les autres paramètres, on note des concentrations en sulfate de 19,74 à 35,53 mg/l de  $\text{SO}_4^{--}$ , en chlorure de 18,27 à 41,58 mg/l  $\text{Cl}^-$ , en sodium de 5,45 à 18,5 mg/l  $\text{Na}^+$ , en potassium de 2,3 à 5,67 mg/l  $\text{K}^+$ . Le pourcentage de saturation en oxygène varie assez peu, de 69,4 à 82,8 %.

Avec les analyses du SPW faites en 2013 à Braibant (cinq analyses de février à novembre), la concentration en ammonium varie très fortement entre 0,031 et 1,130 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , celle d'orthophosphate entre 0,226 et 0,564 mg/l  $\text{PO}_4^{+++}$ , celle de nitrate entre 16,77 et 30,77 mg/l  $\text{NO}_3^-$  et celle de nitrite entre 0,059 et 0,276 mg/l  $\text{NO}_2^-$ .

### ***3.2.1.6. Le long du Biron***

En 1987, les eaux du ruisseau de Biron étaient brunes et nauséabondes près de la confluence avec le Bocq. Plusieurs paramètres montraient des valeurs anormalement élevées (phosphate avec 2,256 mg/l  $\text{PO}_4^{---}$ , ammonium avec 3,256 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , nitrite avec 1,319 mg/l  $\text{NO}_2^-$  ou encore de sodium avec 40,56 mg/l). De 2009 à 2014, la situation est nettement améliorée et dans la section longeant la station d'épuration d'Haljou, l'eau est claire et ne dégage plus d'odeur particulière.

En 2014, près de la source, à hauteur de la ferme de Véhir, la dureté totale est de 182  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C, augmente rapidement et se stabilise aux environs de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C : le pH est de 7,5 et monte à 8 à Haljou. Le phosphate est non mesurable dans le cours supérieur mais passe à 0,5 mg/l  $\text{PO}_4^{---}$  à partir de Ciney (à hauteur de l'Ecole Provinciale d'Agriculture). L'ammonium est non mesurable le long de tout le cours mais ce ruisseau est surtout caractérisé par une forte concentration en nitrite : de 0,15 mg/l  $\text{NO}_2^-$  à Véhir, elle passe à 0,6 mg/l à Biron et à 1 mg à Ciney pour redescendre à 0,6 mg à Haljou. La concentration en nitrate est la plus élevée à Biron avec 25 mg/l, elle est de 17,5 mg/l environ dans les trois autres sites.

### ***3.2.1.7. Le long des ruisseaux de Skeuvre, d'Asneux et de Sovet***

Dans le ruisseau de Skeuvre, en 2014, la dureté totale est de 182  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C et augmente progressivement pour atteindre 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à Champion. Le pH est égal ou un peu supérieur à 7,5 sauf à quelques

centaines de mètres de la source, après que le ruisseau a traversé une pâture. L'ammonium est non mesurable à la source mais passe à 0,6 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , dans la pâture suivante, redescend dans le village de Schaltin à 0,4 mg/l et est à nouveau non mesurable par la suite. La concentration en phosphate est de 0,25 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$  dans la partie supérieure du ruisseau et monte à 0,5 mg/l à partir de Schaltin. Comme dans le ruisseau de Biron, la concentration en nitrite est élevée partout : elle passe de 0,5 mg/l  $\text{NO}_2^-$  à la source pour monter à 1 mg/l dans le village de Schaltin et diminue jusqu'à 0,3 mg/l à Champion. La concentration en nitrate varie entre 17,5 et 25 mg/l.

Le ruisseau d'Asneux coule d'abord entre des habitations et les concentrations en ammonium et phosphate y sont énormes, avec plus de 6 mg/l  $\text{NH}_4^+$  et environ 5 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$ . Dans la partie inférieure du ruisseau, la concentration en nitrite est aussi élevée avec environ 0,5 mg/l  $\text{NO}_2^-$ .

L'eau du ruisseau de Sovet, en aval de la station d'épuration, est relativement douce (135 mg  $\text{CaCO}_3$ ), peu chargée en ammonium (concentration non mesurable) ou en nitrite (0,05 mg/l) mais présente une forte concentration en phosphate (2 mg/l de  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Encore une fois, la station d'épuration recevant les eaux usées, d'origine domestique et agricole du village de Sovet, est efficace en matière d'azote mais pas en ce qui concerne le phosphore.

### **3.2.2. Analyses synthétiques des corrélations entre les paramètres physico-chimiques**

#### **3.2.1.1. Analyses de 1987**

Avec les corrélations entre les paramètres (figures 17 et 18), les résultats sont clairs. Sur le premier axe de l'analyse en composantes principales, on voit l'opposition entre :

- quelques sites proches des sources (Scy, source du ruisseau de Crupet, proximité de la source du ruisseau de Leignon et quelques autres en aval) avec une dureté totale (et autres paramètres de la minéralité habituellement corrélés) faible et une concentration élevée en sodium ;

- les autres sites avec une eau plus fortement minéralisée.

Le second axe oppose les sites d'Haljou et son voisin aval de Braibant, les sites d'Assesse (ruisseau de Crupet) et de Ciney (ruisseau de Leignon). C'est dans ces sites que les concentrations en ammonium, phosphate, et nitrite sont très élevées ensemble. A Haljou et Braibant, on se trouve juste en aval des ruisseaux de Biron et de Ciney très pollués à cette époque.

L'axe trois oppose quelques sites riches en chlorures de sodium et potassium (Scy, source du ruisseau de Crupet, Petit Bocq à Maibelle et ruisseau de Leignon à Ciney) et l'ensemble des autres. On se trouve en milieu soit uniquement agricole, soit à la fois agricole et habité.

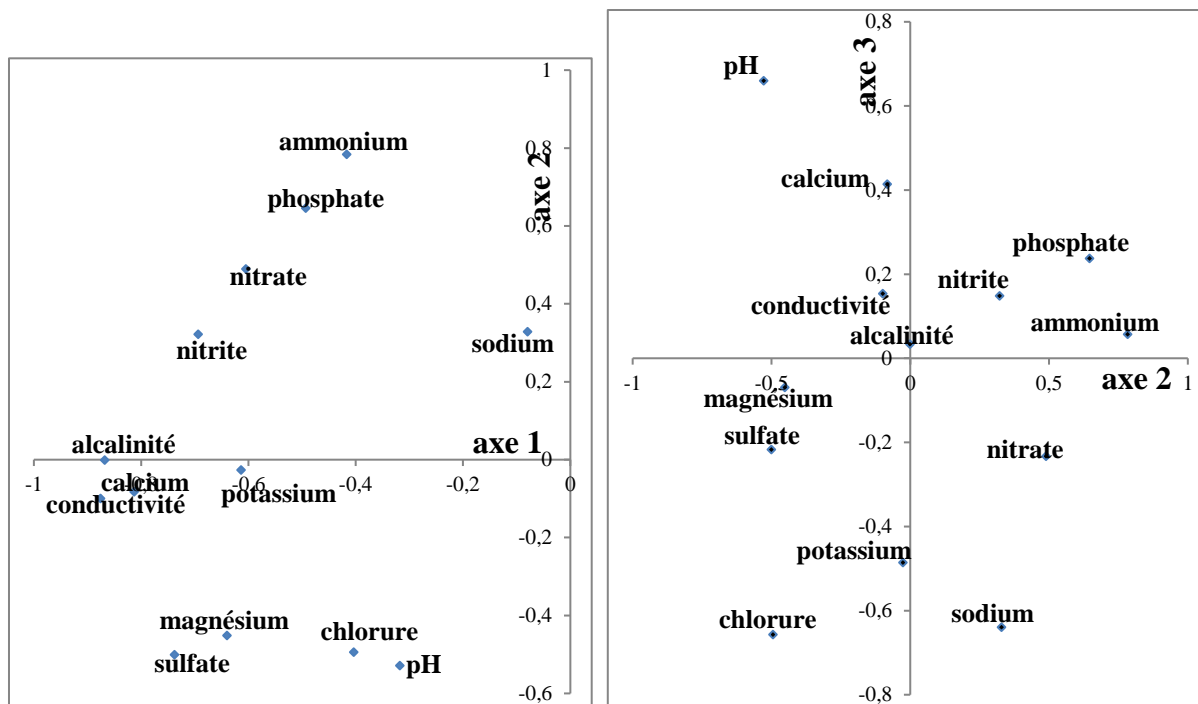


Figure 17. Analyse en composantes principales du fichier de quelques paramètres physico-chimiques dans 21 sites, en 1987. Axes 1 et 2 et axes 2 et 3.

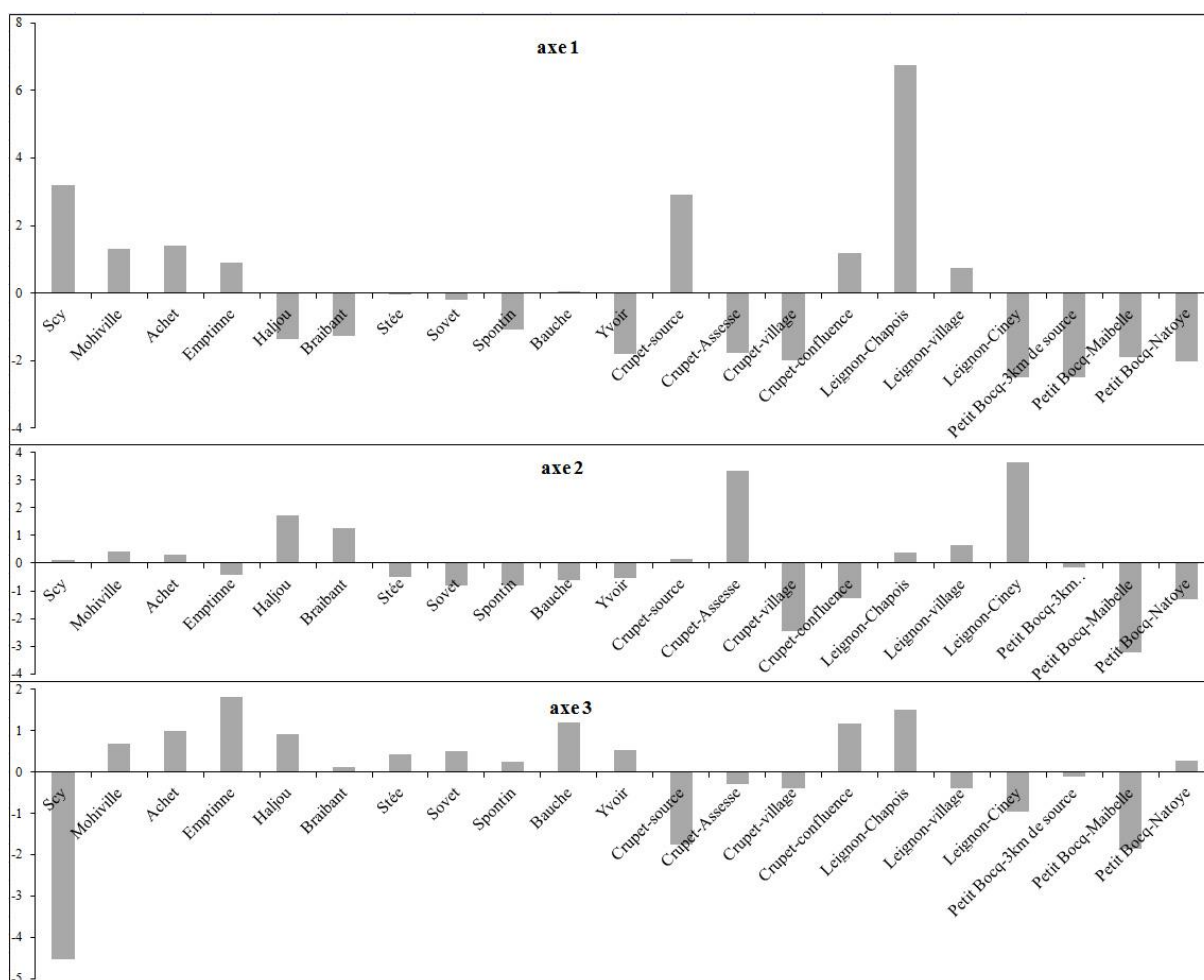


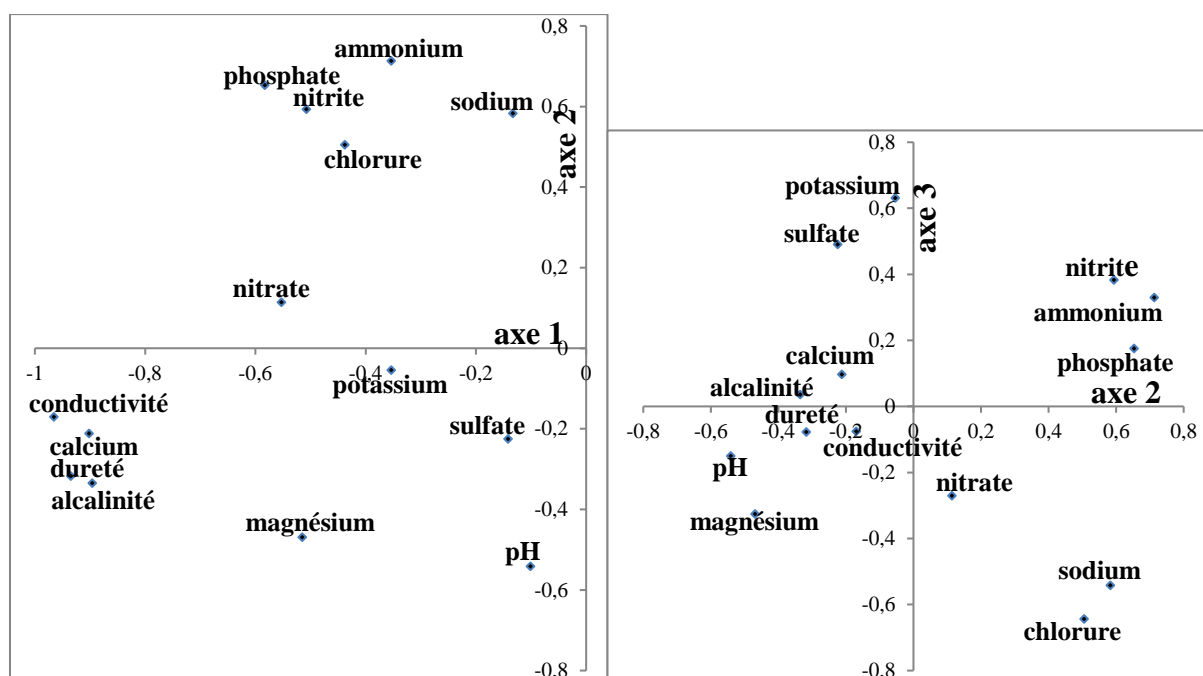
Figure 18. Analyse en composantes principales du fichier de quelques paramètres physico-chimiques dans 21 sites, en 1987. Coordonnées des sites sur les axes 1 à 3.

### 3.2.1.3. Analyses de 1988

Le premier axe de l'analyse en composantes principales (figures 19 et 20) des données de 1988 est comparable à celle des données de 1987 avec les mêmes sites de source ou proches de ces sources montrant des concentrations élevées en sodium et sulfate principalement.

Le deuxième axe oppose nettement les sites les plus pollués par l'ammonium, le nitrite, le phosphate, sodium et chlorure (Scy, Braibant, Leignon village et Ciney) et l'ensemble des autres, moins contaminés. Il y a aussi une certaine similitude avec le deuxième axe de l'analyse de 1987.

Le long du troisième axe, on observe une forte incidence du chlorure de sodium, qui est nette pour la source du Bocq à Scy et le ruisseau de Crupet. C'est très semblable à ce que l'on a observé en 1987.



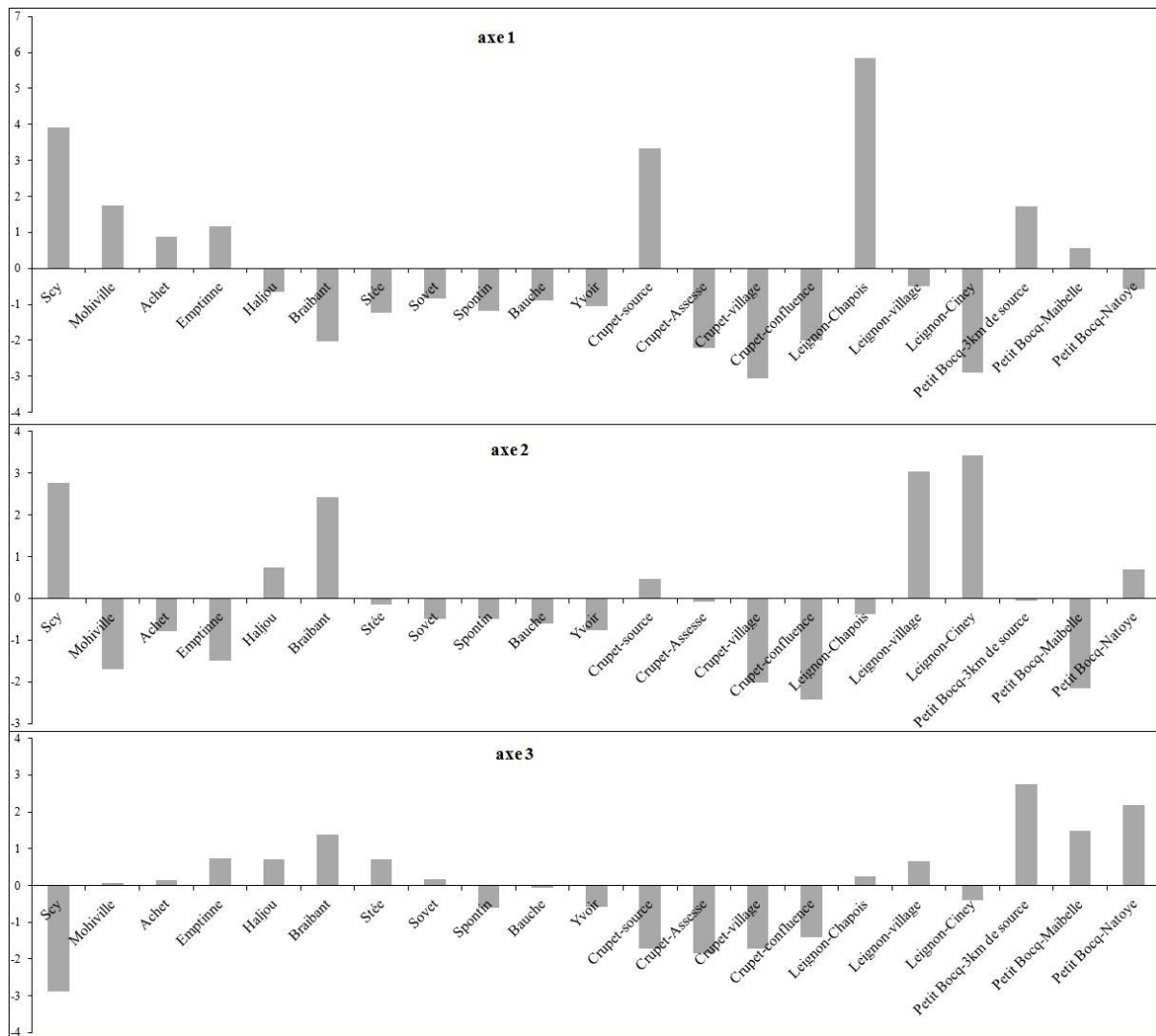


Figure 20. Analyse en composantes principales du fichier de quelques paramètres physico-chimiques dans 21 sites, en 1988. Coordonnées des sites sur les axes 1 à 3.

### 3.2.1.3. Analyses de 2009 et 2010

En 2009 (figures 21 et 22), la source du Ry d'Vesse n'a pas été reprise dans ces analyses car elle était à sec.

L'axe 1 montre clairement les sites qui présentent les concentrations les plus fortes, à la fois en ammonium, nitrite, phosphate et nitrate. Ce sont les stations du Ry d'Vesse dans sa traversée du site d'Insefy (hameau de Jassogne) et du village de Crupet, du ruisseau de Crupet à la sortie du village d'Assesse et dans la station suivante près d'une grosse ferme.

L'axe 2 révèle les sites avec la plus forte dureté totale, soit le cours inférieur du Bocq, les sites du Leignon et la partie inférieure du Petit Bocq ; ce sont aussi les eaux les mieux oxygénées.

Avec l'axe 3, on voit clairement la corrélation entre la concentration en nitrate et en oxygène.

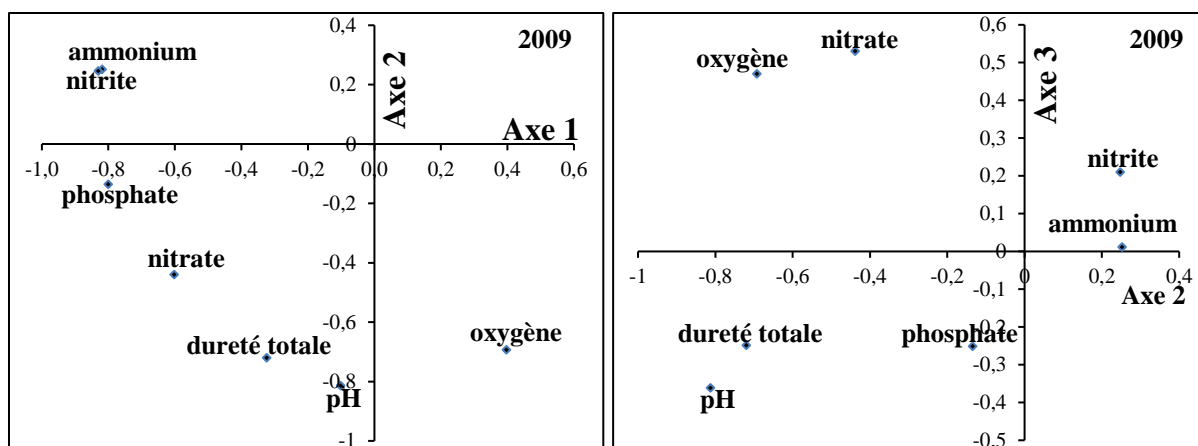


Figure 21. Analyse en composantes principales du fichier des principaux paramètres physico-chimiques dans 33 sites, en 2009.

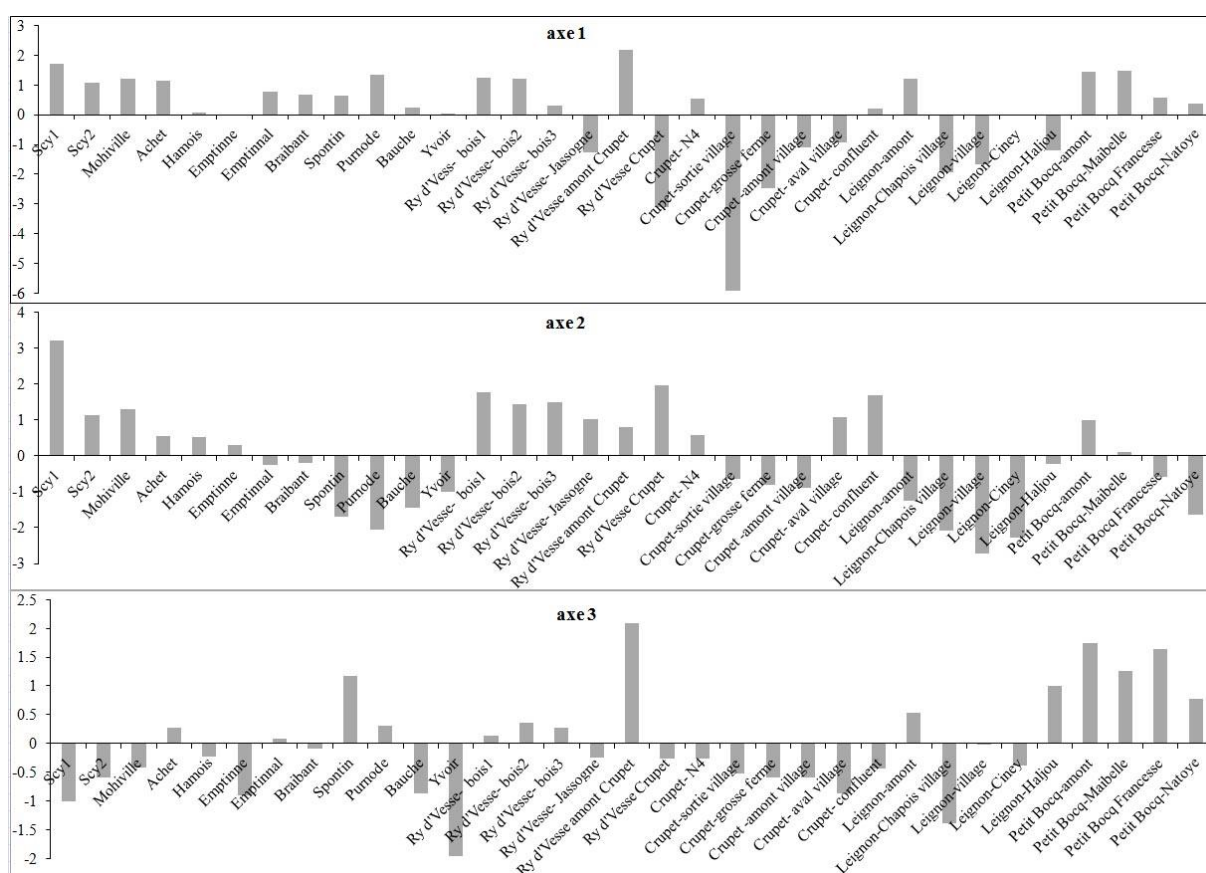


Figure 22. Analyse en composantes principales du fichier de quelques paramètres physico-chimiques dans 33 sites, en 2009. Coordonnées des sites sur les axes 1 à 3.

En 2010, l'axe 1 (figures 23 et 24) oppose cette fois quelques sites présentant ensemble des fortes concentrations en ammonium et nitrite (Scy près de la source, Ry d'Vesse à Crupet, ruisseau de Crupet à la sortie d'Assesse, ruisseau de Leignon à Chapois et Leignon). Les autres sites sont les mieux oxygénés. Cet axe est donc comparable au premier axe de l'analyse de 2009 mais cette fois ce sont surtout l'ammonium et le nitrite qui l'emportent.

Avec l'axe 2, ce sont à nouveau les eaux les moins minéralisées qui sont mises en évidence, principalement le site de Scy près de la source et les relevés du Ry d'Vesse situés au pied d'une crête schisto-gréseuse.

L'axe 3 est cette fois principalement influencé par les fortes concentrations en nitrate à Emptinnal, à la sortie du village de Crupet et à la confluence avec le Bocq, dans le ruisseau de Leignon à Chapois et Leignon.

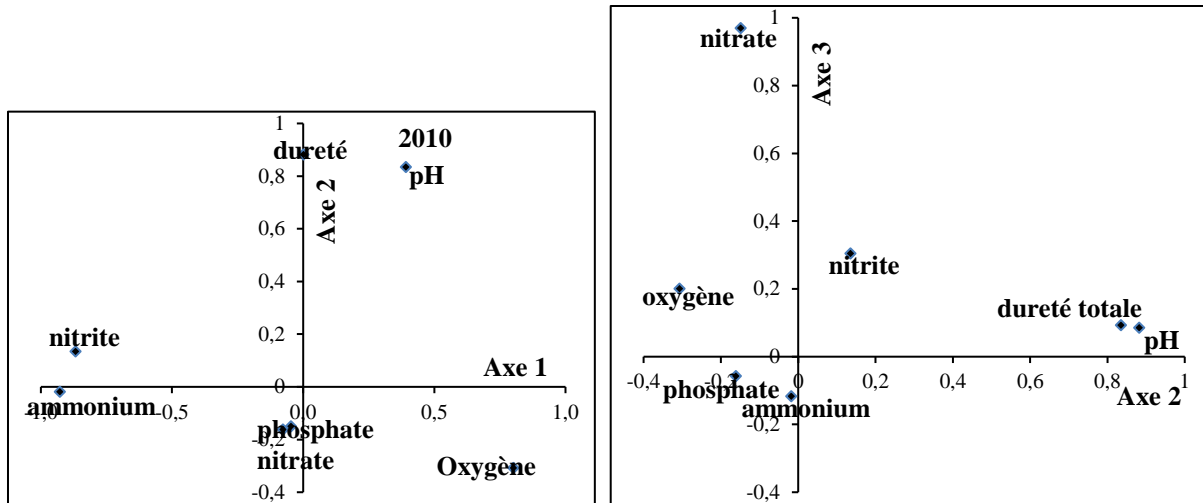


Figure 23. Analyse en composantes principales du fichier des principaux paramètres physico-chimiques dans 33 sites, en 2010.

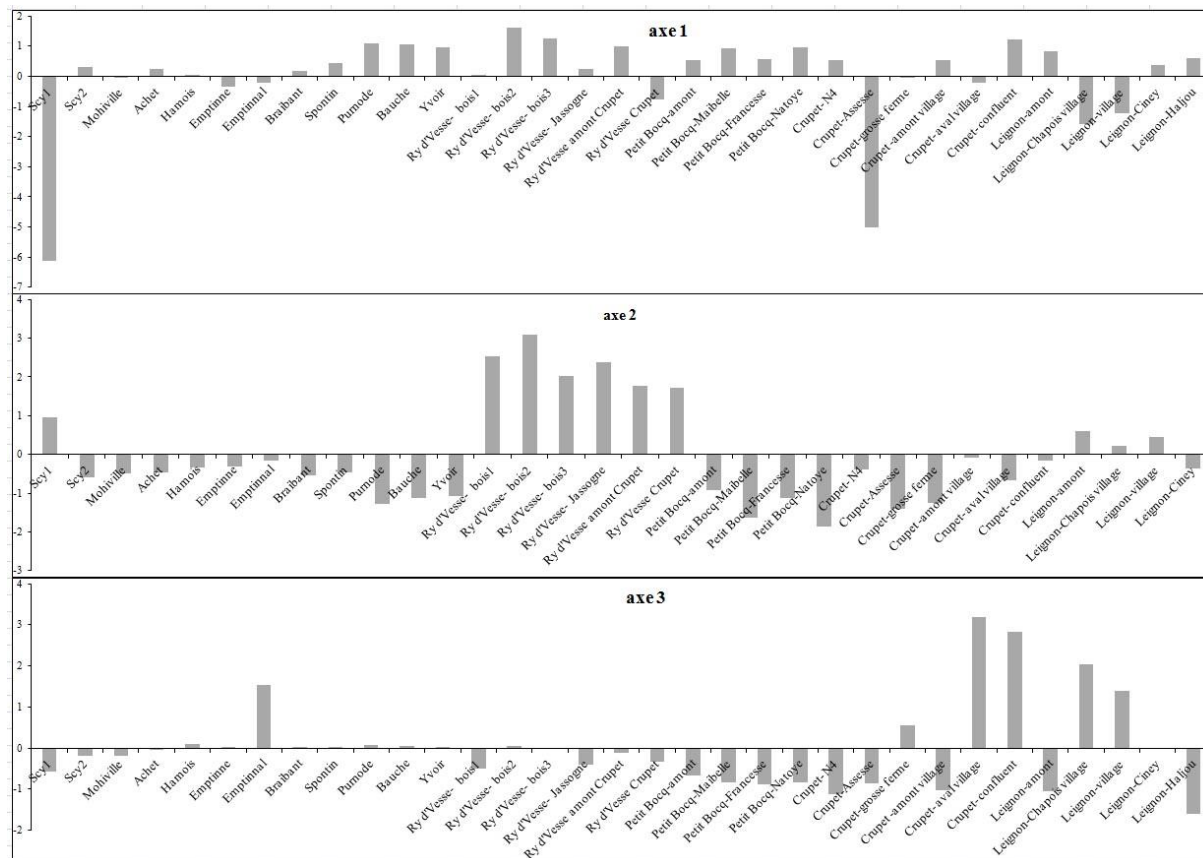


Figure 24. Analyse en composantes principales du fichier de quelques paramètres physico-chimiques dans 33 sites, en 2010. Coordonnées des sites sur les axes 1 à 3.

Les analyses de 2009 et 2010 montrent exactement les mêmes tendances et la méthode de privilégier les corrélations entre les paramètres plutôt que de considérer les valeurs absolues apporte une bonne interprétation. Les eaux du bassin versant du Bocq ne sont plus les mêmes qu'en 1987 et 1988 et la pollution a pris le dessus par rapport aux caractéristiques naturelles des eaux.

### 3.3. Analyses du fichier de 93 relevés

Pour comprendre la végétation d'un ensemble de relevés très diversifiés, au nombre de nonante-et-un (dont deux relevés revisités après les travaux du projet WALPHY), il importe avant tout de travailler à plusieurs échelles, de manière à mieux comprendre les relations entre espèces, qui sont parfois influencées par des situations locales. Nous commençons avec l'ensemble des nonante-trois relevés.

Parmi les Anthophytes, 249 taxons ont été recensés dans les lits mineurs. Toutefois, deux genres de berge (*Rubus* et *Taraxacum*) n'ont pas été approfondis et mériteraient un complément d'étude. L'embranchement des Ptéridophytes comprend 5 espèces, celui des Bryophytes, 48 espèces (8 hépatiques et 40 mousses), celui des Chlorophytes, 12 taxons (avec 4 genres qui n'ont pu être considérés que partiellement jusqu'à l'espèce), celui des Xanthophytes 3 taxons (avec le genre *Vaucheria* à approfondir en cultures). Les diatomées filamenteuses n'ont pas été identifiées jusqu'à l'espèce, si ce n'est *Melosira varians*. Quatre espèces de Rhodophytes ont été identifiées avec précision, à partir de séquençages de portions d'ADN pour le genre *Sheathia* ; le stade de développement *Chantransia*, commun aux genres *Lemanea* et *Sheathia*, a également été recensé. Enfin, 22 taxons de Cyanobactéries ont été identifiés.

Rappelons que dans l'analyse actuelle de données, seules les espèces aquatiques ou des sols humides ont été prises en compte. Les espèces des milieux plus secs et présentes sur les berges sont citées à titre descriptif.

Les 20 espèces les plus communes, avec leurs pourcentages d'occurrence, sont : *Filipendula ulmaria* (76,34 %), *Alnus glutinosa* (66,67 %), *Vaucheria* sp. (645,51 %), *Microcoleus autumnalis* (63,44%), *Epilobium hirsutum* (61,29 %), *Melosira varians* (60,22 %), *Phalaris arundinacea* (56,98 %), *Cladophora glomerata* (55,91 %), *Angelica sylvestris* (54,84 %), *Fraxinus excelsior* (50,54 %), *Oscillatoria limosa* (48,37 %), *Platyhypnidium riparioides* (47,31 %), *Ranunculus repens* (45,16 %), *Chantransia* (40,86 %), *Oscillatoria tenuis* (39,78 %), *Veronica beccabunga* (37,93), *Juncus effusus* (35,48), *Epilobium roseum* (33,33), *Glyceria notata* (33,33 %) et *Leptodictyum riparium* (32,26 %).

On y trouve des espèces des quatre grands groupes de plantes, soit des Anthophytes amphiphytes, des Bryophytes aquatiques, des algues et des Cyanobactéries. Parmi les algues, la fréquence du stade *Chantransia* des genres *Batrachospermum* ou *Sheathia* est une donnée originale car ce stade est rarement mentionné dans les études de végétation aquatique. Il est malheureusement impossible de relier ce stade à une espèce précise.

#### 3.3.1. Analyse du fichier floristique des 93 relevés

Dans le fichier floristique, la densité du fichier des Bryophytes (0,06374808) est nettement inférieure à celle des Anthophytes (0,12206668) et des algues (0,12092367). Nous avons donc choisi de le soumettre à une

analyse factorielle multiple rééquilibrant l'importance des trois fichiers avec la densité comme élément de pondération dans la matrice des distances entre colonnes.

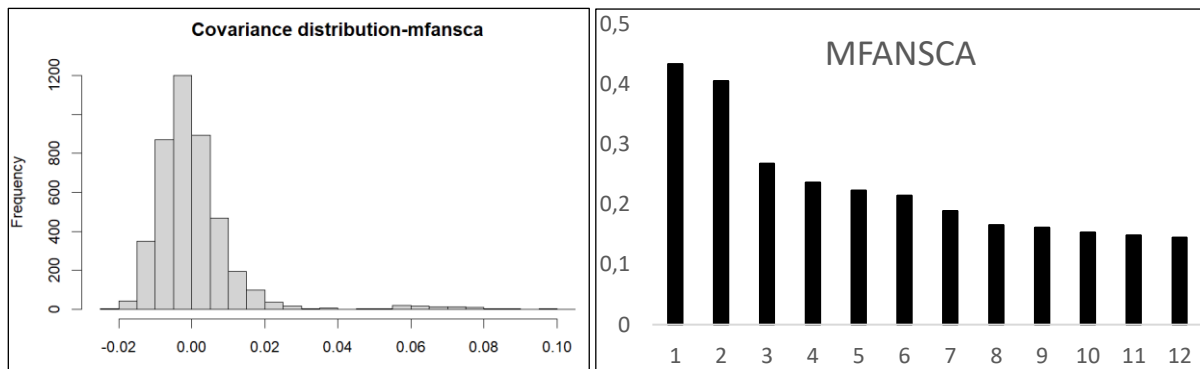


Figure 25. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Douze premières valeurs propres et distribution des coefficients de distance.

Le test par permutations donne les neuf premières comme significatives. L'évolution des valeurs propres montre l'importance des deux premières. A ce niveau d'analyse, ce sont ces deux-là qui seront analysées.

Parmi les espèces avec des contributions relatives significatives, l'axe un (Figure 25) oppose principalement plusieurs espèces de Bryophytes aquatiques ou amphibies (*Platyhypnidium riparioides*, *Brachythecium rutabulum*, *Fontinalis antipyretica*, *Fissidens crassipes*, *Cinclidotus riparius*, *Thamnobryum alopecurum*, *Lunularia cruciata*), un hydrophyte rhéophile (*Ranunculus fluitans* abondant) et une *Poaceae* de berges (*Deschampsia cespitosa*) à deux espèces présentes et abondantes de marges de petits ruisseaux (*Sparganium erectum* et *Glyceria notata*). En termes de sites (Figure 27), cela oppose les ruisseaux les plus larges, souvent en milieu forestier et les ruisselets, en milieu ouvert.

L'axe deux (Figure 25) oppose des espèces de Bryophytes (*Hygroamblystegium tenax*, *Mnium hornum*, *Brachythecium rutabulum*) et des Anthophytes de bord de ruisselets ombragés avec *Athyrium filix-femina*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Cardamine amara* et *Carex remota* à principalement un héliophyte (*Phalaris arundinacea*) et une diatomée filamenteuse (*Melosira varians*) petits ruisseaux en milieu ouvert, agricole (milieu 27).





Figure 26. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Coordonnées des espèces sur les axes deux et trois.



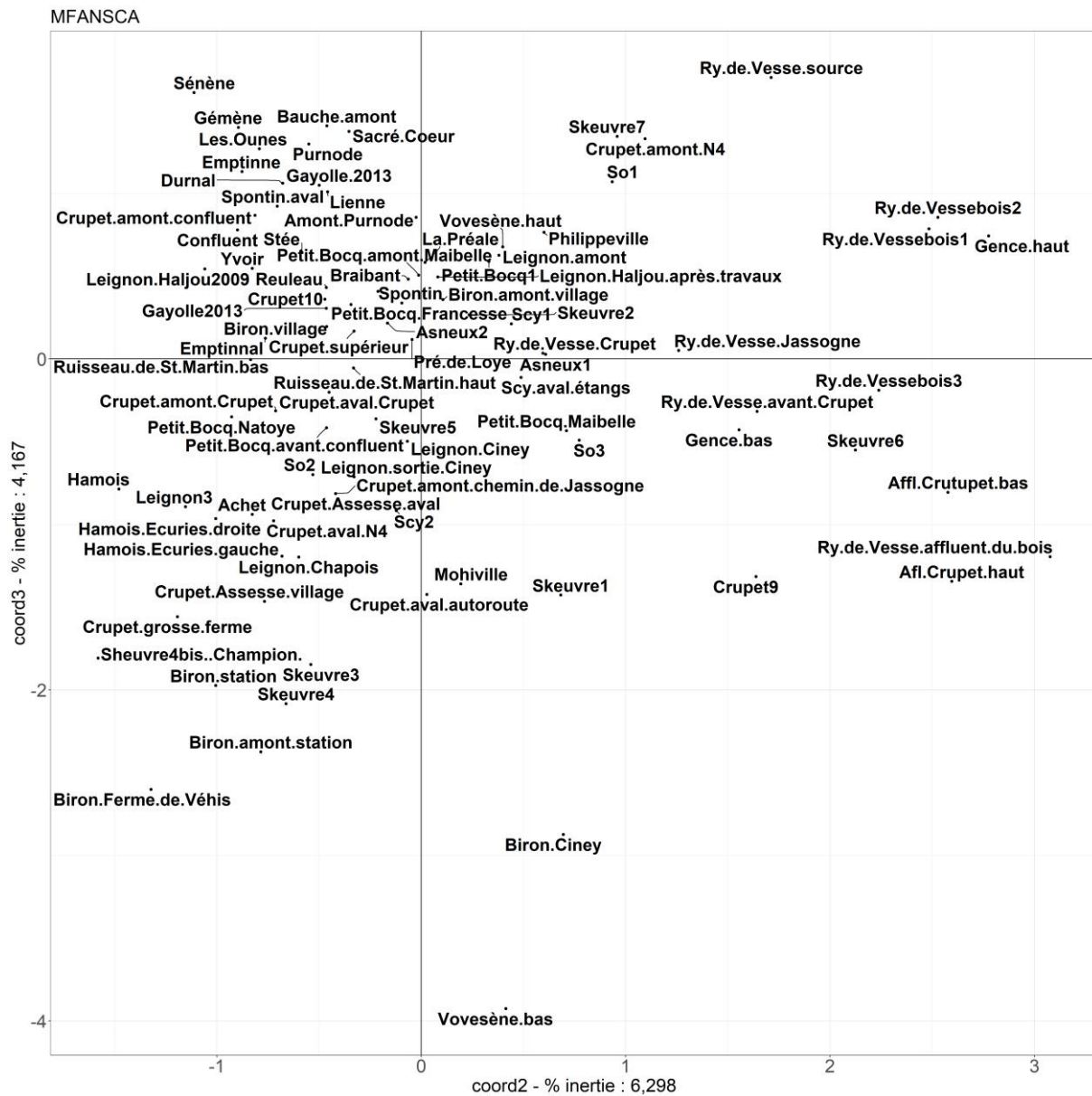


Figure 28. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Coordonnées des sites sur les axes deux et trois.

Les relations entre espèces et facteurs environnementaux sont approfondies dans un fichier contenant à la fois les variables floristiques et les variables environnementales.

Une classification hiérarchique ascendante des sites est construite avec les coordonnées des neuf premiers axes présentant des valeurs propres significatives ; la distance euclidienne est utilisée. Les logiciels Elbow et Silhouette nous aident à définir un nombre idéal de clusters.

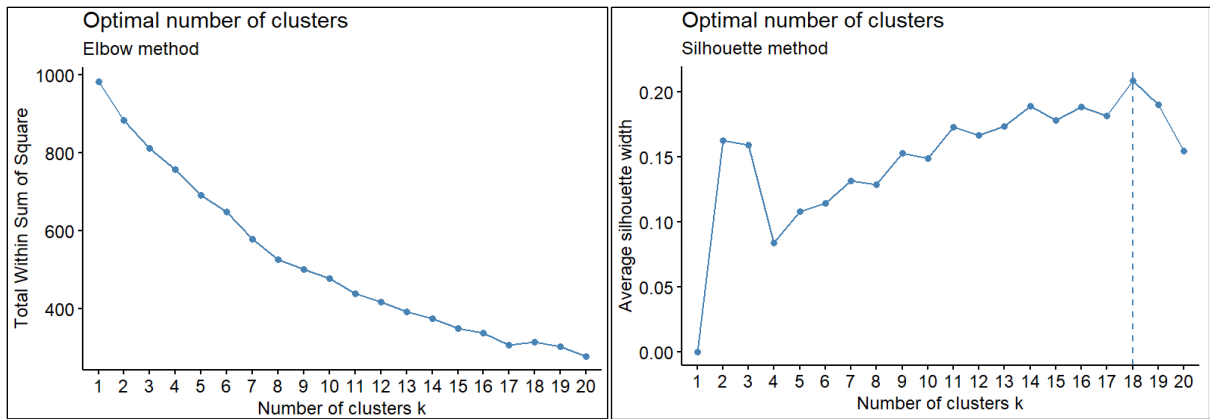


Figure 29. Recherche du nombre de clusters avec les logiciels Elbow et Silhouette.

Le logiciel Elbow n'apporte pas de réponse. Par contre, le logiciel Silhouette montre deux sommets : un avec deux clusters et un second avec 18.

Le dendrogramme montre les deux clusters (Figure 30). Les espèces caractéristiques des deux grands clusters sont recherchées au moyen du logiciel Cs, avec 10000 permutations.

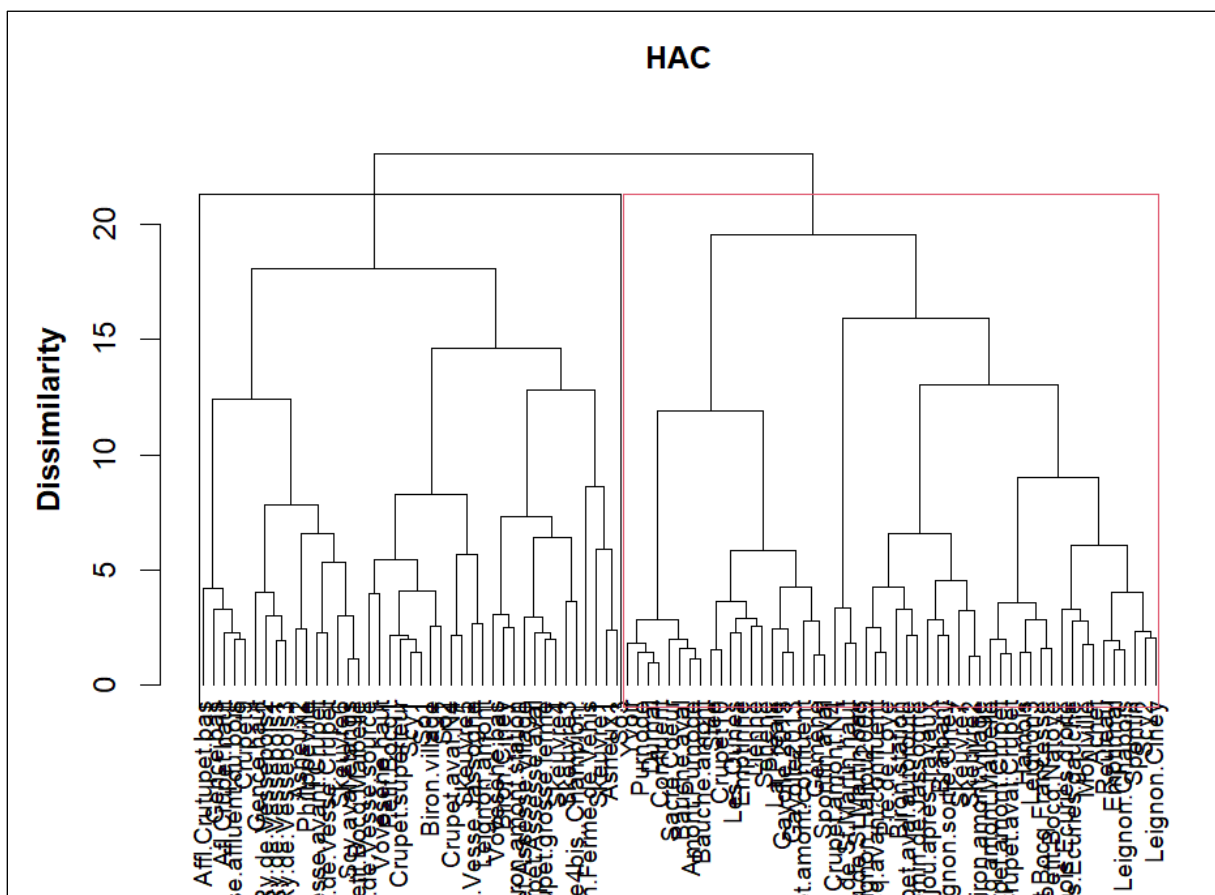


Figure 30. Classification hiérarchique ascendante des 93 relevés.

Le cluster1 comprend 41 relevés (tableau 2)

Scy1	Crupet Assesse village	Skeuvre3
Scy aval étangs	Crupet Assesse aval	Skeuvre4

Ry de Vesse source	Crupet grosse ferme	Sheuvre4bis Champion
Ry de Vessebois1	Crupet9	Skeuvre5
Ry de Vessebois2	Vovesène haut	Skeuvre6
Ry de Vessebois3	Vovesène bas	Leignon amont
Ry de Vesse Insefy	Affl Crupet bas	Biron Ferme de Véhis
Ry de Vesse avant Crupet	Afl Crupet haut	Biron village
Ry de Vesse Crupet	Gence haut	Biron Ciney
Ry de Vesse affluent du bois	Gence bas	Biron amont station
Petit Bocq1	Asneux1	So1
Petit Bocq Maibelle	Asneux2	So2
Crupet supérieur	Philippeville	So3
Crupet aval N4	Skeuvre1	

Tableau 2. Liste des relevés du cluster 1.

Scy2	Spontin aval	Crupet amont chemin de Jassogne
Mohiville	Durnal	Crupet amont Crupet
La Préale	Amont Purnode	Crupet aval Crupet
Achet	Purnode	Crupet10
Hamois Ecuries gauche	Bauche amont	Crupet amont confluent
Hamois Ecuries droite	Bauche aval	Ruisseau de St Martin haut
Hamois	Confluent	Ruisseau de St Martin bas
Les Ounes	Sacré Coeur	Pré de Loye
Emptinne	Gayolle 2013	Skeuvre2
Emptinnal	Gayolle2013	Skeuvre7
Lienne	Yvoir	Leignon Chapois
Braibant	Petit Bocq amont Maibelle	Leignon3
Stée	Petit Bocq Francesse	Leignon Ciney
Gémène	Petit Bocq Natoye	Leignon sortie Ciney
Reuleau	Petit Bocq avant confluent	Leignon Haljou2009
Sénène	Crupet amont N4	Leignon Haljou après travaux
Spontin	Crupet aval autoroute	Biron amont village
	Biron station	

Tableau 3. Liste des relevés du cluster 2.

Dans le premier cluster, on a donc une grande partie des petits ruisseaux du bassin versant et dans les seconds le cours principal du Bocq (sans le premier relevé) et les relevés des affluents avec un débit plus important que dans le cluster1. Ces deux clusters sont donc analysés séparément dans une seconde étape.

Voici la liste des espèces caractéristiques dans les deux clusters.

Cluster1	sum	fr	sum1	fr1	pr>=1
<i>Sparganium erectum</i>	14	0,150537634	12	0,292682927	4e-04
<i>Epilobium obscurum</i>	8	0,086021505	8	0,195121951	8e-04
<i>Carex remota</i>	8	0,086021505	8	0,195121951	9e-04
<i>Glyceria fluitans</i>	10	0,107526882	9	0,219512195	0,0024

<i>Oxyrrhynchium hians</i>	10	0,107526882	9	0,219512195	0,0029
<i>Galium palustre</i>	8	0,086021505	7	0,170731707	0,0112
<i>Kindbergia praelonga</i>	8	0,086021505	7	0,170731707	0,0121
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	15	0,161290323	11	0,268292683	0,0143
<i>Hygroamblystegium tenax</i>	14	0,150537634	10	0,243902439	0,0284
<i>Sparganium erectum &gt;1</i>	7	0,075268817	6	0,146341463	0,0293
<i>Juncus effusus &gt;1</i>	7	0,075268817	6	0,146341463	0,0296
<i>Salix xrubens &gt;1</i>	4	0,043010753	4	0,097560976	0,0314
<i>Lysimachia nemorum</i>	4	0,043010753	4	0,097560976	0,032
<i>Scirpus sylvaticus</i>	9	0,096774194	7	0,170731707	0,0341
<i>Pellia cf. epiphylla</i>	4	0,043010753	4	0,097560976	0,0353
<i>Sparganium erectum &gt;3</i>	4	0,043010753	4	0,097560976	0,0366
<b>Cluster2</b>	<b>sum</b>	<b>fr</b>	<b>sum2</b>	<b>fr2</b>	<b>pr&gt;=2</b>
<i>Phalaris arundinacea</i>	53	0,569892473	41	0,788461538	0
<i>Fontinalis antipyretica</i>	21	0,225806452	20	0,384615385	0
<i>Chantransia</i>	38	0,408602151	34	0,653846154	0
<i>Cladophora glomerata</i>	52	0,559139785	40	0,769230769	0
<i>Melosira varians</i>	56	0,602150538	47	0,903846154	0
<i>Stellaria nemorum</i>	14	0,150537634	14	0,269230769	1e-04
<i>Impatiens glandulifera</i>	16	0,172043011	16	0,307692308	2e-04
<i>Nasturtium officinale</i>	27	0,290322581	23	0,442307692	2e-04
<i>Cratoneuron filicinum</i>	13	0,139784946	13	0,25	2e-04
<i>Alnus glutinosa</i>	62	0,666666667	43	0,826923077	3e-04
<i>Myosotis scorpioides</i>	13	0,139784946	13	0,25	3e-04
<i>Scrophularia umbrosa</i>	21	0,225806452	19	0,365384615	5e-04
<i>Fissidens crassipes</i>	11	0,11827957	11	0,211538462	9e-04
<i>Ranunculus fluitans</i>	11	0,11827957	11	0,211538462	0,0015
<i>Callitriche obtusangula</i>	16	0,172043011	14	0,269230769	0,0029
<i>Alnus glutinosa &gt;1</i>	40	0,430107527	29	0,557692308	0,0033
<i>Solanum dulcamara</i>	22	0,23655914	18	0,346153846	0,0043
<i>Vaucheria sp.</i>	60	0,64516129	40	0,769230769	0,0056
<i>Cinclidotus riparius</i>	8	0,086021505	8	0,153846154	0,0069
<i>Diatoma sp.</i>	18	0,193548387	15	0,288461538	0,0073
<i>Epilobium hirsutum</i>	57	0,612903226	38	0,730769231	0,008
<i>Oedogonium capillare</i>	12	0,129032258	11	0,211538462	0,0084
<i>Glyceria notata &gt;1</i>	15	0,161290323	13	0,25	0,0088
<i>Rumex conglomeratus</i>	26	0,279569892	20	0,384615385	0,0094
<i>Epilobium roseum</i>	31	0,333333333	23	0,442307692	0,011
<i>Microspora amoena</i>	11	0,11827957	10	0,192307692	0,0129
<i>Ranunculus fluitans &gt;1</i>	7	0,075268817	7	0,134615385	0,0129
<i>Impatiens glandulifera &gt;1</i>	7	0,075268817	7	0,134615385	0,0146
<i>Sheathia arcuata</i>	7	0,075268817	7	0,134615385	0,0159
<i>Veronica beccabunga</i>	35	0,376344086	25	0,480769231	0,0168
<i>Vaucheria sp. &gt;1</i>	13	0,139784946	11	0,211538462	0,0218
<i>Scrophularia auriculata</i>	16	0,172043011	13	0,25	0,0225
<i>Lemanea fluviatilis</i>	6	0,064516129	6	0,115384615	0,0259

<i>Lunularia cruciata</i>	6	0,064516129	6	0,115384615	0,0265
<i>Microcoleus autumnalis</i>	59	0,634408602	38	0,730769231	0,0266
<i>Cladophora glomerata &gt;1</i>	6	0,064516129	6	0,115384615	0,0275
<i>Petasites hybridus</i>	6	0,064516129	6	0,115384615	0,0284
<i>Ranunculus sceleratus</i>	6	0,064516129	6	0,115384615	0,0296
<i>Filipendula ulmaria</i>	71	0,76344086	44	0,846153846	0,0314
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	18	0,193548387	14	0,269230769	0,0338
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	5	0,053763441	5	0,096153846	0,0458
<i>Elodea canadensis</i>	5	0,053763441	5	0,096153846	0,048
<i>Fragilaria sp.</i>	5	0,053763441	5	0,096153846	0,048

Tableau 4. Liste des espèces caractéristique dans les deux clusters de 41 et 52 relevés.

Dans le cluster1, les espèces compagnes (fréquences relatives >0,5 et  $pr \geq 0,05$ ) sont *Urtica dioica* présent et abondant, *Filipendula ulmaria*, *Fraxinus excelsior*, *Angelica sylvestris* et *Microcoleus autumnalis*.

Dans le cluster2, les espèces compagnes sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Vaucheria sp.*, *Angelica sylvestris*, *Oscillatoria limosa* et *Platyhypnidium riparioides*.

### 3.3.2. Analyses des fichiers floristique et environnemental réunis

Les relations entre espèces et facteurs environnementaux sont approfondies dans un fichier contenant à la fois les variables floristiques et les variables environnementales. Il y a ici quatre sous-tableaux réunis.

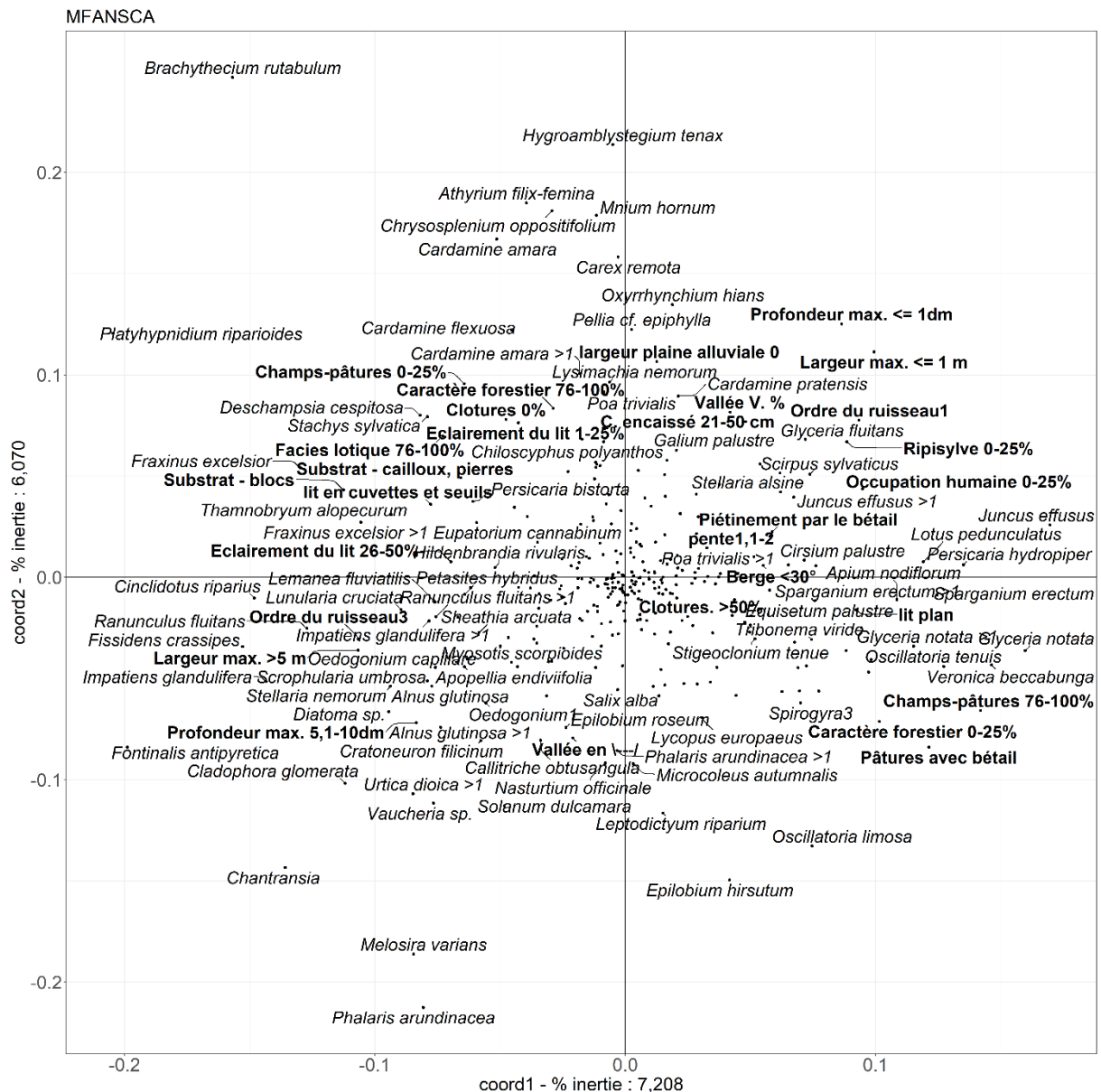


Figure 31. Analyse factorielle multiple des fichiers floristique et environnemental réunis. Coordonnées des espèces et paramètres environnementaux sur les deux premiers axes.

L'axe 1 reproduit l'axe 1 obtenu avec uniquement les variables floristiques. Celles-ci sont clairement liées d'un côté aux espèces de ruisselets en milieu ouvert, dans des champs et pâtures, avec piétinement par le bétail et de l'autre aux espèces préférant un cours plus large, plus profond, en milieu ombragé, avec du courant et des cailloux et blocs dans le lit mineur.

Il en va de même pour l'axe 2 avec des vallées étroites en milieu ombragé avec les espèces sciaphiles (*Brachythecium rutabulum*, *Hygroamblystegium tenax*, *Athyrium filix-femina*, *Mnium hornum*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Cardamine amara*, *Carex remota* ...) et de l'autre des espèces occupant une vallée plus large avec des collines des deux côtés, en milieu agricole, avec *Phalaris arundinacea*, *Melosira varians*, *Epilobium hirsutum* et *Chantransia*.



Vallée V	17	0,182795699	13	0,317073171	0,0029
Ripisylve 0-25%	63	0,677419355	33	0,804878049	0,0161
Vallée -----	7	0,075268817	6	0,146341463	0,0287
Sinuosité - droit	39	0,419354839	22	0,536585366	0,0309
Caractère forestier 76-100%	9	0,096774194	7	0,170731707	0,035
C. encaissé 0-20 cm. %	13	0,139784946	9	0,219512195	0,0445
	sum	fr	sum2	fr2	pr>=2
Vallée en \---/	56	0,602150538	41	0,788461538	0
Ordre du ruisseau3	17	0,182795699	17	0,326923077	0
Largeur max. >5 m	18	0,193548387	18	0,346153846	0
Profondeur max. 5,1-10dm	23	0,247311828	23	0,442307692	0
C. encaissé > 200 cm. %	15	0,161290323	15	0,288461538	0
Substrat - cailloux, pierres	59	0,634408602	39	0,75	0,0084
pente 0,6-1	47	0,505376344	32	0,615384615	0,014
Facies lotique 76-100%	42	0,451612903	29	0,557692308	0,0165
Ripisylve 26-50%	16	0,172043011	13	0,25	0,0212
Largeur max. 2,6-5 m	24	0,258064516	18	0,346153846	0,0216
Substrat - blocs	38	0,408602151	26	0,5	0,0336
largeur plainbe alluviale 51 à 100m	23	0,247311828	17	0,326923077	0,0358
Sinuosité - méandres	15	0,161290323	12	0,230769231	0,039

Tableau 5. Paramètres environnementaux significatifs dans les deux clusters de 41 et 52 relevés.

### 3.4. Analyse du cluster1 de 41 relevés

La démarche appliquée précédemment est répétée.

#### 3.4.1. Analyse du fichier floristique

Le fichier floristique est analysé par l'analyse factorielle multiple avec les trois sous-fichiers habituels (Anthophytes, Bryophytes, algues) et 10.000 permutations.

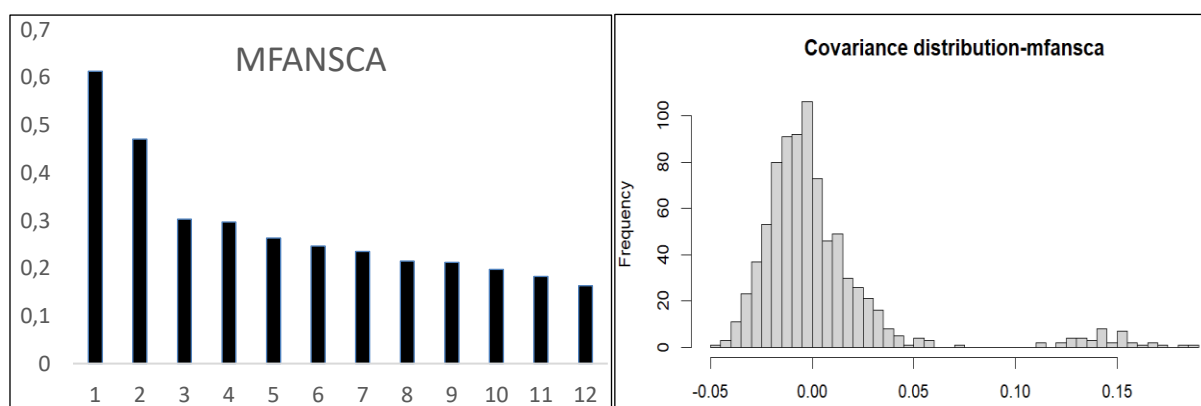


Figure 33. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Douze premières valeurs propres et distribution des coefficients de distance.

Les première, deuxième et quatrième valeurs propres sont significatives (Figure 33). Les coordonnées des relevés sur les quatre premiers axes seront utilisées dans la classification.

En considérant les contributions relatives significatives, l'axe 1 (Figure 34) oppose nettement une série d'espèces sciaphiles comme *Lysimachia nemorum*, *Carex remota*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Deschampsia cespitosa*, *Cardamine amara* présent et abondant, *Thuidium tamariscinum*, *Athyrium filix-femina*, *Pellia* cf. *epiphylla* et *Rumex sanguineus* ainsi que l'arbre *Alnus incana* à des espèces héliophiles comme *Phalaris arundinacea* et *Urtica dioica*. En considérant le graphe des relevés (Figure 35), les espèces sciaphiles se trouvent dans les petits affluents et les portions de ruisselets en milieu boisé.

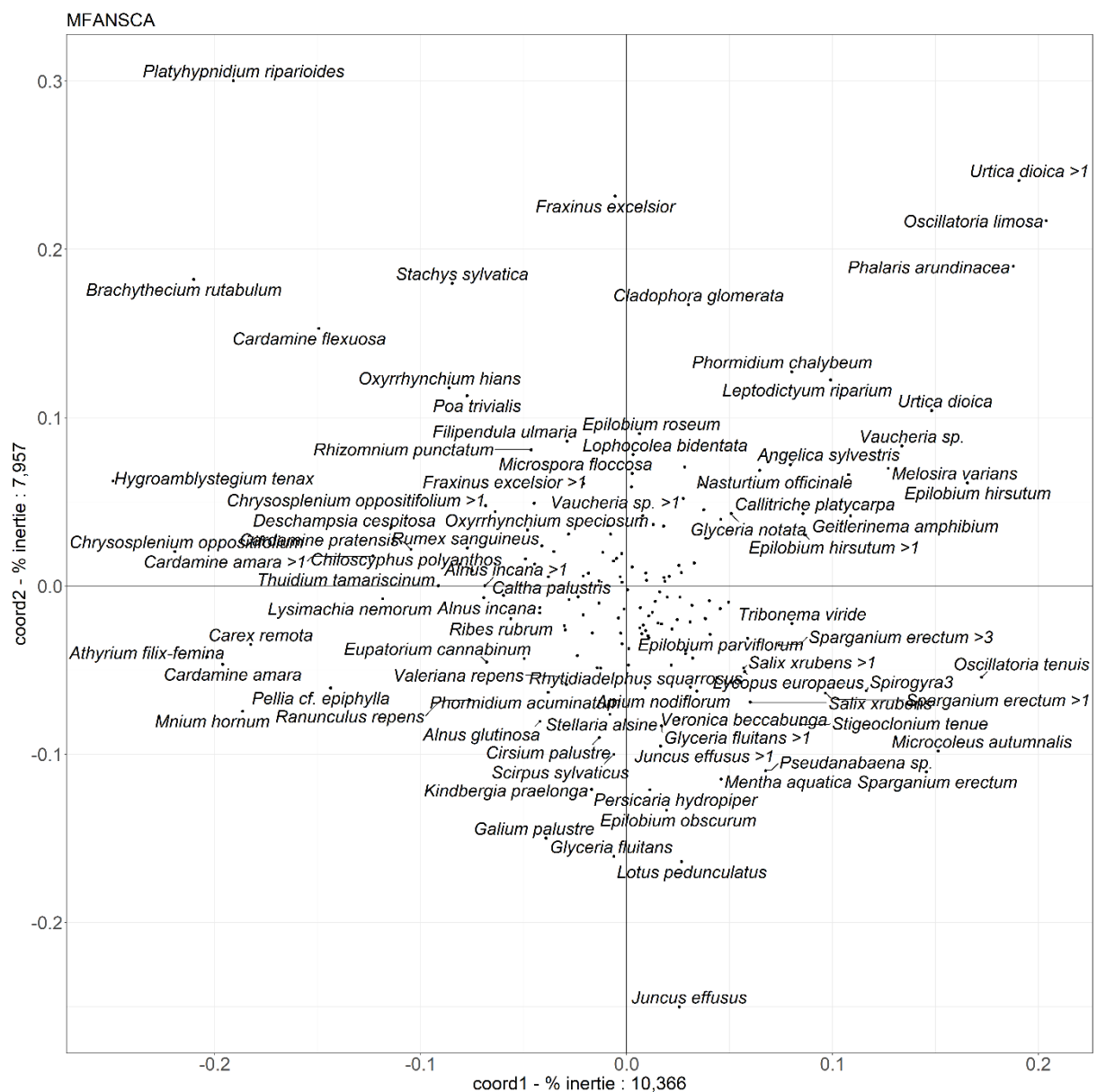


Figure 34. Analyse factorielle multiple du fichier floristique des 41 relevés du cluster1. Coordonnées des espèces dans le plan des axes 1 et 2.

Avec l'axe 2, deux espèces ont des contributions relatives significatives et des coordonnées positives : *Urtica dioica*>1 et *Cardamine flexuosa*, ce qui correspond à des sites à proximité de fermes ou de sites habités et deux ont des coordonnées négatives : *Juncus effusus* et *Glyceria fluitans* abondant, ce qui correspond à des sites moins directement touchés par ces perturbations (figure 36).

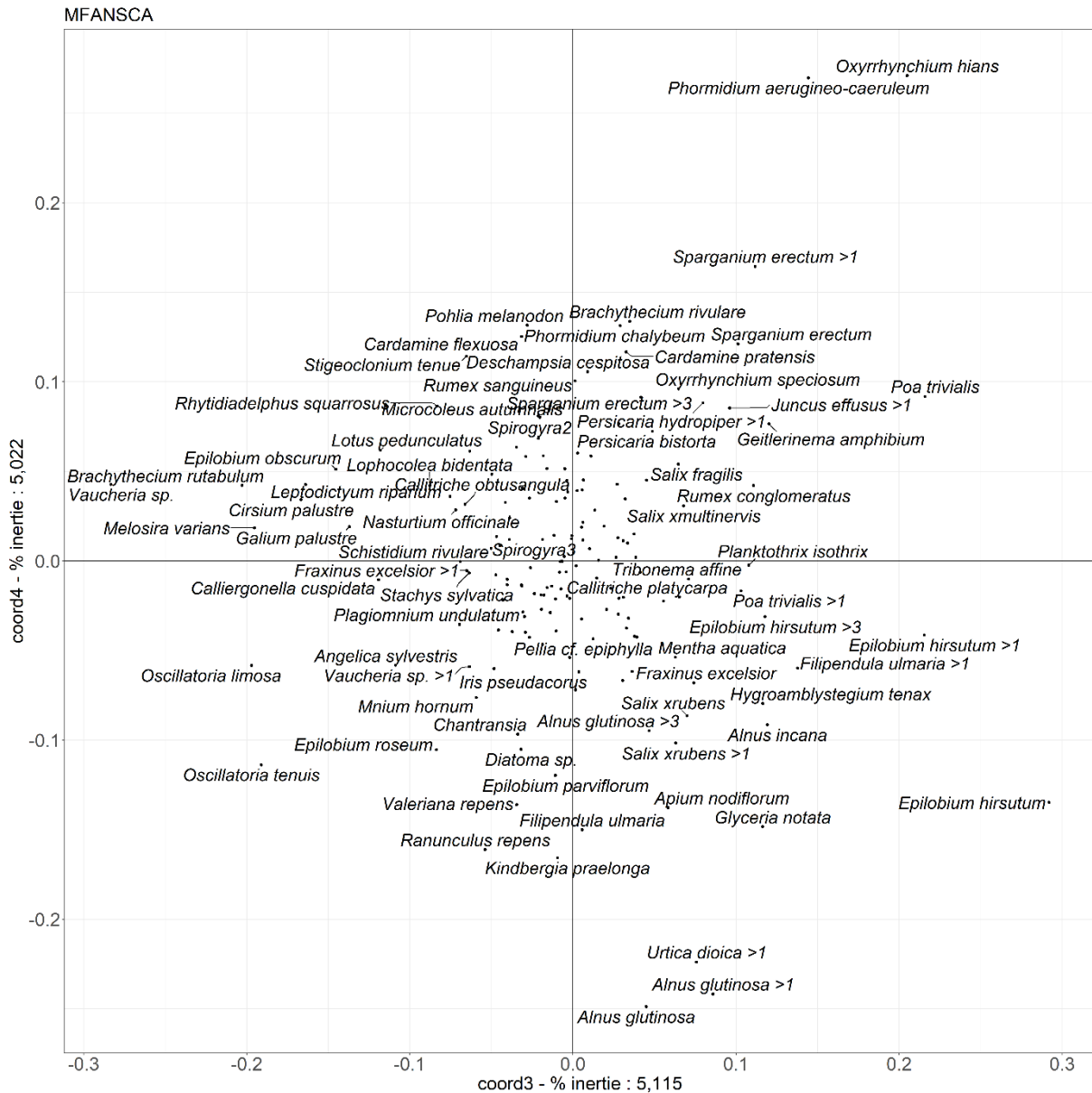


Figure 35. Analyse factorielle multiple du fichier floristique des 41 relevés du cluster 1. Coordonnées des espèces dans le plan des axes 3 et 4.



Figure 36. Analyse factorielle multiple du fichier floristique des 41 relevés du cluster1. Coordonnées des relevés dans le plan des axes 1 et 2.



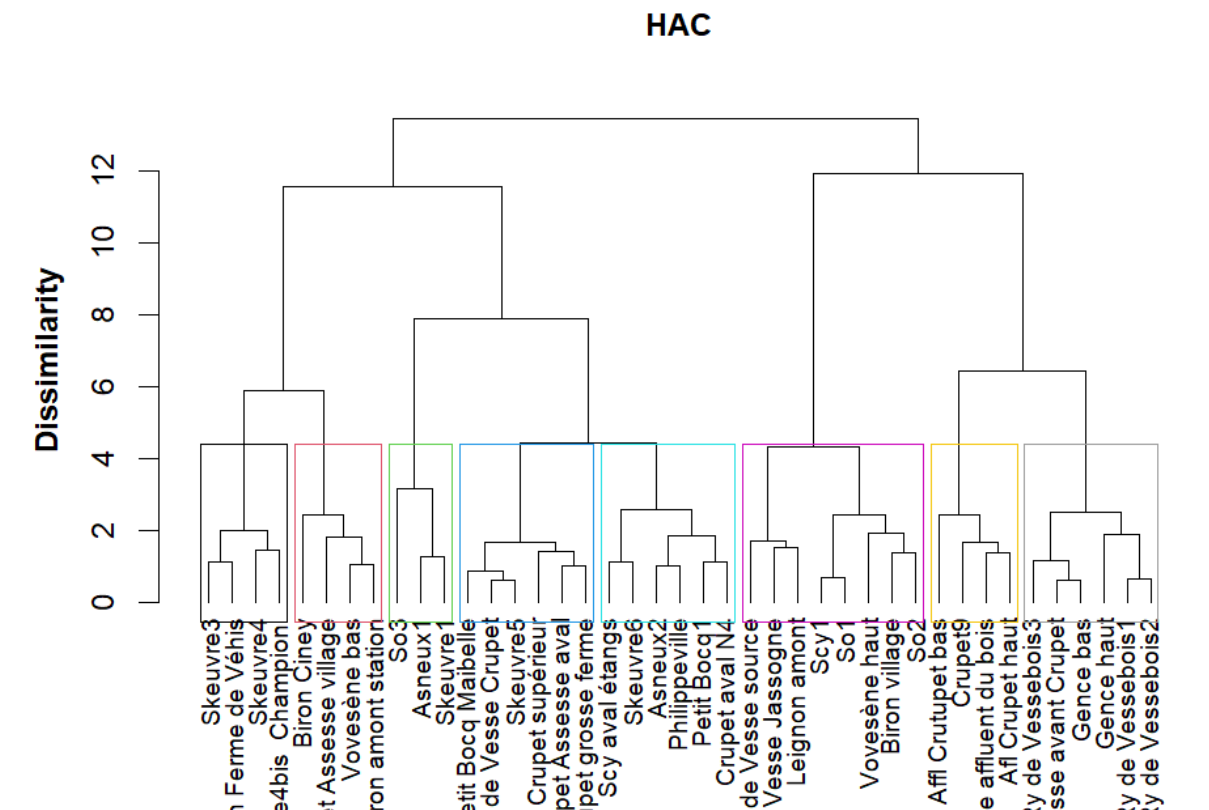


Figure 39. Classification hiérarchique ascendante des 41 relevés.

Ces relations entre les variables floristiques et environnementales sont explicitées par l'analyse factorielle multiples du fichier mélangeant toutes les variables.

La liste des relevés dans les 8 clusters apparaît dans le tableau 6.

<b>Cluster11</b>	<b>Cluster12</b>	<b>Cluster13</b>	<b>Cluster14</b>
Scy1	Scy aval étangs	Ry de Vessebois1	Ry de Vesse Crupet
Ry de Vesse source	Petit Bocq1	Ry de Vessebois2	Petit Bocq Maibelle
Ry de Vesse Insefy	Crupet aval N4	Ry de Vessebois3	Crupet supérieur
Vovesène haut	Asneux2	Ry de Vesse avant Crupet	Crupet Assesse aval
Leignon amont	Philippeville	Gence haut	Crupet grosse ferme
Biron village	Skeuvre6	Gence bas	Skeuvre5
So1			
So2			
<b>Cluster15</b>	<b>Cluster16</b>	<b>Cluster17</b>	<b>Cluster18</b>
Ry de Vesse affluent du bois	Crupet Assesse village	Asneux1	Skeuvre3
Crupet9	Vovesène bas	Skeuvre1	Skeuvre4
Afl Crutupet bas	Biron Ciney	So3	Sheuvre4bis Champion
Afl Crupet haut	Biron amont station		Biron Ferme de Véhis

Tableau 6. Liste des relevés dans les 8 clusters.

### 3.4.2. Analyse des fichiers floristique et environnemental réunis

Ces relations entre les variables floristiques et environnementales sont explicitées par l'analyse factorielle multiple du fichier mélangeant toutes les variables. Les trois premiers axes sont significatifs.

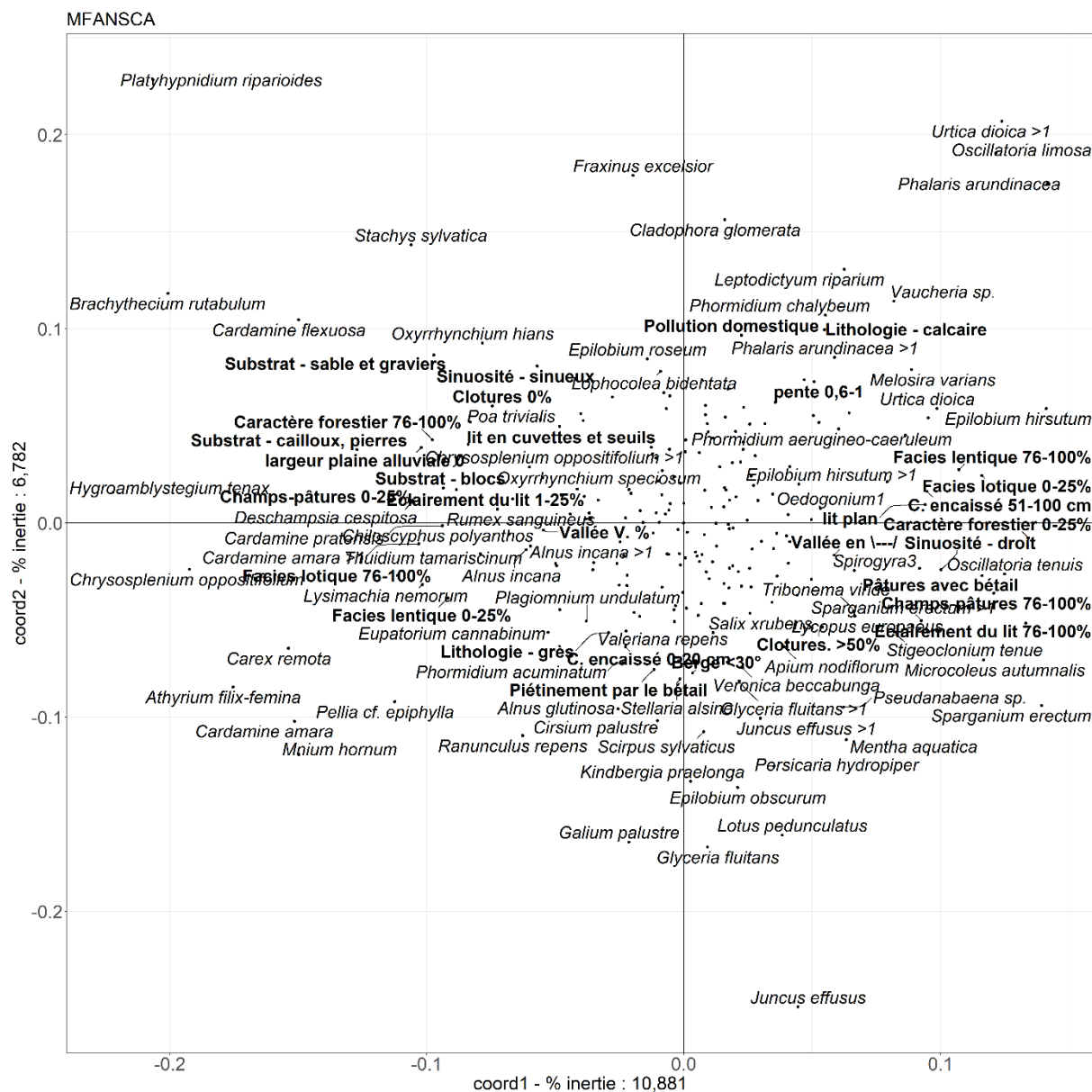


Figure 40. Analyse factorielle multiple des fichiers floristique et environnemental réunis. Coordonnées des variables sur les axes 1 et 2.

Les paragraphes suivants présentent les clusters et les liens éventuels avec des associations végétales. Ils sont nommés par le nom de l'association ou simplement appelés « groupement avec ... » si aucun lien clair n'apparaît. Les espèces et variables environnementales caractéristiques, rangées par ordre décroissant de fréquence, du cluster 11, apparaissent dans le tableau 7.

	sum	fr	Scy1	Ry de Vesse source	Ry de Vesse Insefy	Vovesène haut	Leignon amont	Biron village	So1	So2	sum1	fr1	pr 1
<b>Eclairage du lit 76-100%</b>	22	0,53659	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1	0,003
<b>Champs-pâtures 76-100%</b>	20	0,4878	1	1	1	1	1	1	0	1	7	0,875	0,018
<i>Microcoleus autumnalis</i>	21	0,5122	1	1	0	1	1	1	1	1	7	0,875	0,024
<b>Pâtures avec bétail</b>	21	0,5122	1	1	1	1	0	1	1	1	7	0,875	0,028
<i>Sparganium erectum</i>	12	0,29268	1	0	1	0	1	1	1	1	6	0,75	0,004
<i>Juncus effusus</i>	16	0,39024	1	1	1	1	1	0	1	0	6	0,75	0,029
<i>Epilobium obscurum</i>	8	0,19512	1	1	1	0	1	0	0	1	5	0,625	0,003
<i>Lotus pedunculatus</i>	9	0,21951	1	1	1	1	1	0	0	0	5	0,625	0,008
<b>pentel,1-2</b>	10	0,2439	1	0	1	1	1	0	1	0	5	0,625	0,012
<i>Persicaria hydropiper</i>	12	0,29268	1	1	1	0	0	1	1	0	5	0,625	0,037
<i>Sparganium erectum &gt;1</i>	6	0,14634	1	0	0	0	0	1	1	1	4	0,5	0,007
<i>Stigeoclonium tenue</i>	6	0,14634	1	1	0	1	0	1	0	0	4	0,5	0,008
<i>Cirsium palustre</i>	7	0,17073	0	1	1	0	1	0	1	0	4	0,5	0,016
<i>Galium palustre</i>	7	0,17073	0	1	1	0	1	0	1	0	4	0,5	0,02
<i>Sparganium erectum &gt;3</i>	4	0,09756	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0,375	0,02
<i>Tribonema viride</i>	5	0,12195	0	0	1	0	0	0	1	1	3	0,375	0,044
<i>Pohlia melanodon</i>	5	0,12195	1	0	0	1	1	0	0	0	3	0,375	0,047
<i>Lemna minor</i>	2	0,04878	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0,25	0,031
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	0,04878	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,25	0,033
<i>Alopecurus geniculatus</i>	2	0,04878	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,25	0,034
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	2	0,04878	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0,25	0,034

Tableau 7. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster11.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica*, *Oscillatoria tenuis* et *Vaucheria* sp..

Le cluster11 se trouvant en têtes de ruisseaux venant des crêtes condrusiennes est traversé par des eaux peu ou moyennement minéralisées. La végétation des berges et de marge présente de bonnes similitudes avec l'association *Epilobietum obscuri* Robbe *ass. nov. hoc loco* (ROYER, FELZINNES et al., 2006 et LEURQUIN, 2006) ; *Glyceria fluitans* y est aussi commune, ce qui renforce ce classement. Il faut toutefois souligner que l'on se trouve en milieu agricole subissant une pression humaine assez importante.

Les espèces caractéristiques du cluster 12 apparaissent dans le tableau 8.

	sum	fr	Scy aval étangs	Petit Bocq1	Crupet aval N4	Asneux2	Philippeville	Skeuvre6	sum.2	fr2	pr >=2
<i>Alnus glutinosa</i>	19	0,4634	1	1	1	1	1	1	6	1	0,0052

<i>Urtica dioica</i> >1	26	0,6341	1	1	1	1	1	1	6	1	0,0449
<i>Alnus glutinosa</i> >1	11	0,2683	1	1	0	1	1	1	5	0,8333	0,0035
<i>Apium nodiflorum</i>	9	0,2195	1	1	1	0	0	1	4	0,6667	0,0159
<i>Mentha aquatica</i>	10	0,2439	1	1	1	0	1	0	4	0,6667	0,0211
<b>Ripisylve 76-100%</b>	4	0,0976	1	0	0	1	0	1	3	0,5	0,0063
<i>Pseudanabaena</i> sp.	7	0,1707	1	1	0	1	0	0	3	0,5	0,0489
<i>Berula erecta</i>	2	0,0488	1	1	0	0	0	0	2	0,3333	0,021

Tableau 8. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster12.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica*, *Epilobium hirsutum* et *Filipendula ulmaria*.

Le cluster12 correspond à des ruisseaux bordés d'une ripisylve composée d'*Alnus glutinosa*, avec *Apium nodiflorum*, *Epilobium hirsutum* et *Filipendula ulmaria*. Nous l'appelons aulnaie de berge eutrophisée.

Les espèces caractéristiques du cluster 13 apparaissent dans le tableau 9.

	sum	fr	Ry de Vessebois1	Ry de Vessebois2	Ry de Vessebois3	Ry de Vesse.avant Crupet	Gence haut	Gence bas	sum3	fr3	pr>=3
<i>Carex remota</i>	8	0,1951	1	1	1	1	1	1	6	1	0
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	11	0,2683	1	0	1	1	1	1	5	0,83333	0,0022
<i>Athyrium filix-femina</i>	12	0,2927	1	1	1	1	1	0	5	0,83333	0,0048
<i>Mnium hornum</i>	8	0,1951	1	1	1	0	1	0	4	0,66667	0,0105
<i>Cardamine amara</i>	10	0,2439	1	1	0	0	1	1	4	0,66667	0,0212
<i>Hygroamblystegium tenax</i>	10	0,2439	0	0	1	1	1	1	4	0,66667	0,0227
<i>Eupatorium cannabinum</i>	3	0,0732	0	1	1	0	1	0	3	0,5	0,0023
<i>Ribes rubrum</i>	4	0,0976	1	0	1	1	0	0	3	0,5	0,0061
<i>Pellia</i> cf. <i>epiphylla</i>	4	0,0976	1	1	0	0	1	0	3	0,5	0,0061
<i>Cardamine amara</i> >1	5	0,122	1	0	0	0	1	1	3	0,5	0,0151
<b>pente2,1-5</b>	6	0,1463	1	0	1	1	0	0	3	0,5	0,0318
<i>Galium palustre</i>	7	0,1707	1	1	1	0	0	0	3	0,5	0,0495

Tableau 9. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster13.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Filipendula ulmaria*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Juncus effusus*, *Urtica dioica*, *Brachythecium rutabulum* et *Platyhypnidium riparioides*.

Le cluster13 est facilement rattaché à l'aulnaie riveraine à *Carex remota* et *Cardamine amara*, soit le *Carici remotae-Alnetum* (NOIFALISE, 1984).

Les espèces caractéristiques du cluster 14 apparaissent dans le tableau 10.

	sum	fr	Ry de Vesse Crupet	Petit Bocq Maibelle	Crupet supérieur	Crupet Assesse aval	Crupet grosse ferme	Skeuvre5	sum4	fr4	pr >= 4
<b>Profondeur max. 1,1-5dm</b>	12	0,2927	1	1	1	1	1	0	5	0,8333	0,0052
<i>Glyceria notata</i>	11	0,2683	1	1	1	0	1	0	4	0,6667	0,034
<i>Epilobium parviflorum</i>	11	0,2683	1	1	0	0	1	1	4	0,6667	0,0359
<i>Cladophora glomerata</i>	12	0,2927	1	0	0	1	1	1	4	0,6667	0,049
<i>Phalaris arundinacea</i> >1	5	0,122	0	0	0	1	1	1	3	0,5	0,0192
<i>Salix alba</i>	2	0,0488	0	0	1	0	1	0	2	0,3333	0,02
<b>Sinuosité - méandres</b>	3	0,0732	0	1	0	0	1	0	2	0,3333	0,0487

Tableau 10. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster14.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Angelica sylvestris*, *Epilobium hirsutum*, *Microcoleus autumnalis*, *Vaucheria* sp., *Alnus glutinosa*, *Filipendula ulmaria*, *Fraxinus excelsior* et *Oscillatoria limosa*.

Le cluster14 est facilement rattaché à l'association *Glycerietum plicatae* Kulczyński 1928 ou parvoroselière amphibie, héliophile à hémisciaphile, mésotrophile à eutrophile, neutrocline à basiline, dans les eaux stagnantes ou légèrement courantes, à fort marnage des fossés, ornières forestières, ruisseaux, marges des cours d'eau et dépression prairiales. L'exondation estivale est possible. L'association se rencontre sur sol calcaire, marneux et argileux. DETHIOUX (1980) signale la présence du (*Sparganio-*) *Glycerietum plicatae* en Belgique. La végétation est assez fortement anthropisée.

Les espèces caractéristiques du cluster 15 apparaissent dans le tableau 11.

	sum	fr	Ry de Vesse affluent du bois	Crupet9	Affl Crutupet bas	Afl Crupet haut	sum5	fr5	pr >= 5
<i>Cardamine flexuosa</i>	8	0,195121951	1	1	1	1	4	1	8,00E-04
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	11	0,268292683	1	1	1	1	4	1	0,0033
<b>Facies lotique 76-100%</b>	13	0,317073171	1	1	1	1	4	1	0,005
<i>Poa trivialis</i>	17	0,414634146	1	1	1	1	4	1	0,0227
<i>Brachythecium rutabulum</i>	17	0,414634146	1	1	1	1	4	1	0,0233

<i>Deschampsia cespitosa</i>	4	0,097560976	1	0	1	1	3	0,75	0,0017
<i>Cardamine pratensis</i>	5	0,121951222	1	0	1	1	3	0,75	0,0042
<b>Caractère forestier 76-100%</b>	7	0,170731707	1	0	1	1	3	0,75	0,0113
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	9	0,219512195	0	1	1	1	3	0,75	0,0278
<i>Cardamine amara</i>	10	0,243902439	1	1	0	1	3	0,75	0,0363
<i>Hygroamblystegium tenax</i>	10	0,243902439	1	1	0	1	3	0,75	0,0366
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	2	0,048780488	0	1	1	0	2	0,5	0,0066
<i>Persicaria bistorta</i>	2	0,048780488	0	1	1	0	2	0,5	0,0088
<i>Chrysosplenium oppositifolium &gt;1</i>	3	0,073170732	0	1	0	1	2	0,5	0,0192
<i>Rumex sanguineus</i>	3	0,073170732	0	0	1	1	2	0,5	0,0229
<i>Lysimachia nemorum</i>	4	0,097560976	1	0	1	0	2	0,5	0,0428

Tableau11. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster15.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Athyrium filix-femina*, *Filipendula ulmaria*, *Stachys sylvatica*, *Urtica dioica* et *Platyhypnidium riparioides*.

Avec le cluster15, on est dans le *Cardamine amarae - Chrysosplenietum oppositifolii* Jouanne in Chouard 1929.

Les espèces caractéristiques du cluster 16 apparaissent dans le tableau 12.

	sum	fr	Crupet Assesse village	Vovesène bas	Biron Ciney	Biron amont station	sum 6	fr 6	pr>=6
<i>Callitriche obtusangula</i>	2	0	0	0	1	1	2	0,5	0,0069
<i>Microspora floccosa</i>	2	0	0	0	1	1	2	0,5	0,0069
<i>Lophocolea bidentata</i>	2	0	0	0	1	1	2	0,5	0,0079
<i>Callitriche obtusangula &gt;1</i>	2	0	0	0	1	1	2	0,5	0,0081
<i>Cardamine flexuosa</i>	8	0,2	0	1	1	1	3	0,8	0,0205

Tableau 12. Variables floristiques caractéristiques du cluster16.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Oscillatoria limosa*, *Platyhypnidium riparioides*, *Brachythecium rutabulum*, *Vaucheria* sp., *Filipendula ulmaria* et *Urtica dioica*.

Le cluster16 se rapproche du *Cardaminetum flexuosae* Oberdorfer 1957. Nous sommes dans des ruisseaux d'ordre 2 au milieu de pâtures, en milieu bien éclairé.

Les espèces caractéristiques du cluster 17 apparaissent dans le tableau 13.

	sum	fr	Asneux1	Skeuvre1	So3	sum7	fr7	pr >=7
<i>Epilobium hirsutum</i> >1	7	0,170731707	1	1	1	3	1	0,0037
<i>Epilobium hirsutum</i> >3	3	0,073170732	1	1	0	2	0,6667	0,0107
<i>Sparganium erectum</i>	12	0,292682927	1	1	1	3	1	0,0189
<b>Vallée en \---/</b>	15	0,365853659	1	1	1	3	1	0,0383

Tableau13. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster17.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Epilobium hirsutum*, *Filipendula ularia*, *Poa trivialis*, *Oxyrrhynchium hians*, *Glyceria notata*, *Juncus effusus* présent et abondant et *Sparganium erectum* abondant.

Avec le cluster17, on est clairement dans le *Epilobio hirsuti* – *Filipenduletum ulmariare* Niemann, Heinrich et Hilbig 1973. On est dans des champs, pâtures, en milieu éclairé, avec une influence humaine importante.

Les espèces caractéristiques du cluster 18 apparaissent dans le tableau 14.

	sum	fr	Skeuvre3	Skeuvre4	Sheuvre4bis	Champion	Biron	Ferme de Véhis	sum 8	Fr 8	pr >=8
<i>Phalaris arundinacea</i>	12	0,292682927	1	1	1	1	1	4	1	0,0056	
<i>Oscillatoria limosa</i>	16	0,390243902	1	1	1	1	1	4	1	0,018	
<i>Phormidium chalybeum</i>	6	0,146341463	1	1	0	1	1	3	0,75	0,0068	
<b>Fermes à proximité</b>	10	0,243902439	1	0	1	1	1	3	0,75	0,0355	
<b>Pollution domestique</b>	10	0,243902439	1	1	1	0	0	3	0,75	0,0376	
<b>Occupation humaine 26-50%</b>	3	0,073170732	0	1	1	0	0	2	0,5	0,0191	
<i>Solanum dulcamara</i>	4	0,097560976	1	0	1	0	0	2	0,5	0,0381	

Tableau14. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster18.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Fraxinus excelsior*, *Epilobium hirsutum* et *Angelica sylvestris*.

On peut classer le cluster18 dans l'*Urtico dioicae-Phalaridetum arundinaceae* Schmidt 1981. On est dans des milieux où se conjuguent la pression de l'occupation humaine et celle de l'agriculture.

## 3.5. Analyse du cluster de 52 relevés

### 3.5.1. Analyse du fichier floristique

L'analyse factorielle multiple a été menée avec trois sous-tableaux : 133 variables floristiques pour les Anthophytes, 39 pour les Bryophytes et 47 pour les algues. Les cinq premières valeurs propres sont significatives.

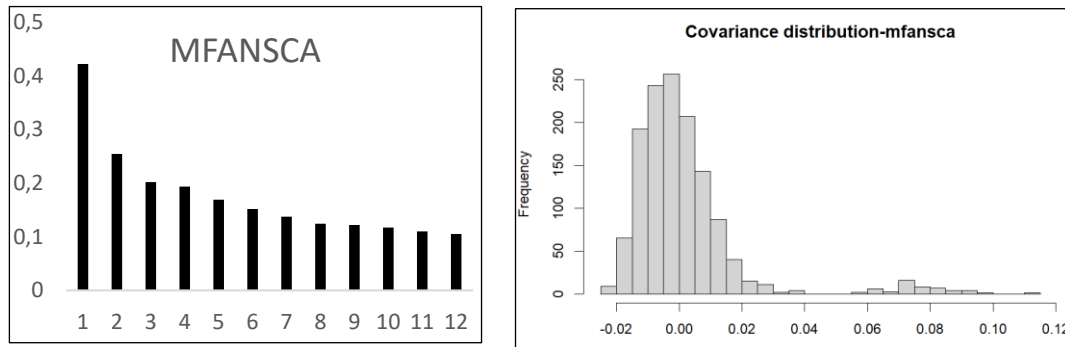


Figure 41. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Douze premières valeurs propres et distribution des coefficients de distance.

En se basant sur les contributions relatives des variables floristiques et des relevés, l'axe 1 (figures 42 et 44) oppose principalement, d'un côté *Glyceria notata* présent et abondant et *Veronica beccabunga* occupant des petits ruisseaux et de l'autre des espèces de berge et rhéophiles du cours inférieur du Bocq ou de ses affluents avec *Fontinalis antipyretica*, *Fissidens crassipes*, *Cinclidotus riparius*, *Impatiens glandulifera*, *Fraxinus excelsior* et *Ranunculus fluitans*.

L'axe 2 oppose *Leptodictyum riparium*, *Nasturtium officinale*, *Cratoneuron filicinum*, *Platyhypnidium riparioides*, *Microspora amoena* et *Callitriche obtusangula* occupant des relevés du Bocq supérieur à *Poa trivialis*, *Rumex conglomeratus* et *Veronica beccabunga* occupant des sites ouverts en milieu agricole.



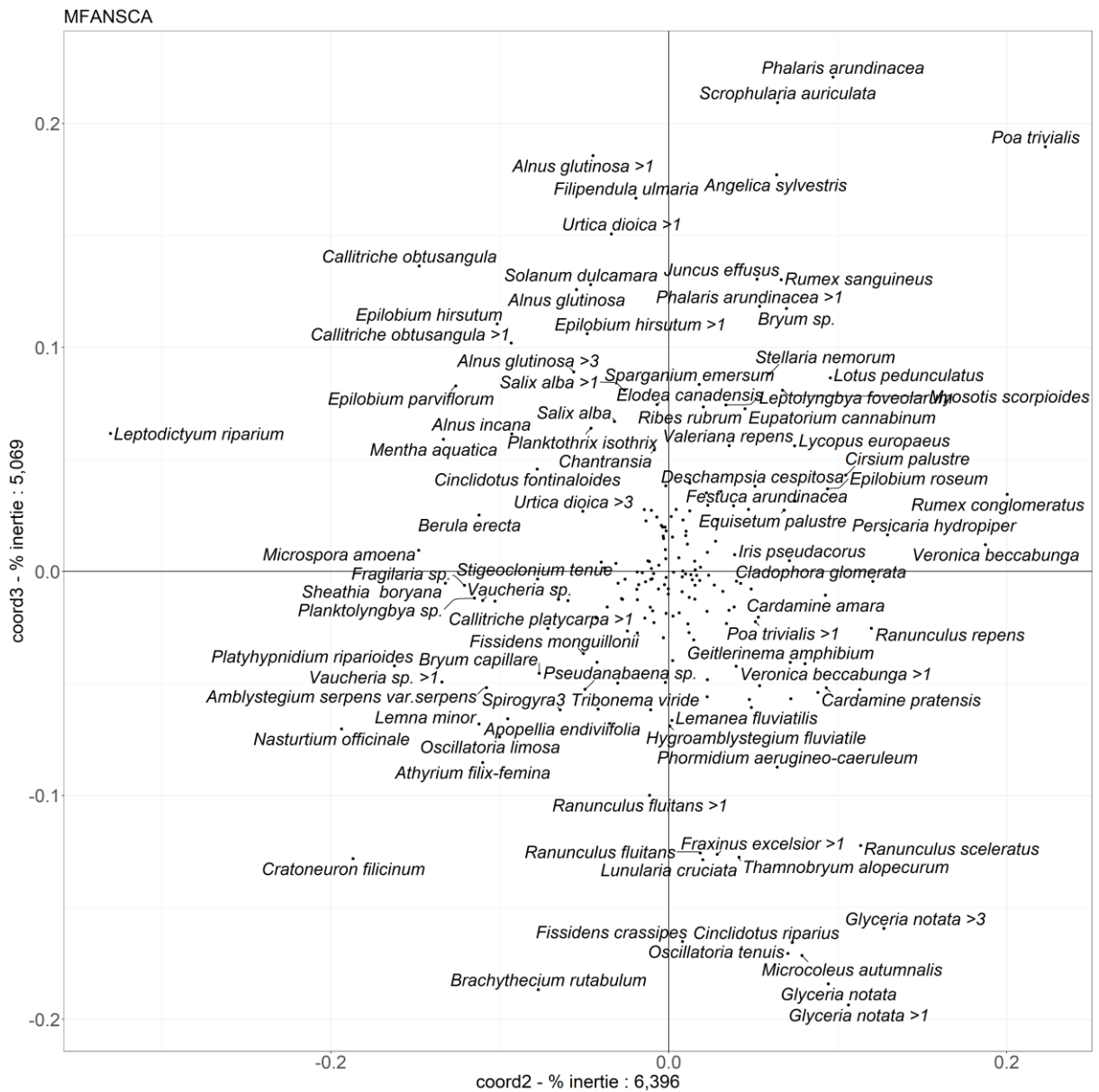


Figure 43. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Coordonnées des espèces sur les axes 2 et 3.

L'axe 3 (Figures 43 et 45) oppose *Phalaris arundinacea*, *Scrophularia auriculata*, *Poa trivialis*, *Filipendula ulmaria* occupant plusieurs sites espacés du Bocq ou d'affluents à *Glyceria notata* présent ou abondant, *Brachythecium rutabulum*, *Microcoleus autumnalis* et *Oscillatoria tenuis* occupant aussi des sites très différents.

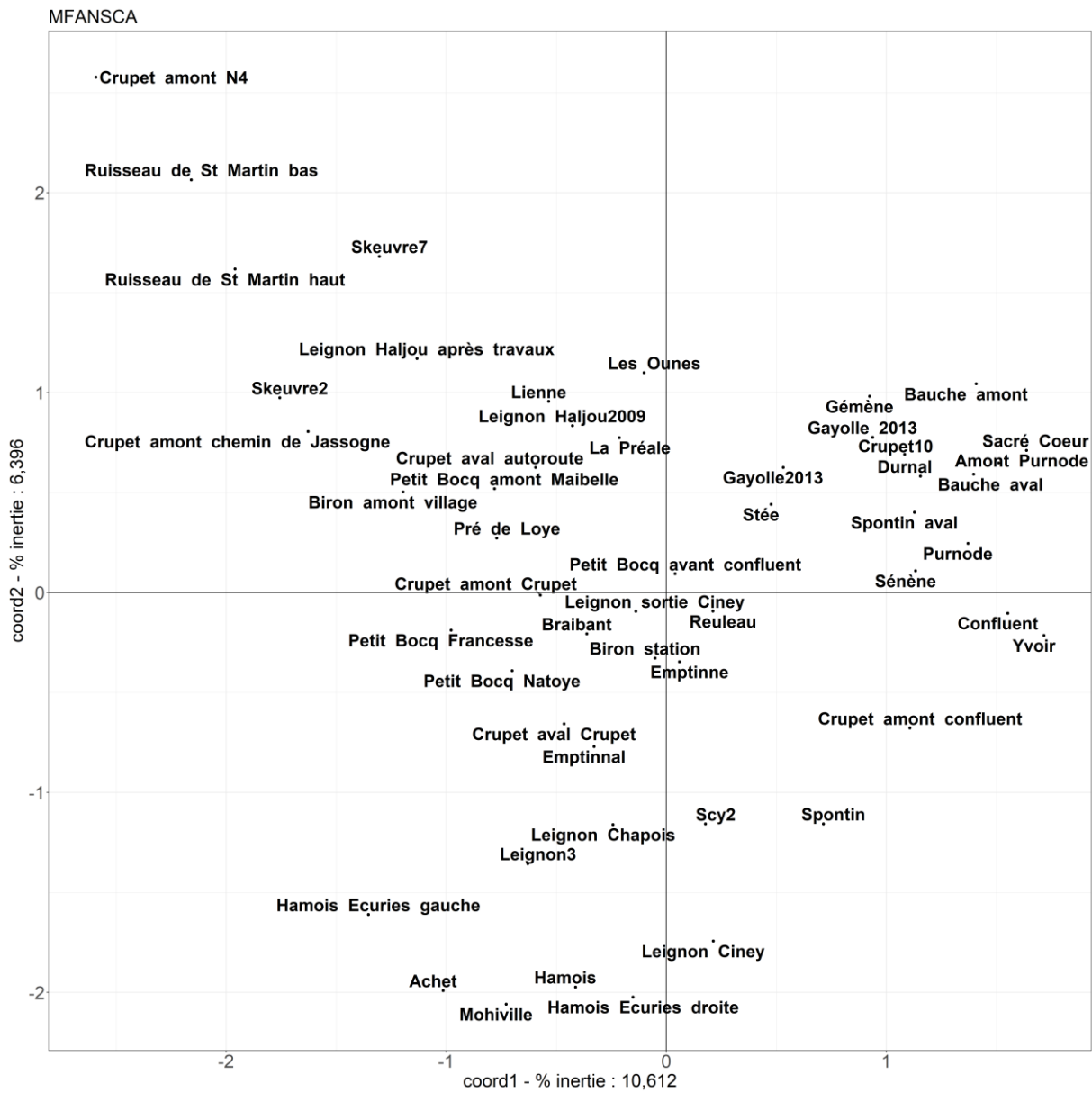


Figure 44. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Coordonnées des relevés sur les axes 1 et 2.

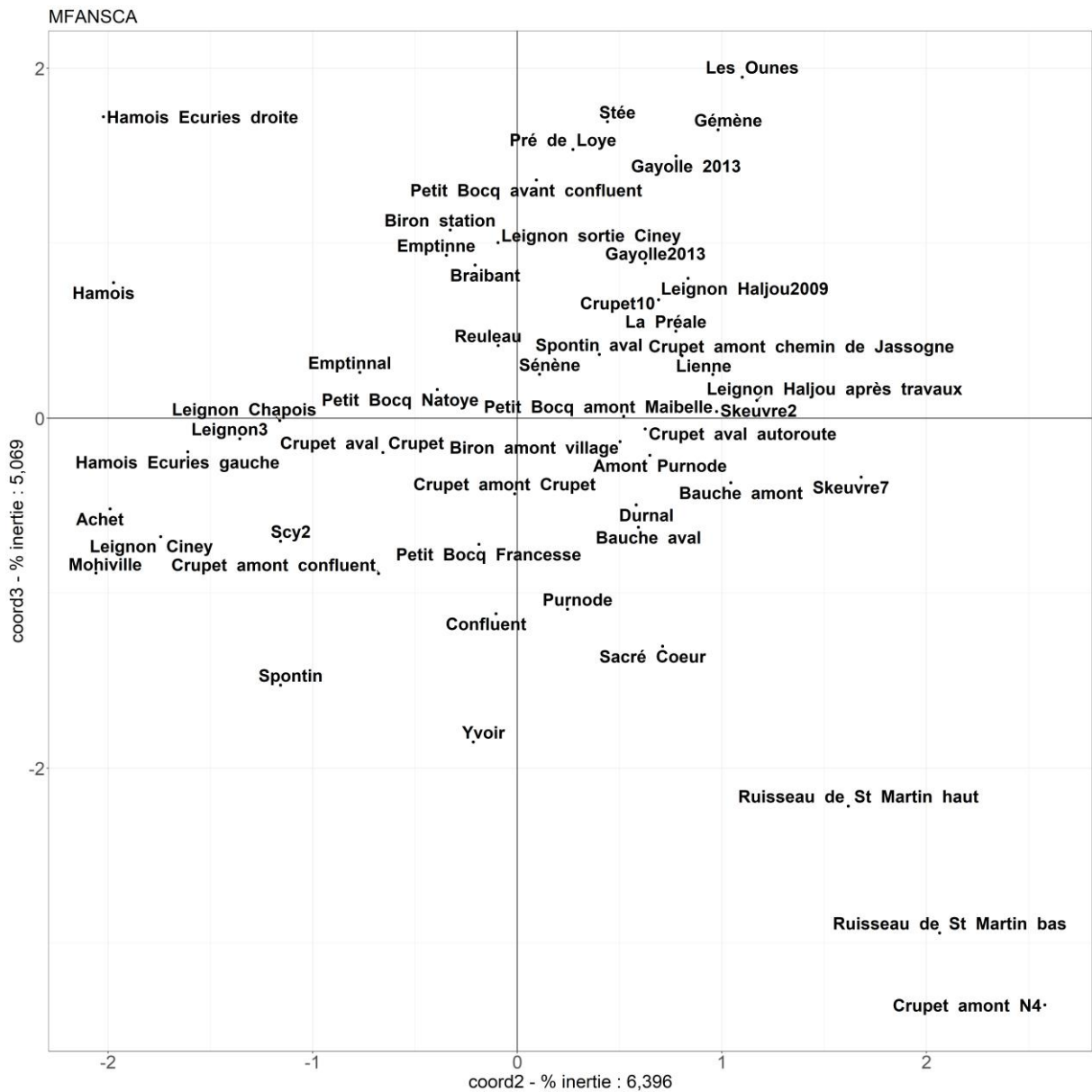


Figure 45. Analyse factorielle multiple du fichier floristique. Coordonnées des relevés sur les axes 2 et 3.

L'opération suivante consiste à classer les relevés. Avec les programmes Elbow et Silhouette (figure 46), on arrive à la conclusion qu'il y a 7 clusters.

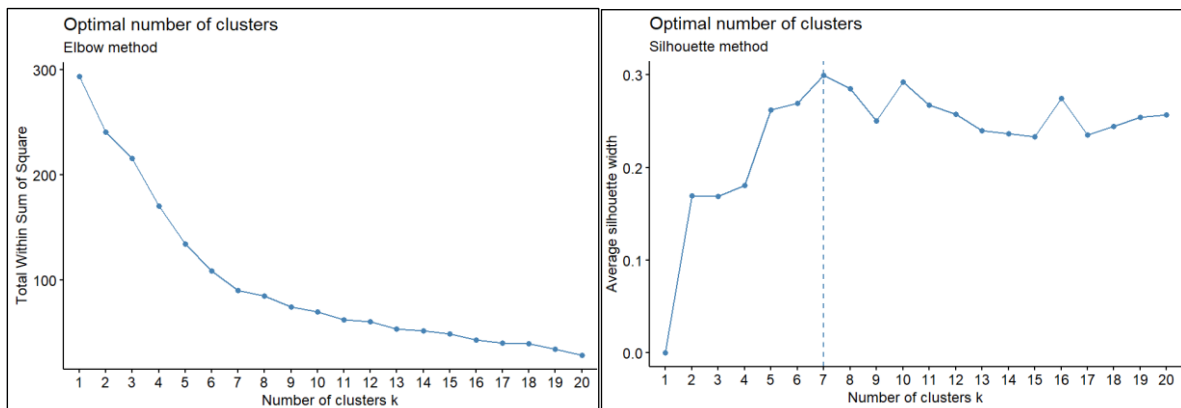


Figure 46. Recherche du nombre de clusters avec les logiciels Elbow et Silhouette.

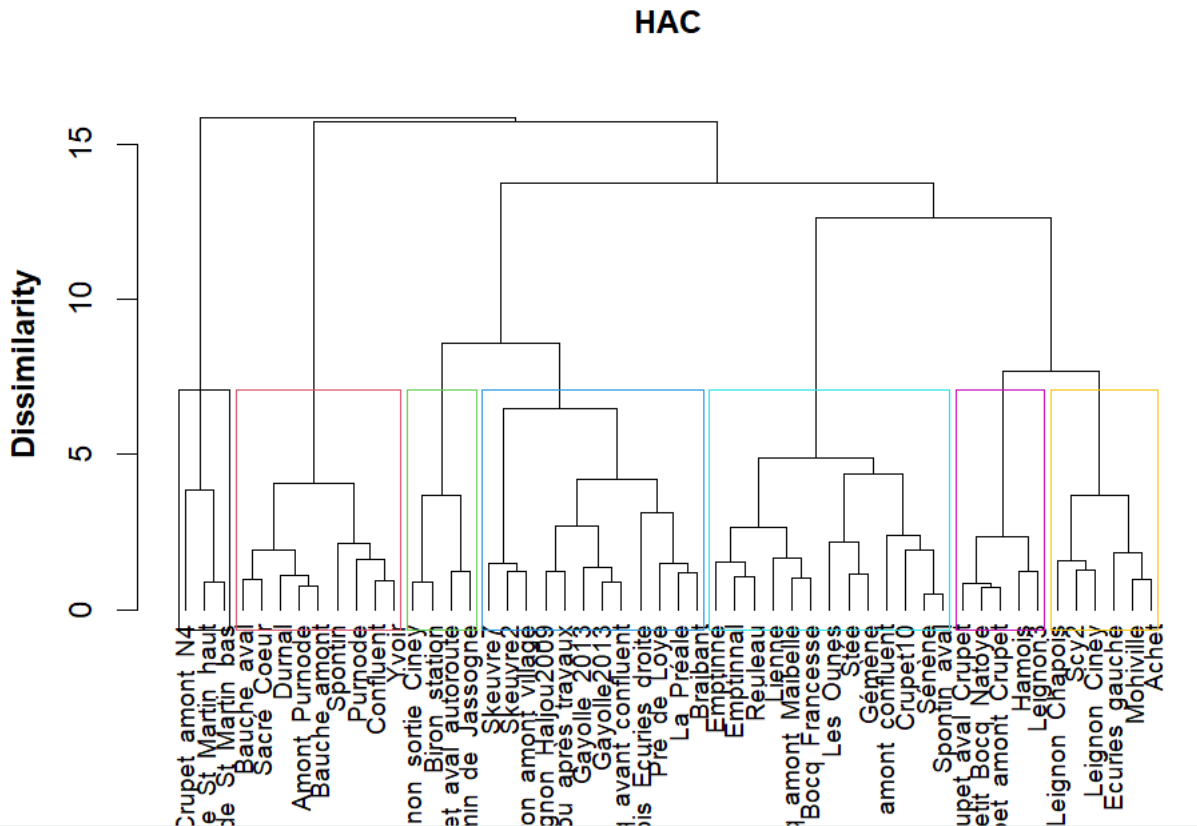


Figure 47. Classification hiérarchique ascendante des 41 relevés.

La liste des relevés dans les 7 clusters apparaît dans le tableau 15.

Cluster21	Cluster22	Cluster23	Cluster24
Scy2	La Préale	Hamois	Les Ounes
Mohiville	Hamois Ecuries droite	Petit Bocq Natoye	Emptinne
Achet	Braibant	Crupet amont Crupet	Emptinnal
Hamois Ecuries gauche	Gayolle 2013	Crupet aval Crupet	Lienne
Leignon Chapois	Gayolle2013	Leignon3	Stée
Leignon Ciney	Petit Bocq avant confluent		Gémène
	Pré de Loye		Reuleau
	Skeuvre2		Sénène
	Skeuvre7		Spontin aval
	Leignon Haljou2009		Petit Bocq amont Maibelle
	Leignon Haljou après travaux		Petit Bocq Francesse
	Biron amont village		Crupet10
			Crupet amont confluent
Cluster25	Cluster26	Cluster27	
Spontin	Crupet amont N4	Crupet aval autoroute	
Durnal	Ruisseau de St Martin haut	Crupet amont chemin de Jassogne	

Amont Purnode	Ruisseau de St Martin bas	Leignon sortie Ciney	
Purnode		Biron station	
Bauche amont			
Bauche aval			
Confluent			
Sacré Coeur			
Yvoir			

Tableau 15. Répartition des relevés du cluster2 dans 7 nouveaux clusters.

### 3.5.2. Analyse des fichiers floristique et environnemental réunis

L'analyse factorielle multiple montre que les cinq premières valeurs propres sont significatives. Le parallélisme entre la dispersion des espèces et celle de variables environnementales apparaît dans les figures 48 et 49.

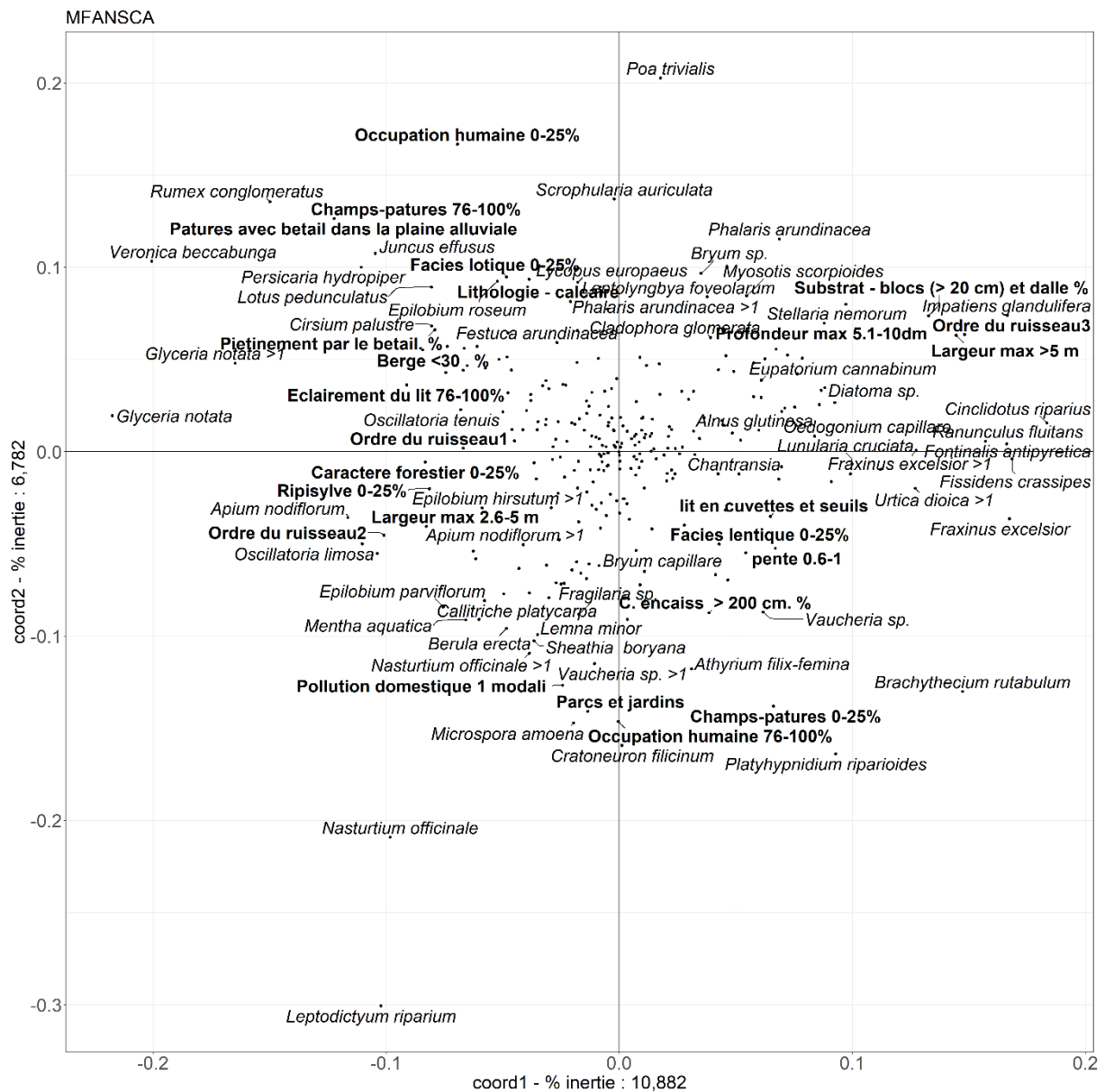


Figure 48. Analyse factorielle multiple des fichiers floristique et environnemental réunis. Coordonnées des variables sur les axes 1 et 2.

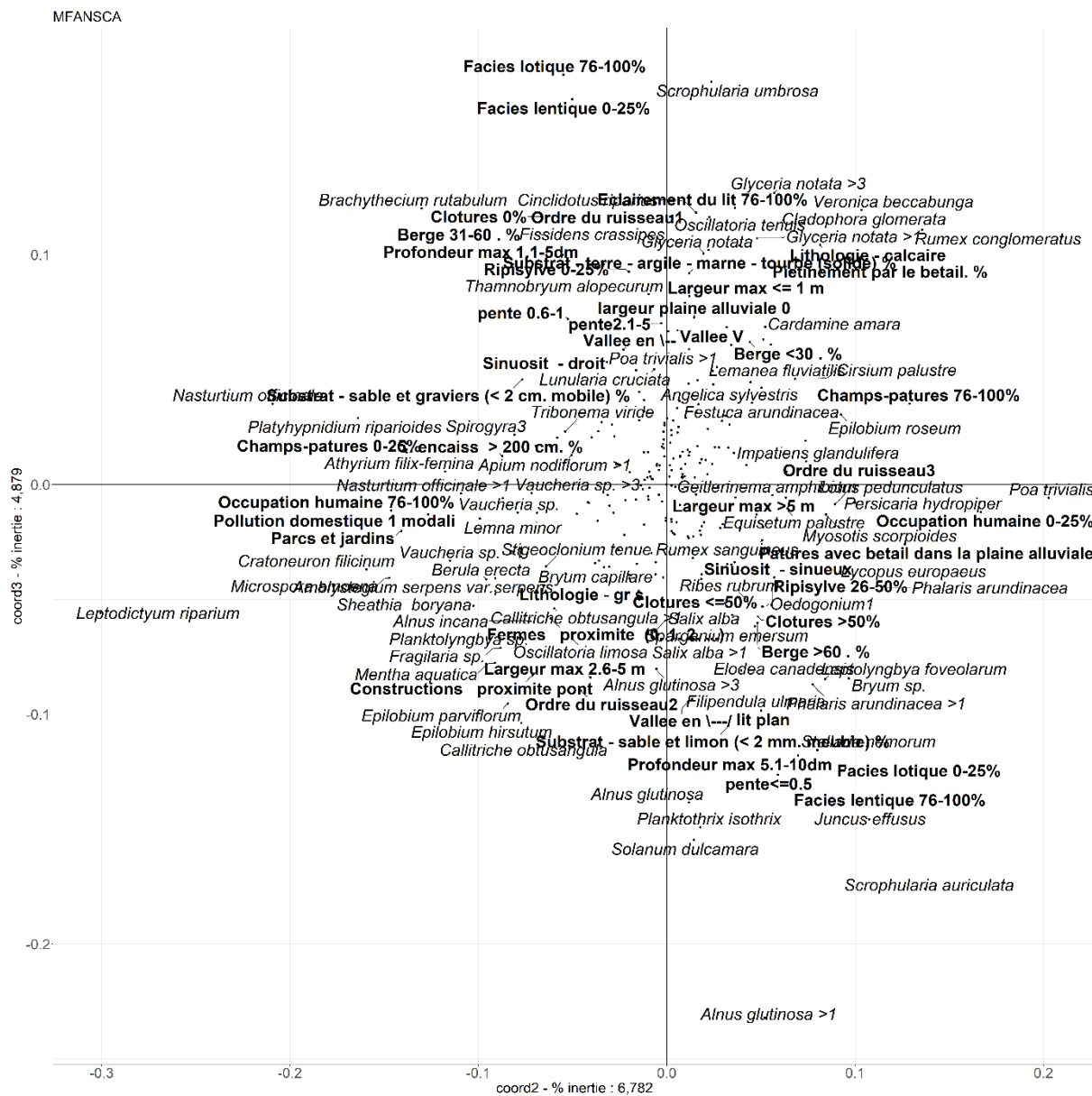


Figure 49. Analyse factorielle multiple des fichiers floristique et environnemental réunis. Coordonnées des variables sur les axes 2 et 3.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 21 apparaissent dans le tableau 16.

	sum	fr	Scy2	Mohiville	Achet	Hamois Ecuries gauches	Leignon Chapois	Leignon Ciney	sum 1	fr 1	pr >=1
<b>Champs-pâtures 0-25%</b>	17	0,3269	1	1	1	1	1	1	6	1	5,00E-04

<i>Leptodictyum riparium</i>	21	0,4038	1	1	1	1	1	1	1	6	1	0,0026
<i>Nasturtium officinale</i>	23	0,4423	1	1	1	1	1	1	1	6	1	0,0054
<b>Occupation humaine 76-100%</b>	9	0,1731	1	1	1	0	1	1	1	5	0,8333	3,00E-04
<i>Microspora amoena</i>	10	0,1923	1	1	1	0	1	1	1	5	0,8333	4,00E-04
<i>Mentha aquatica</i>	17	0,3269	0	1	1	1	1	1	1	5	0,8333	0,0102
<b>Profondeur max. 1,1-5dm</b>	19	0,3654	1	1	0	1	1	1	1	5	0,8333	0,0217
<i>Lemna minor</i>	6	0,1154	1	1	1	1	0	0	0	4	0,6667	9,00E-04
<i>Nasturtium officinale</i> >1	6	0,1154	0	1	1	1	1	0	0	4	0,6667	0,0011
<i>Athyrium filix-femina</i>	9	0,1731	1	1	0	0	1	1	1	4	0,6667	0,0065
<i>Callitriche platycarpa</i>	10	0,1923	0	1	1	0	1	1	1	4	0,6667	0,0111
<i>Vaucheria</i> sp. >1	11	0,2115	0	1	1	1	1	0	0	4	0,6667	0,0133
<i>Apium nodiflorum</i>	13	0,25	1	1	1	1	0	0	0	4	0,6667	0,029
<b>Parcs et jardins</b>	14	0,2692	1	1	1	0	1	0	0	4	0,6667	0,0384
<i>Apium nodiflorum</i> >1	5	0,0962	1	1	0	1	0	0	0	3	0,5	0,0072
<i>Fragilaria</i> sp.	5	0,0962	0	1	1	0	0	0	1	3	0,5	0,0083
<i>Callitriche platycarpa</i> >1	5	0,0962	0	1	1	0	0	0	1	3	0,5	0,0089
<i>Berula erecta</i>	7	0,1346	0	1	1	1	0	0	0	3	0,5	0,0251
<i>Sheathia boryana</i>	7	0,1346	1	1	1	0	0	0	0	3	0,5	0,0261
<i>Alnus incana</i>	7	0,1346	0	1	0	0	1	1	1	3	0,5	0,0269
<i>Berula erecta</i> >1	3	0,0577	0	1	1	0	0	0	0	2	0,3333	0,0321
<i>Anabaena oscillarioides</i>	3	0,0577	1	0	0	0	1	0	0	2	0,3333	0,0337

Tableau 16. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster21.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Epilobium hirsutum*, *Vaucheria* sp., *Fraxinus excelsior*, *Platryhypnidium riparioides*, *Oscillatoria limosa* et *Urtica dioica* présent et abondant, *Chantransia*, *Alnus glutinosa*, *Filipendula ulmaria*, *Microcoleus autumnalis* et *Melosira varians*.

Le cluster21, en milieu urbanisé, est rangé facilement dans le *Nasturtietum officinalis* Seibert 1962. L'occupation humaine est prépondérante.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 22 apparaissent dans le tableau 17.

	sum	fr	La Préale	Hamois Ecuries droite	Braibant	Gayolle 2013	Gayolle2013	Petit Bocq avant confluent	Pré de Loye	Skeuvre2	Skeuvre7	Leignon Haljou2009	Leignon Haljou après travaux	Biron amont village	sum2	fr2	pr>=2
<b>Pâturage</b>	30	0,5769	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10	0,833	0,0393
<i>Juncus effusus</i>	17	0,3269	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	0,75	9,00E-04

<i>Veronica beccabunga</i>	25	0,4808	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,75	0,0336
<b>Champs-pâtures 76-100%</b>	26	0,5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,75	0,0489
<i>Rumex conglomeratus</i>	20	0,3846	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	0,667	0,0265
<i>Persicaria hydropiper</i>	14	0,2692	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	7	0,583	0,0083
<b>Facies lentique 76-100%</b>	15	0,2885	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	7	0,583	0,0157
<b>Facies lotique 0-25%</b>	16	0,3077	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	7	0,583	0,0287
<i>Lotus pedunculatus</i>	9	0,1731	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	6	0,5	0,003	
<i>Cirsium palustre</i>	12	0,2308	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	6	0,5	0,0207	
<i>Apium nodiflorum</i>	13	0,25	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	6	0,5	0,0332	
<i>Eupatorium cannabinum</i>	10	0,1923	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5	0,417	0,035	
<i>Filipendula ulmaria</i> >1	10	0,1923	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	5	0,417	0,0372	
<i>Alnus incana</i>	7	0,1346	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0,333	0,0413	
<i>Alnus glutinosa</i> >3	7	0,1346	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0,333	0,0456	
<i>Veronica beccabunga</i> >1	4	0,0769	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	3	0,25	0,034	
<i>Equisetum palustre</i>	4	0,0769	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0,25	0,0355	
<i>Mougeotia</i> sp.	2	0,0385	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,167	0,0452	
<i>Scirpus sylvaticus</i>	2	0,0385	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0,167	0,0485	

Tableau 17. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster22.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Cladophora glomerata*, *Melosira varians*, *Alnus glutinosa* présent et abondant, *Filipendula ulmaria*, *Ranunculus repens*, *Phalaris arundinacea*, *Poa trivialis* et *Epilobium hirsutum*.

Le cluster22 correspond au *Junco effusi* – *Loletum uliginosi* Passarge 1975 ex 1988 de bordure de fossé et de végétations prairiales des sols inondables, engorgés ou non, essentiellement minéraux, mésotrophes à eutrophes (ROYER *et al.*, 2006). Le pâturage et l'occupation humaine se conjuguent pour façonner ce groupement.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 23 apparaissent dans le tableau 18.

	sum	fr	Hamois	Petit Bocq	Natoyé	Crupet amont	Crupet aval	Leignon3	sum3	fr3	pr>=3
<i>Leptodictyum riparium</i>	21	0,4038	1	1	1	1	1	1	5	1	0,0079
<i>Epilobium roseum</i>	23	0,4423	1	1	1	1	1	1	5	1	0,0132
<b>Substrat - sable et graviers</b>	24	0,4615	1	1	1	1	1	1	5	1	0,0173
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	28	0,5385	1	1	1	1	1	1	5	1	0,0356
<i>Oscillatoria limosa</i>	29	0,5577	1	1	1	1	1	1	5	1	0,0423
<i>Planktolynghya</i> sp.	10	0,1923	1	0	1	1	1	1	4	1	0,0036
<i>Cratoneuron filicinum</i>	13	0,25	0	1	1	1	1	1	4	1	0,0113

<i>Epilobium parviflorum</i>	16	0,3077	0	1	1	1	1	4	1	0,0245
<b>Pollution domestique</b>	16	0,3077	0	1	1	1	1	4	1	0,0276
<i>Stigeoclonium tenue</i>	5	0,0962	1	0	0	1	1	3	1	0,0044
<b>Ripisylve 51-75%</b>	7	0,1346	1	0	1	1	0	3	1	0,0148
<i>Tribonema viride</i>	8	0,1538	0	0	1	1	1	3	1	0,0238
<i>Limnothrix redekei</i>	2	0,0385	0	1	0	1	0	2	0	0,0065
<i>Limnothrix cf. guttata</i>	2	0,0385	0	0	0	1	1	2	0	0,0084
<b>Champs-pâtures 51-75%</b>	4	0,0769	0	0	1	1	0	2	0	0,0399
<i>Juncus inflexus</i>	4	0,0769	0	1	1	0	0	2	0	0,0419

Tableau 18. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster23.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Melosira varians*, *Filipendula ulmaria*, *Alnus glutinosa* présent et abondant, *Phalaris arundinacea*, *Microcoleus autumnalis*, *Epilobium hirsutum*, *Urtica dioica* présent et abondant, *Chantransia*, *Nasturtium officinale*, *Rumex conglomeratus* et *Pseudanabaena* sp..

Le cluster23 étant caractérisé par les deux espèces *Leptodictyum riparium* et *Epilobium roseum*, dans des milieux à forte pollution domestique, ne rejoint aucune association décrite. Nous l'appellerons provisoirement groupement à *Leptodictyum riparium* et *Epilobium roseum*.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 24 apparaissent dans le tableau 19

	sum	fr	Les Ounes	Emptinne	Emptinnal	Lienne	Stée	Gémène	Reuleau	Sénène	Spontin aval	Petit Bocq amont Maibelle	Petit Bocq Francesse	Crupet10	Crupet amont confluent	sum4	fr4	pr>=4
<b>Occupation humaine 0-25%</b>	32	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	12	0,9231	0,0076
<i>Chantransia</i>	34	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0,9231	0,0182
<i>Alnus glutinosa</i> >1	29	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11	0,8462	0,0161
<b>Lithologie - calcaire</b>	32	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	11	0,8462	0,0449
<i>Leptolyngbya foveolarum</i>	14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	10	0,7692	0
<i>Scrophularia auriculata</i>	13	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	9	0,6923	1,00E-04
<i>Fontinalis antipyretica</i>	20	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	9	0,6923	0,0115
<b>Profondeur max. 5,1-10dm</b>	23	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	9	0,6923	0,0369
<b>pente&lt;=0,5</b>	11	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7	0,5385	0,0029
<i>Salix alba</i>	9	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	5	0,3846	0,0322
<i>Elodea canadensis</i>	5	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0,3077	0,0101
<i>Cardamine flexuosa</i>	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	4	0,3077	0,013
<i>Salix alba</i> >1	6	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0,3077	0,0299
<i>Sparganium emersum</i>	4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0,2308	0,0427
<i>Ranunculus peltatus</i>	4	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0,2308	0,043

<i>Potamogeton berchtoldii</i>	4	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0,2308	0,0471
--------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------	--------

Tableau 19. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster24.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Alnus glutinosa*, *Urtica dioica* présent et abondant, *Melosira varians*, *Phalaris arundinacea*, *Microcoleus autumnalis*, *Vaucheria* sp., *Filipendula ulmaria*, *Cladophora glomerata*, *Oscillatoria limosa*, *Angelica sylvestris*, *Poa trivialis*, *Epilobium hirsutum*, *Epilobium roseum*, *Juncus effusus*, *Platyhypnidium riparioides* et *Oscillatoria tenuis*.

Le cluster24 correspond plus à un groupement comprenant une strate ligneuse de berge, une végétation de marge de ruisseau et des plages d'hydrophytes, en milieu eutrophisé. La pente du ruisseau est faible et la profondeur maximale est comprise entre 5 et 10 dm. Nous l'appellerons provisoirement aulnaie de berge à hydrophytes.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 25 apparaissent dans le tableau 20.

	sum	fr	Spontin	Durnal	Amont	Purnode	Bauche amont	Bauche aval	Confluent	Sacré Coeur	Yvoir	sum5	fr5	pr>=5
<b>Largeur max. &gt;5 m</b>	18	0,3462	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	0
<b>Ordre du ruisseau3</b>	17	0,3269	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	25	0,4808	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	5,00E-04
<b>Substrat - blocs</b>	26	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	0,0012
<i>Microcoleus autumnalis</i>	38	0,7308	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	0,0469
<i>Fraxinus excelsior</i> >1	9	0,1731	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8	0,8889	0
<i>Cinclidotus riparius</i>	8	0,1538	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,8889	0
<b>Facies lentique 0-25%</b>	26	0,5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,8889	0,0102
<b>Facies lotique 76-100%</b>	29	0,5577	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,8889	0,027
<i>Ranunculus fluitans</i>	11	0,2115	1	1	1	1	0	0	1	1	1	7	0,7778	0
<i>Brachythecium rutabulum</i>	13	0,25	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7	0,7778	5,00E-04
<i>Impatiens glandulifera</i>	16	0,3077	0	1	1	1	1	0	1	1	1	7	0,7778	0,0016
<b>Champs-pâtures 0-25%</b>	17	0,3269	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7	0,7778	0,0034
<b>Eclairement du lit 26-50%</b>	17	0,3269	0	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0,7778	0,0035
<i>Scrophularia umbrosa</i>	19	0,3654	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0,7778	0,0085
<i>Fontinalis antipyretica</i>	20	0,3846	1	1	1	1	1	0	1	0	1	7	0,7778	0,012
<b>Profondeur max. 5,1-10dm</b>	23	0,4423	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7	0,7778	0,0339
<i>Fissidens crassipes</i>	11	0,2115	1	0	0	1	1	0	1	1	1	6	0,6667	0,0016
<i>Lunularia cruciata</i>	6	0,1154	0	1	1	1	0	0	1	0	1	5	0,5556	2,00E-04
<i>Lemanea fluviatilis</i>	6	0,1154	0	1	0	1	1	1	0	1	0	5	0,5556	3,00E-04
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	7	0,1346	0	0	0	1	1	1	0	1	1	5	0,5556	8,00E-04
<i>Cardamine amara</i>	9	0,1731	0	1	1	1	1	0	0	1	0	5	0,5556	0,0047
<i>Aconitum lycoctonum subsp. vulparia</i>	5	0,0962	0	1	1	0	0	1	0	1	0	4	0,4444	0,0024
<i>Petasites hybridus</i>	6	0,1154	0	0	1	0	0	1	1	1	0	4	0,4444	0,0063

<i>Impatiens glandulifera</i> >1	7	0,1346	0	1	0	0	0	0	1	1	1	4	0,4444	0,0116
<i>Ranunculus fluitans</i> >1	7	0,1346	1	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0,4444	0,0122
<i>Sheathia arcuata</i>	7	0,1346	0	1	0	1	1	0	1	0	0	4	0,4444	0,0135
<i>Gongrosira incrustata</i>	3	0,0577	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0,3333	0,0043
<i>Persicaria bistorta</i>	4	0,0769	0	1	1	0	0	1	0	0	0	3	0,3333	0,014
<i>Hildenbrandia rivularis</i>	5	0,0962	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3	0,3333	0,0343
<b>Caractère forestier 76-100%</b>	2	0,0385	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0,2222	0,0268
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i>	2	0,0385	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0,2222	0,0277
<i>Dipsacus pilosus</i>	2	0,0385	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0,2222	0,0287
<i>Cinclidotus riparius</i> >1	2	0,0385	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0,2222	0,0303

Tableau 20. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster 25.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et pr >0,05), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Melosira varians*, *Vaucheria* sp., *Filipendula ulmaria*, *Alnus glutinosa*, *Phalaris arundinacea*, *Cladophora glomerata*, *Chantransia*, *Angelica sylvestris*, *Platyhypnidium riparioides*, *Epilobium hirsutum*, *Oedogonium* sp, et *Diatoma* sp.

Le cluster 25 est facilement rangé dans le *Ranunculium fluitantis* Allorge 1922 ex Koch 1926 des eaux courantes pas à moyennement ombragées, avec des Bryophytes aquatiques et des Rhodophytes.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 26 apparaissent dans le tableau 21.

	sum	fr	Crupet amont N4	Ruisseau de St Martin haut	Ruisseau de St Martin bas	sum6	fr6	pr>=6
<i>Glyceria notata</i> >3	4	0,077	1	1	1	3	1	2,00E-04
<i>Glyceria notata</i> >1	13	0,25	1	1	1	3	1	0,0118
<b>Piétinement par le bétail</b>	15	0,288	1	1	1	3	1	0,02
<b>Berge &lt;30°</b>	17	0,327	1	1	1	3	1	0,0303
<i>Oscillatoria tenuis</i>	18	0,346	1	1	1	3	1	0,0386
<b>Profondeur max. 1,1-5dm</b>	19	0,365	1	1	1	3	1	0,0422
<b>largeur plaine alluviale 0</b>	3	0,058	0	1	1	2	0,6667	0,0069
<i>Phormidium aerugineo-caeruleum</i>	3	0,058	0	1	1	2	0,6667	0,0071
<b>penne 2,1-5</b>	3	0,058	0	1	1	2	0,6667	0,0073
<b>Vallée V</b>	4	0,077	0	1	1	2	0,6667	0,013
<b>Largeur max. &lt;= 1 m</b>	6	0,115	0	1	1	2	0,6667	0,0321
<i>Cladophora glomerata</i> >1	6	0,115	0	1	1	2	0,6667	0,0329
<i>Ranunculus sceleratus</i>	6	0,115	1	0	1	2	0,6667	0,0341

Tableau 21. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster 26.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica*, *Melosira varians*, *Cladophora glomerata*, *Oscillatoria limosa*, *Ranunculus repens*, *Epilobium roseum*, *Nasturtium officinale*, *Microcoleus autumnalis*, *Rumex conglomeratus* et *Veronica beccabunga*.

Le cluster 26 correspond, comme le cluster 14, au *Glycerietum plicatae* Kulczyński 1928.

Les variables floristiques et environnementales du cluster 27 apparaissent dans le tableau 22.

	sum	fr	Crupet aval autoroute	Crupet amont chemin de Jassogne	Leignon sortie Ciney	Biron station	sum7	fr 7	$pr \geq 7$
<i>Scrophularia umbrosa</i>	19	0,36538	1	1	1	1	4	1	0,014
<i>Leptodictyum riparium</i>	21	0,40385	1	1	1	1	4	1	0,0222
<i>Veronica beccabunga</i>	25	0,48077	1	1	1	1	4	1	0,0475
<i>Epilobium hirsutum</i> >1	9	0,17308	0	1	1	1	3	0,75	0,0118
<i>Rumex sanguineus</i>	11	0,21154	1	1	1	0	3	0,75	0,0256

Tableau 22. Variables floristiques et environnementales caractéristiques du cluster 27.

Aucune variable environnementale n'est caractéristique.

Les espèces compagnes (fréquences relatives supérieures à 0,5 et  $pr > 0,05$ ), par ordre décroissant de fréquence, sont : *Urtica dioica* présent et abondant, *Chantransia*, *Filipendula ulmaria*, *Phalaris arundinacea*, *Cladophora glomerata*, *Ranunculus repens*, *Epilobium hirsutum*, *Nasturtium officinale*, *Poa trivialis* et *Rumex conglomeratus*

Avec le cluster 27, la meilleure solution semble l'*Epilobio hirsuti* – *Filipenduletum ulmariare* Niemann, Heinrich et Hilbig 1973.

## 4. Propositions générales de gestion

En premier lieu, nous ne pouvons qu'acquiescer à l'affirmation de CATTEAU, DUHAMEL *et al.* (2009) : « La bonne qualité physico-chimique des eaux est un objectif préalable à toute mesure de gestion écologique. En effet, il est illusoire d'espérer restaurer un écosystème diversifié et fonctionnel qui soit baigné par des eaux polluées ». Cela étant dit, examinons les améliorations possibles dans les huit groupements végétaux décrits.

Les propositions sont simples :

- éviter tout piétinement et tout parcours de bétail dans les lits mineurs,
- clôturer, où c'est nécessaire, les ruisseaux à un mètre de la tête de bêche,

- interdire toute pulvérisation de pesticides ou épandage d'engrais chimiques dans les plaines alluviales ou à proximité des ruisseaux dans les vallées en V,
- dévier toutes les eaux usées vers les stations d'épuration,
- continuer à informer le public vers une meilleure protection des eaux de surface, comme le font le Contrats de rivière.

## 5. Conclusions générales

Le Bocq et ses affluents sont pour la plupart bien malades. Seulement 13,98 % des sites sont de qualité très élevée, ce sont les ruisselets en milieu boisé, à proximité des sources. 16,13 % sont de qualité moyenne, ce qui correspond au cours inférieur du Bocq. 7,53 % sont de qualité faible, dans le cours moyen du Bocq et dans le fond du Leignon. 36,55 % sont de qualité très faible dans les ruisselets en milieu agricole et dans les portions qui les suivent immédiatement et 25,81 % sont de qualité déplorable, dans les ruisselets où les pressions agricoles sont les plus fortes et dans les petits ruisseaux fortement contaminés par les rejets directs d'eaux usées principalement d'origine domestique.

Il importe donc d'assainir prioritairement les petits ruisseaux traversant les petits villages de plus en plus urbanisés et de lutter contre les effets néfastes de contaminations diverses provenant d'une agriculture parfois trop agressive. Les dérogations à la pose de clôtures le long de petits ruisseaux sont des non-sens environnementaux. L'argument que les cours supérieurs des ruisseaux n'ont chacun qu'une faible importance par rapport au débit du Bocq près de son embouchure avec la Meuse ne tient pas, car les ruisselets pollués sont de véritables nids à Cyanobactéries, dont certaines sont reconnues comme dangereuses. Ces Cyanobactéries sont emportées vers l'aval et risquent de contaminer des plans d'eaux situés dans le cours inférieur et d'y provoquer des efflorescences, avec tous les risques que cela présente.

Ce travail offre la possibilité d'évaluer assez facilement tout changement dans la qualité de l'eau en observant la répartition de quelques espèces le long des cours d'eau, comme *Callitriche platycarpa*, *C. obtusangula*, *Chantransia*, *Leptodictyum riparium*, *Sparganium erectum*.

## Bibliographie

- ANONYME (2011). *Déclaration environnementale, résultats 2010*. Inasep. 119 pp.
- ANONYME (2014). La restauration hydromorphologique des cours d'eau : premiers enseignements du projet Walphy. *Actes du colloque des 15, 16 et 17 octobre 2013*. 74 p.
- BOURNERIAS, M. (1979). *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*. C.D.U. et CEDES réunis, Paris. 509 p.
- BOUXIN, G. (1991). La végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin versant du Bocq (Condroz, Belgique). *Rev. Sci. Eau*, 4, 185-210.
- BOUXIN, G. (1999). Description de la végétation aquatique et du bord de l'eau dans le bassin hydrographique de la Molignée (Condroz, Belgique) par l'analyse multiscalaire des motifs. *Ecologie*, t. 30(3) : 139-163.

- BOUXIN, G. (2011a). *Végétation aquatique du Bocq et qualité d'eau*. Dans : Atlas du Karst Wallon, Commission Wallonne d'Étude et de Protection des Sites Souterrains, a.s.b.l., pp. 78-87.
- BOUXIN, G. (2011b). Évolution de la végétation macrophytique et trophie dans deux ruisseaux du bassin hydrographique de la Molinee (Condroz, Belgique). *Rev. Sci. Eau*, 24, 253-266.
- BOUXIN, G. (2013). Végétation macrophytique, environnement et qualité d'eau dans le bassin versant du Bocq (Belgique, Wallonie). *Rev. Sci. Eau*, 26, 1-19.
- BOUXIN, G. (2013). *Végétation du lit mineur des ruisseaux et zones humides dans le bassin versant de la Molinee*. Dans MICHEL, G & THYS, G. Atlas du Karst Wallon, bassins du Burnot et de la Molinee. Commission Wallonne d'Étude et de Protection des Sites Souterrains, La Hulpe, SPW. 80-90.
- BOUXIN, G. (2023). La végétation et la qualité de l'eau du Crupet. *Crup'Echos* 105 : 4-11.
- BOUXIN, G. (2024). *Analyse statistique des données de végétation*. Dernière mise à jour : mars 2024. <http://guy-bouxin.e-monsite.com>
- CATTEAU, E., F. DUHAMEL, M.-F. BALIGA, F. BASSO, F. BEDOUET, T. CORNIER, B. MULLIE, F. MORA, B. TOUSSAINT et B. VALENTIN (2009). *Guide des végétations des zones humides de la Région Nord- Pas de Calais*. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul. 632 p. Bailleul.
- CATTEAU, E., F. DUHAMEL et collaborateurs (2014). *Inventaire des végétations du nord-ouest de la France*. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul. 632 p. Bailleul. 170 p.
- DETHIOUX, M. (1980). Les glycérailles ripicoles de Belgique (*Glycerio-Sparganium* Braun-Blanquet et Sissingh 1942). *Natura Mosana*, 33, 128-136.
- ELORANTA, P., J. KWANDRANS et E. KUSELFETZMANN (2011). *Freshwater Flora of Central Europe. Rhodophyta and Phaeophyceae*. Vol. 7, Elsevier Spektrum, Akademischer Verlag. 155 p.
- ELLENBERG, H. (1979). Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Verbessere und erweiterte Auflage. *Scripta Geobotanica*, 9, 122p.
- ENTWISLE, T.J., M.L. VIS, W.B. CHIASSON, O. NECCHI, Jr. et A.R. SHERWOOD (2009). Systematics of the Batrachospermales (*Rhodophyta*) – A synthesis. *J. Phycol.*, 45, 704-715.
- FERNEZ T. et CAUSSE G. (2015). *Synopsis phytosociologique des groupements végétaux d'Île-de-France*. Version 1 - avril 2015. Conservatoire botanique national du Bassin parisien - Muséum national d'Histoire naturelle, délégation Île-de-France, Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie Île-de-France. 89 p.
- FOERSTER, J., A. GUTOWSKI et J. SCHAUMBURG (2004). Defining types of running waters in Germany using benthic algae: A prerequisite for monitoring according to the Water Framework Directive. *J. Appl. Phycol.*, 16, 407-418.
- FRANÇOIS, R., T. PREYT, J.-C. HAUGUEL, E. CATTEAU, C. FARVAQUES, F. DUHAMEL, C. NICOLAZO, F. MORA, T. CORNIER et J.-M. VALET (2012). *Guide des végétations des zones humides de Picardie*. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul. 656 p. Bailleul.
- JOHN, D.M., B.A. WHITTON et A.J. BROOK (2011). *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, UK, 878 p.

- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS (2005). Freshwater flora of Central Europe. *Cyanoprokaryota*. 19/2. Teil : *Oscillatoriales*. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 758 p.
- LAMBINON, J. & VERLOOVE, F. et collaborateurs (2012). *Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Péridophytes et Spermatophytes)*. Edition du Jardin botanique national de Belgique. Sixième édition. 1195 p.
- LEURQUIN, J. (2006). Etude des épilobes (*Epilobium*) et de leurs hybrides de la Belgique et des régions voisines. Publication à compte d'auteur, Lotissement Coputienne, 10 - 6920 Wellin, 103 pp.
- NOIRFALISE, A. (1984). *Forêts et stations forestières en Belgique*. Les Presses agronomiques de Gembloux. 234 p.
- REYNAERTS, S. (1992). *Etude de la qualité des eaux du moyen Bocq*. TFE en vue de l'obtention du grade d'ingénieur agronome. Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux. 94 p.
- OBERDORFER, E. (1998). *Süddeutsche Pflanzen-gesellschaften. Teil I: Fels- und Mauer-gesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften*. 4. Auflage. Gustav Fischer. 314 p.
- ROYER, J.-M., FELZINNES, J.-C., MISSET, C. & THÉVENIN, S. (2006). Synopsis commenté des groupements végétaux de la Bourgogne et de la Champagne-Ardenne. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*. Nouvelle série, numéro spécial 25. 394 p.
- SALOMAKI, E.D., J. KWANDRANS, P. ELORANTA & M.L. VIS (2014). Molecular and morphological evidence for *SHEATHIA* gen. nov. (Batrachospermales, Rhodophyta) and three new species. *J. Phycol.*, 50, 526-542.
- SOTIAUX, A., H. STIEPERAERE & A. VANDERPOORTEN (2007). Bryophytes checklist and European red list of the Brussels-Capital Region, Flanders and Wallonia (Belgium). *Belg. J. Bot.*, 140, 174-196.
- TENEVA, I, D. ASPARUHOVA, B. DZHAMBAZOV, R. MLADENOVAND & K. SCHIRMER (2003). The freshwater cyanobacterium *Lyngbya aerugineo-coerulea* produces compounds toxic to mice and to mammalian and fish cells. *Environmental Toxicology*, 18, 9-20.
- TISON, J.-M. & de FOUCAULT, B. (coords), 2014. *Flora Gallica. Flore de France*. Biotope, Mèze, xx + 1196 p.
- STRUNECKY, O, J. KOMÁREK, J. JOHANSEN, A. LUKEŠOVÁ & J. ELSTER (2013). Molecular and morphological criteria for revision of the genus *Microcoleus* (*Oscillatoriales*, *Cyanobacteria*). *J. Phycol.*, 49, 1167-1180.
- THÉBAUD, G., C. ROUX, C.-E. BERNARD & A. DELCOIGNE (2014). *Guide d'identification des végétations du nord du Massif central*. Presse universitaires Blaise Pascal. 274 p.

## Remerciements

La mention "Origine de l'information : SPW - DGARNE - Direction des Eaux de Surface" accompagne les données mises à disposition. Tout le long de ce travail, l'aide apportée par Philippe De ZUTTERE† dans l'identification des Bryophytes fut précieuse. Tous les doubles des herbiers de *Sheathia* (Rhodophytes, *Batrachospermaceae*) ont été déposés à l'Université d'Athens dans l'Ohio (USA) dans le service du Professeur M.L. VIS ; l'identification des échantillons a été précisée par observation au microscope optique et par voie

biochimique. Les cartes des rejets d'eaux usées dans le Bocq ont été aimablement communiquées par le Contrat de Rivière Haute Meuse.

## Annexes

### Localisation des relevés au GPS

Relevés	Position				Altitude
	Haut		Bas		
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
Scy1	50° 18' 11.8"	05° 12' 29.4"	50° 18' 09.6"	05° 12' 28.3"	301 m
Scy2	50° 18' 53.1"	05° 12' 29.6"	50° 18' 52.2"	05° 12' 26.2"	287 m
Scy-aval étangs	50° 18' 56.0"	05° 11' 54.3"	50° 18' 57.6"	05° 11' 51.6"	275 m
Mohiville	50° 19' 05.3"	05° 11' 32.7"	50° 19' 07.5"	05° 11' 29.3"	271 m
La Préale	50° 19' 37.0"	05° 10' 34.4"	50° 19' 39.0"	05° 10' 31.6"	263 m
Achet	50° 19' 59.9"	05° 10' 33.7"	50° 19' 59.2"	05° 10' 29.6"	260 m
Hamois	50° 20' 18.8"	05° 08' 52.3"	50° 20' 17.3"	05° 08' 52.4"	240 m
Hamois Les petits prés gauche	50° 20' 23.9"	05° 09' 55.9"	50° 20' 24.4"	05° 09' 51.9"	255 m
Hamois Les petits prés droit	50° 20' 22.4"	05° 10' 03.0"	50° 20' 24.6"	05° 09' 59.1"	255 m
Les Ounes	50° 20' 01.3"	05° 08' 22.3"	50° 19' 59.9"	05° 08' 19.8"	238 m
Emptinne	50° 19' 26.4"	05° 07' 13.1"	50° 19' 26.7"	05° 07' 09.5"	233 m
Emptinnal	50° 19' 08.2"	05° 06' 21.3"	50° 19' 06.6"	05° 06' 18.4"	232 m
Lienne	50° 18' 38.1"	05° 05' 15.1"	50° 18' 36.5"	05° 05' 11.8"	232 m
Braibant	50° 18' 37.6"	05° 04' 23.2"	50° 18' 39.3"	05° 04' 20.7"	226 m
Stée	50° 19' 30.6"	05° 03' 57.9"	50° 19' 31.6"	05° 03' 54.2"	216 m
Gémène	50° 19' 45.8"	05° 02' 57.6"	50° 19' 47.3"	05° 02' 53.8"	214 m
Reuleau	50° 19' 34.5"	05° 02' 17.2"	50° 19' 33.6"	05° 02' 13.5"	213 m
Sénène	50° 19' 03.4"	05° 01' 32.7"	50° 19' 04.6"	05° 01' 28.8"	195 m
Spontin	50° 19' 18.8"	05° 00' 35.0"	50° 19' 19.6"	05° 00' 31.9"	187 m
Spontin aval	50° 19' 45.6"	05° 00' 00.2"	50° 19' 44.8"	04° 59' 56.2"	185 m
Durnal	50° 19' 28.3"	04° 58' 06.9"	50° 19' 27.8"	04° 58' 10.8"	173 m
Amont Purnode	50° 19' 23.6"	04° 57' 11.8"	50° 19' 23.9"	04° 57' 07.9"	160 m
Purnode	50° 19' 14.1"	04° 56' 48.9"	50° 19' 15.3"	04° 56' 45.0"	145 m
Bauche amont	50° 19' 31.0"	04° 56' 21.0"	50° 19' 32.7"	04° 56' 17.7"	135 m
Bauche aval	50° 19' 43.8"	04° 56' 00.1"	50° 19' 46.5"	04° 55' 59.9"	125 m
Confluent	50° 20' 17.1"	04° 55' 27.7"	50° 20' 17.1"	04° 55' 23.7"	116 m
Sacré Cœur	50° 20' 19.1"	04° 54' 43.6"	50° 20' 19.9"	04° 54' 39.6"	110 m
Gayolle	50° 20' 09.6"	04° 54' 04.2"	50° 20' 11.3"	04° 54' 07.9"	105 m
Gayolle 2013	50° 20' 11.4"	04° 54' 09.0"	50° 20' 10.2"	04° 54' 05.2"	105 m
Yvoir	50° 19' 38.2"	04° 53' 02.5"	50° 19' 37.9"	04° 52' 58.1"	103 m
Ry d'Vesse1	50° 21' 16.5"	05° 01' 33.7"	50° 21' 15.9"	05° 01' 29.2"	283 m
Ry d'Vesse2	50° 21' 12.8"	05° 01' 16.5"	50° 21' 11.6"	05° 01' 12.9"	269 m
Ry d'Vesse3	50° 21' 02.5"	05° 00' 43.5"	50° 21' 01.7"	05° 00' 40.2"	254 m
Ry d'Vesse4	50° 20' 58.5"	04° 59' 54.5"	50° 20' 59.4"	04° 59' 51.9"	230 m
Ry d'Vesse-Jassogne	50° 20' 58.7"	04° 59' 30.3"	50° 20' 58.5"	04° 59' 25.8"	223 m
Ry d'Vesse-Crupert amont	50° 20' 59.0"	04° 57' 57.2"	50° 20' 59.4"	04° 57' 53.5"	180 m

Ry d'Vesse-Crupet aval	50° 21' 02.1"	04° 57' 47.2"	50° 21' 02.5"	04° 57' 43.8"	179 m
Ry d'Vesse-affluent du bois	50° 21' 07.2"	05° 01' 09.2"	50° 21' 10.2"	05° 01' 08.3"	270 m
Crupet supérieur	50° 22' 23.8"	05' 02' 37.2"	50° 22' 25.6"	05° 02' 34.6"	258 m
Crupet amont N4	50° 22' 24.3"	05' 02' 04.6"	50° 22' 23.5"	05' 02' 00.9"	249 m
Crupet aval N4	50° 22' 22.4"	05' 01' 50.5"	50° 22' 21.8"	05° 01' 46.3"	247 m
Crupet Assesse village	50° 22' 13.8"	05° 01' 22.0"	50° 22' 13.6"	05° 01' 20.1"	246 m
Crupet aval Assesse	50° 22' 08.4"	05° 01' 06.8"	50° 22' 07.5"	05° 01' 03.9"	242 m
Crupet grosse ferme	50° 21' 54.0"	04° 59' 55.4"	50° 21' 51.9"	04° 59' 53.4"	226 m
Crupet aval autoroute	50° 21' 49.7"	04° 59' 19.4"	50° 21' 49.7"	04° 59' 16.2"	222m
Crupet amont chemin de Jassogne	50° 21' 36.4"	04° 58' 43.3"	50° 21' 35.5"	04° 58' 39.8"	198 m
Crupet amont Crupet	50° 21' 21.5"	04° 58' 01.2"	50° 21' 20.9"	04° 57' 57.3"	187 m
Crupet aval Crupet	50° 21' 00.3"	04° 57' 30.4"	50° 20' 59.6"	04° 57' 27.2"	180 m
Crupet 9	50° 20' 47.3"	04° 56' 17.6"	50° 20' 48.0"	04°56' 14.3"	165 m
Crupet 10	50° 20' 42.0"	04° 55' 53.9"	50° 20' 39.6"	04°55' 53.9"	146 m
Crupet amont embouchure	50° 20' 20.9"	04° 55' 31.0"	50° 20' 19.0"	04° 55' 29.0"	120 m
Vovesène haut	50° 22' 03.4"	04°58' 35.3"	50° 21' 01.3"	04 °58' 33.2"	232 m
Vovesène bas	50° 21' 40.4"	04° 58' 43.1"	50° 21' 38.4"	04° 58' 42.9"	204 m
Affl. Crupet bas	50° 20' 40.1"	04° 55' 58.8"	50° 20' 40.3"	04°55' 55.1"	151 m
Affl. Crupet haut	Non mesurable	Non mesurable	50° 20' 44.9"	04°56' 20.8"	175 m
Ruisseau de Saint Martin Haut	50° 21' 39.4"	04° 57' 31.0"	50° 21' 38.7"	04° 57' 34.8"	215 m
Ruisseau de Saint Martin Bas	50° 21' 33.0"	04° 57' 49.5"	50° 21' 31.7"	04° 57' 53.3"	202 m
Gence haut	50° 20' 26.4"	04° 57' 18.9"	50° 20' 28.5"	04° 57' 23.7"	236 m
Gence bas	50° 20' 47.8"	04° 57' 23.8"	50° 20' 49.5"	04° 57' 22.1"	186 m
Petit Bocq 1	50° 22' 04.3"	05° 06' 34.6"	50° 22' 02.7"	05° 06' 32.0"	267 m
Petit Bocq amont Maibelle	50° 21' 33.2"	05° 05' 12.4"	50° 21' 31.4"	05° 05' 09.4"	254 m
Petit Bocq Maibelle	50° 21' 16.9"	05° 04' 26.5"	50° 21' 17.1"	05° 04' 22.8"	244 m
Petit Bocq Francesse	50° 20' 39.6"	05° 03' 49.2"	50° 20' 38.1"	05° 03' 48.5"	236 m
Petit Bocq Natoye	50° 20' 15.5"	05° 03' 56.3"	50° 20' 13.5"	05° 03' 55.7"	232 m
Petit Bocq avant confluent	50° 19' 15.5"	05° 03' 58.0"	50° 19' 42.1"	05° 03' 51.4"	222 m
Asneux 1	50° 20' 46.2"	05° 10' 42.3"	50° 20' 48.0"	05° 10' 39.7"	270 m
Asneux 2	50° 20' 37.6"	05° 10' 06.1"	50° 20' 37.1"	05° 10' 02.4"	255 m
Philippeville	50° 20' 46.8"	05° 10' 54.3"	50° 20' 45.5"	05° 10' 51.5"	263 m
Pré de Loye	50° 21' 20.4"	05° 04' 09.0"	50° 21' 19.3"	05° 04' 12.3"	242 m
Skeuvre1	50° 21' 57.2"	05° 07' 23.4"	50° 21' 58.3"	05° 07' 26.9"	276 m
Skeuvre2	50° 21' 54.1"	05° 07' 46.3"	50° 21' 51.7"	05° 07' 44.8"	271 m
Skeuvre3	50° 21' 41.1"	05° 08' 01.6"	50° 21' 42.8"	05° 07' 59.0"	268 m
Skeuvre4	50° 21' 26.3"	05° 07' 34.3"	50° 21' 24.1"	05° 07' 35.3"	266 m
Skeuve4bis (Champion)	50° 20' 53.8"	05° 07' 04.6"	50° 20' 53.8"	05° 07' 01.2"	249 m
Skeuvre5	50° 20' 36.7"	05° 05' 48.6"	50° 20' 35.8"	05° 05' 44.9"	239 m
Skeuvre6	50° 20' 41.9"	05° 05' 37.0"	50° 20' 39.3"	05° 05' 38.6"	244 m
Skeuvre7	50° 20' 28.3"	05° 05' 20.0"	50° 20' 27.2"	05° 05' 17.2"	237 m
Leignon amont	50° 15' 51.6"	05° 09' 12.9"	50° 15' 50.8"	05° 09' 09.1"	298 m
Leignon Chapois	50° 15' 53.0"	05° 06' 59.1"	50° 15' 53.6"	05° 06' 55.2"	263 m
Leignon3	50° 16' 05.4"	05° 06' 29.0"	50° 16' 07.2"	05° 06' 28.2"	255 m
Leignon Ciney	50° 16' 59.4"	05° 05' 37.0"	50° 17' 02.3"	05° 05' 38.1"	249 m
Leignon sortie Ciney	50° 17' 45.3"	05° 05' 19.6"	50° 17' 48.2"	05° 05' 18.8"	236 m
Leignon Haljou	50° 18' 18.8"	05° 05' 07.6"	50° 18' 20.8"	05° 05' 05.5"	229 m
Biron ferme	50° 18' 00.3"	05° 07' 22.8"	50° 17' 52.5"	05° 07' 18.5"	263 m

Biron amont village	50° 17' 51.9"	05° 08' 16.1"	50° 17' 59.4"	05° 08' 12.5"	256 m
Biron village	50° 17' 56.1"	05° 07' 05.4"	50° 17' 56.8"	05° 07' 02.8"	248 m
Biron Ciney	50° 18' 18.7"	05° 05' 05.6"	50° 18' 18.3"	05° 05' 46.3"	238 m
Biron entre Ciney et station	50° 18' 19.8"	05° 05' 25.5"	50° 18' 21.7"	05° 05' 22.6"	235 m
Biron station	50° 18' 33.7"	05° 05' 13.2"	50° 18' 36.3"	05° 05' 11.8"	228 m
Sovet1	50° 17' 26.1"	05° 02' 24.4"	50° 17' 27.5"	05° 02' 27.5"	260 m
Sovet2	50° 17' 59.5"	05° 03' 48.6"	50° 17' 59.5"	05° 03' 52.2"	237 m
Sovet3	50° 18' 01.5"	05° 04' 22.0"	50° 18' 02.6"	05° 04' 25.7"	235 m

## Liste des espèces

La liste comprend toutes les espèces observées dans le lit mineur du Bocq et de ses affluents depuis les premières observations en 1986.

L'embranchement des diatomées n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie, qui aurait été trop lourde dans le cadre de ce travail. De même, les genres *Taraxacum* (pissenlit) et *Rubus* (ronce) sont restés à ce niveau. Tout collaborateur souhaitant entreprendre leurs études ferait un travail complémentaire utile. La mise en culture des *Oedogonium*, *Spirogyra* et *Vaucheria* récoltés sans fructification, ne fut pas non plus possible.

La nomenclature des Spermatophytes et Ptéridophytes est celle de la dernière édition de la « Flore bleue » (LAMBINON & VERLOOVE, 2012). Quand des différences apparaissent avec *Flora Gallica* (TISON & de FOUCAULT, 2014), elles sont indiquées en rouge sous le nom retenu dans la « Flore bleue ».

Pour les Bryophytes, on suit SOTIAUX *et al.* (2007),

pour les Algues et Cyanobactéries : ELORANTA *et al.* (2011), ENTWISLE *et al.* (2009), JOHN *et al.* (2011), KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS (2005) et SALOMAKI *et al.* (2014).

### Embranchement des Spermatophytes (Phanérogames)

Cette liste comprend les espèces observées depuis 1986.

*Acer campestre* L.  
*Acer platanoides* L.  
*Acer pseudoplatanus* L.  
*Achillea millefolium* L.  
*Achillea ptarmica* L.  
*Aconitum lycoctonum* L. subsp. *vulparia* (Reichenb.) Cesati  
*Agrostis stolonifera* L.  
*Alisma plantago-aquatica* L.  
*Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande  
*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.  
*Alnus incana* (L.) Moench  
*Alopecurus geniculatus* L.  
*Angelica sylvestris* L.  
*Anthoxanthum odoratum* L.  
*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffmann  
*Apium nodiflorum* (L.) Lag.  
= *Helosciadium nodiflorum* (L.) W.D. Koch  
*Arctium nemorosum* Lej.

*Arrhenatherum elatius* (L.) Beauv. Ex J. et C. Presl  
*Arum maculatum* L.  
*Berula erecta* (Huds.) Coville  
*Betula pendula* Roth  
*Bidens* sp.  
*Bidens tripartita* L.  
*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv.  
*Callitriche obtusangula* Le Gall  
*Callitriche platycarpa* Kütz.  
*Callitriche stagnalis* Scop.  
*Caltha palustris* L.  
*Calystegia sepium* (L.) R. Brown  
 = *Convolvulus sepium* L.  
*Campanula rotundifolia* L.  
*Cardamine amara* L.  
*Cardamine flexuosa* With.  
*Cardamine hirsuta* L.  
*Cardamine pratensis* L.  
*Carex disticha* Huds.  
*Carex hirta* L.  
*Carex nigra* (L.) Reichard  
*Carex paniculata* L.  
*Carex pseudocyperus* L.  
*Carex remota* Jusl. ex L.  
*Carex rostrata* Stokes  
*Carex strigosa* Huds.  
*Carex vesicaria* L.  
*Carpinus betulus* L.  
*Chaerophyllum temulum* L.  
*Chrysosplenium alternifolium* L.  
*Chrysosplenium oppositifolium* L.  
*Circaea lutetiana* L.  
*Cirsium arvense* (L.) Scop.  
*Cirsium oleraceum* (L.) Scop.  
*Cirsium palustre* (L.) Scop.  
*Clematis vitalba* L.  
*Cornus sanguinea* L.  
*Corylus avellana* L.  
*Crataegus laevigata* (Poiret) DC.  
*Crataegus monogyna* Jacq.  
*Crepis capillaris* (L.) Wallr.  
*Cruciata laevipes* Opiz  
*Cymbalaria muralis* P. Gaertn., B. Mey. et Scherb.  
*Cynosurus cristatus* L.  
*Dactylis glomerata* L.  
*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.  
*Dipsacus fullonum* L.  
*Dipsacus pilosus* L.  
*Echinops exaltatus* Schrad.  
*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult.  
*Elodea canadensis* Michaux  
*Elodea nuttallii* (Planch.) St John  
*Elymus caninus* (L.) L.  
*Epilobium angustifolium* L.  
*Epilobium ciliatum* Rafin.  
*Epilobium hirsutum* L.  
*Epilobium montanum* L.  
*Epilobium obscurum* Schreb.  
*Epilobium palustre* L.  
*Epilobium parviflorum* Schreb.

*Epilobium roseum* Schreb.  
*Epilobium tetragonum* L.  
*Equisetum arvense* L.  
*Equisetum fluviatile* L.  
*Equisetum palustre* L.  
*Euonymus europaeus* L.  
*Eupatorium cannabinum* L.  
*Fagus sylvatica* L.  
*Fagus sylvatica* L. 'Atropunicea'  
*Festuca arundinacea* Schreb.  
 = *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort.  
*Festuca gigantea* (L.) Vill.  
 = *Schedonorus giganteus* (L.) Holub  
*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.  
*Fragaria vesca* L.  
*Fraxinus excelsior* L.  
*Galeopsis tetrahit* L.  
*Galium aparine* L.  
*Galium mollugo* L.  
*Galium palustre* L.  
*Geranium dissectum* L.  
*Geranium robertianum* L.  
*Geum urbanum* L.  
*Glechoma hederacea* L.  
*Glyceria declinata* Bréb.  
*Glyceria fluitans* (L.) R. Brown  
*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmberg  
*Glyceria notata* Chevall.  
*Gnaphalium uliginosum* L.  
*Groenlandia densa* (L.) Fourr.  
*Hedera helix* L.  
*Heracleum sphondylium* L.  
*Holcus lanatus* L.  
*Humulus lupulus* L.  
*Hypericum dubium* Leers  
 = *Hypericum maculatum* Crantz subsp. *obtusiusculum* (Tourlet) Hayek  
*Hypericum hirsutum* L.  
*Hypericum montanum* L.  
*Hypericum perforatum* L.  
*Ilex aquifolium* L.  
*Impatiens glandulifera* Royle  
*Impatiens noli-tangere* L.  
*Iris pseudacorus* L.  
*Isolepis setacea* (L.) R. Brown  
*Juglans regia* L.  
*Juncus acutiflorus* Ehrh. ex Hoffmann  
*Juncus articulatus* L.  
*Juncus bufonius* L.  
*Juncus effusus* L.  
*Juncus inflexus* L.  
*Juncus tenuis* Willd.  
*Lamium galeobdolon* (L.) L.  
*Lamium maculatum* L.  
*Lapsana communis* L.  
*Larix decidua* Mill.  
*Lemna minor* L.  
*Lolium multiflorum* Lam.  
*Lolium perenne* L.  
*Lonicera periclymenum* L.  
*Lotus corniculatus* L.

*Lotus pedunculatus* Cav.  
*Lunaria annua* L.  
*Lychnis flos-cuculi* L.  
*Lycopus europaeus* L.  
*Lysimachia nemorum* L.  
*Lysimachia nummularia* L.  
*Lysimachia vulgaris* L.  
*Lythrum salicaria* L.  
*Malus sylvestris* (L.) Mill.  
*Malva moschata* L.  
*Mentha aquatica* L.  
*Mentha arvensis* L.  
*Mercurialis perennis* L.  
*Milium effusum* L.  
*Myosotis scorpioides* L.  
*Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffmann  
*Myosoton aquaticum* (L.) Moench  
*Nasturtium officinale* R. Brown  
*Origanum vulgare* L.  
*Oxalis acetosella* L.  
*Papaver rhoeas* L.  
*Persicaria amphibia* (L.) S.F. Gray  
*Persicaria bistorta* (L.) Samp.  
= *Bistorta officinalis* Delarbre  
*Persicaria hydropiper* (L.) Spach  
*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre  
*Persicaria maculosa* S.F. Gray  
*Petasites hybridus* (L.) P. Gaertn., B. Mey. et Scherb.  
*Phalaris arundinacea* L.  
*Phyteuma spicatum* L.  
*Picea abies* (L.) Karst.  
*Pimpinella major* (L.) Huds.  
*Pimpinella saxifraga* L.  
*Plantago lanceolata* L.  
*Poa annua* L.  
*Poa nemoralis* L.  
*Poa pratensis* L. subsp. *pratensis*  
*Poa trivialis* L. subsp. *trivialis*  
*Populus alba* L.  
*Populus ×canadensis* Moench  
*Populus trichocarpa* Torr. et A. Gray ex Hook.  
*Potamogeton berchtoldii* Fieb.  
*Potamogeton crispus* L.  
*Potamogeton perfoliatus* L. [ou *P. ×cooperi* (Fryer) Fryer ]  
*Potentilla anserina* L.  
= *Argentina anserine* (L.) Rydb.  
*Potentilla erecta* (L.) Rauschel  
*Primula elatior* (L.) Hill  
*Prunella vulgaris* L.  
*Prunus avium* (L.) L.  
*Prunus spinosa* L.  
*Quercus robur* L.  
*Ranunculus acris* L.  
*Ranunculus ficaria* L. subsp. *ficaria*  
= *Ficaria verna* Huds. subsp. *verna*  
*Ranunculus flammula* L.  
*Ranunculus fluitans* Lam.  
*Ranunculus peltatus* Schrank  
*Ranunculus repens* L.  
*Ranunculus sceleratus* L.

*Ribes rubrum* L.  
*Ribes uva-crispa* L.  
*Rorippa palustris* (L.) Besser  
*Rosa arvensis* Huds.  
*Rosa canina* L.  
*Rosa* sp.  
*Rubus idaeus* L.  
*Rubus* sp.  
*Rumex acetosa* L.  
*Rumex conglomeratus* Murray  
*Rumex obtusifolius* L.  
*Rumex sanguineus* L.  
*Salix alba* L.  
*Salix aurita* L.  
*Salix capraea* L.  
*Salix fragilis* L.  
*Salix purpurea* L.  
*Salix* sp.  
*Salix triandra* L.  
*Salix viminalis* L.  
*Salix* × *mollissima* Hoffmann ex Helwert  
*Salix* × *multinervis* Döll  
 Hybride non repris dans *Flora Gallica*  
*Salix* × *rubens* Shrank  
*Salix* × *sericans* Tausch ex A. Kerner  
 Hybride non repris dans *Flora Gallica*  
*Sambucus nigra* L.  
*Scirpus sylvaticus* L.  
*Scrophularia auriculata* L.  
*Scrophularia nodosa* L.  
*Scrophularia umbrosa* Dum.  
 = *Scrophularia oblongifolia* Loisel.  
*Scutellaria galericulata* L.  
*Senecio ovatus* (P. Gaertn., B. Mey. et Scherb.) Willd.  
*Silene dioica* (L.) Clairv.  
*Solanum dulcamara* L.  
*Sonchus asper* (L.) Hill  
*Sonchus oleraceus* L.  
*Sorbus aucuparia* L.  
*Sorbus latifolia* (Lam.) Pers.  
*Sparganium emersum* Rehm. (morphose aquatique)  
*Sparganium erectum* L.  
*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.  
*Stachys palustris* L.  
*Stachys sylvatica* L.  
*Stellaria alsine* Grimm  
*Stellaria graminea* L.  
*Stellaria holostea* L.  
*Stellaria media* (L.) Vill.  
*Stellaria nemorum* L.  
*Symphoricarpos albus* (L.) S.F. Blake var. *laevigatus* (Fernald) S.F. Blake  
*Symphytum officinale* L.  
*Syringa vulgaris* L.  
*Taraxacum* sp.  
*Thuja plicata* Donn ex D. Don  
*Trifolium pratense* L.  
*Trifolium repens* L.  
*Ulmus glabra* Huds.  
*Urtica dioica* L.  
*Valeriana repens* Host

= *Valeriana officinalis* L.

*Veronica anagallis-aquatica* L.  
*Veronica beccabunga* L.  
*Veronica chamaedrys* L.  
*Veronica hederifolia* L.  
*Veronica montana* L.  
*Veronica persica* Poiret  
*Veronica scutellata* L.  
*Viburnum opulus* L.  
*Vinca minor* L.  
*Zannichellia palustris* L.

### **Embranchement des Ptéridophytes**

*Asplenium scolopendrium* L.  
*Athyrium filix-femina* (L.) Roth  
*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs  
*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott  
*Polystichum aculeatum* (L.) Roth

### **Embranchement des Bryophytes**

#### **Hépatiques**

*Apopellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.  
*Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda  
*Lophocolea bidentata* (L.) Dumort.  
*Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Dumort.  
*Lunularia cruciata* (L.) Lindb.  
*Marchantia polymorpha* L.  
*Pellia epiphylla* (L.) Corda  
*Trichocolea tomentella* (Ehrh.) Dumort.

#### **Mousses**

*Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.  
*Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp.  
*Brachythecium rivulare* Schimp.  
*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.  
*Bryum capillare* Hedw.  
*Bryum* sp.  
*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske  
*Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. Beauv.  
*Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn.  
*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce  
*Dialytrichia mucronata* (Brid.) Broth.  
*Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.  
*Fissidens adianthoides* Hedw.  
*Fissidens crassipes* Wilson ex Bruch & Schimp.  
*Fissidens monguillonii* Thér.  
*Fissidens viridulus* (Sw. ex anon.) Whalen.  
*Fontinalis antipyretica* Hedw.  
*Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid.  
*Hygroamblystegium fluviatile* (Hedw.) Loeske  
*Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn.  
*Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Mönk.

*Hygrohypnum eugyrium* (Schimp.) Broth.  
*Hypnum cupressiforme* Hedw.  
*Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra  
*Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst.  
*Mnium hornum* Hedw.  
*Mnium stellare* Hedw.  
*Neckera complanata* (Hedw.) Huebener  
*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske  
*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J. Kop.  
*Plagiothecium nemorale* (Mitt.) A. Jaeger  
*Plagiothecium succulentum* (Wilson) Lindb.  
*Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dixon  
*Polhia melanodon* (Brid.) A.J. Shaw  
*Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T.J. Kop.  
*Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst.  
*Schistidium rivulare* (Brid.) Podp.  
*Sciuro-hypnum plumosum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen  
*Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee  
*Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Schimp.

### **Embranchement des Chlorophytes (Algues vertes)**

*Cladophora glomerata* (L.) Kützing  
*Draparnaldia glomerata* (Vaucher) C. Agardh  
*Klebsormidium* sp.  
*Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst  
*Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret  
*Mougeotia* sp.  
*Oedogonium capillare* (L.) Kützing  
*Oedogonium* div. sp.  
*Spirogyra* div. sp.  
*Stigeoclonium tenue* Kützing  
*Ulothrix tenerrima* Kützing  
*Ulothrix tenuissima* Kützing

### **Embranchement des Xanthophytes (Algues jaune-vert)**

*Tribonema affine* (G. S. West) G.S. West  
*Tribonema viride* Pascher  
*Vaucheria* sp.

### **Embranchement des Diatomées**

*Aulacoseira* sp.  
*Diatoma* sp.  
*Fragilaria* sp.  
*Melosira varians* C. Agardh

### **Embranchement des Rhodophytes (Algues rouges)**

*Chantransia* (stade de développement des *Sheathia*)  
*Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J. Agardh  
*Lemanea fluviatilis* (L.) C. Agardh  
*Sheathia arcuata* (Kylin) Salomaki et M.L. Vis  
*Sheathia boryana* (Sirodot) Salomaki et M.L. Vis

## Les Cyanobactéries (Algues bleues)

*Anabaena inaequalis* (Kützing) Bornet et Flahaut  
*Anabaena oscillarioides* Bory  
*Anabaena variabilis* (Kützing ex Bornet et Flahaut  
*Cylindrospermum stagnale* (Kützing) Bornet et Flahaut  
*Cylindrospermum majus* (Kützing) Bornet et Flahaut  
*Geitlerinema amphibium* (Agardh ex Gomont) Anagnostidis  
*Heteroleibleinia kossinskajae* (Helenkin) Anagnostidis et Komárek  
*Leptolyngbya foveolarum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komárek  
*Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert  
*Lyngbya* sp.  
*Microcoleus autumnalis* (Trevisan ex Gomont) Strunecký, Komárek et Johansen  
*Oscillatoria limosa* Agardh ex Gomont  
*Oscillatoria tenuis* Agardh ex Gomont  
*Phormidium aerugineo-caeruleum* (Gomont) Anagnostidis et Komárek  
*Phormidium chalybeum* (Mertens ex Gomont) Anagnostidis et Komárek  
*Phormidium* sp. cf. *inundatum* Kützing ex Gomont  
*Phormidium puteale* (Montagne ex Gomont) Anagnostidis et Komárek  
*Phormidium retzii* (Agardh) Gomont ex Gomont  
*Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg  
*Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek et Komárková  
*Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek  
*Pseudanabaena* sp.

Lors des prospections des années 2000, plusieurs espèces n'ont pas été revues : *Carex rostrata*, *C. strigosa*, *Echinops exaltatus*, *Hypericum tetrapterum* et *Salix cinerea*. Cela peut s'expliquer, en partie du moins, par une différence dans l'échantillonnage de la végétation. Mais en ce qui concerne *Potamogeton perfoliatus* (ou *P. ×cooperi*), l'espèce doit donc être considérée comme disparue du bassin versant du Bocq. Elle est toutefois bien présente dans la Meuse, notamment à Profondeville

## Remarques sur l'identification de quelques cyanobactéries

L'identification des cyanobactéries sur base uniquement morphologique n'est pas aisée, vu le grand nombre d'espèces. Quelques espèces sont illustrées, toutes photographiées à l'immersion d'huile, agrandissement de 1000 fois. Les critères que nous avons retenus sont présentés pour quelques espèces, avec chaque fois des illustrations. Des changements seront ainsi possibles si des remaniements taxonomiques interviennent dans un futur assez proche, ce qui est probable.

La largeur des cellules, le rapport entre leurs longueurs et largeurs, la présence de granules, la couleur, sont des critères importants de l'identification.

Toutes les espèces présentées sont benthiques. Certaines, se développant sur un substrat meuble, s'en détachent facilement.

### ***Geitlerinema amphibium* (Agardh ex Gomont) Anagnostidis**

Syn. : *Phormidium amphibium* (Agardh ex Gomont) Anagnostidis et Komárek



Photo 1. *Geitlerinema amphibium*

Les cellules ont deux micromètres de large sur cinq de long.

***Microcoleus autumnalis* (Trevisan ex Gomont) Strunecký, Komárek et Johansen**

Syn. : *Phormidium autumnale* (Agardh) Trevisan ex Gomont

Cette espèce était classée dans le genre *Phormidium*. Après révision du genre *Microcoleus* (STRUNECKY, 2013), elle est maintenant placée dans ce dernier genre.



Photo 2. *Microcoleus autumnalis*

Les cellules font de 5 à 6 micromètres de large.

Cette espèce est largement répandue et montre une assez grande variabilité. Certains filaments sont rétrécis aux extrémités avec un calyptra (sorte de coiffe).

***Oscillatoria limosa* Agardh ex Gomont**

Cette espèce est commune et forme des masses noirâtres sur la marge des ruisseaux, elle se détache facilement de son substrat et se laisse emporter par le courant.

Sa taille est constante. Les filaments ont 15 micromètres de diamètre.

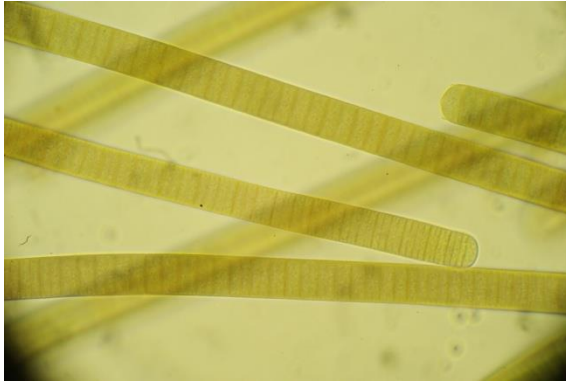


Photo 3. *Oscillatoria limosa*

### ***Oscillatoria tenuis* Agardh ex Gomont**

Les cellules des filaments font de 5 à 9 micromètres de large sur 3-4 de long, avec de légères constriction ; le bout arrondi, non épaissi ; les filaments sont droits ou un peu flexueux.



Photo 4. *Oscillatoria tenuis*

### ***Phormidium aerugineo-caeruleum* (Gomont) Anagnostidis et Komárek**



Photo 5. *Phormidium aerugineo-caeruleum*

Les cellules font 6 à 7 micromètres de large. La membrane extérieure est ici bien visible.  
D'après

### ***Phormidium chalybeum* (Mertens ex Gomont) Anagnostidis et Komárek**

Les cellules font de 8 à 9 micromètres de diamètre.

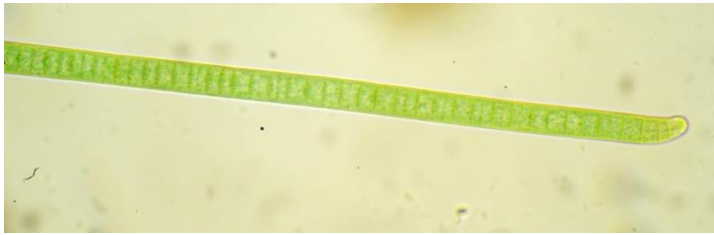


Photo 6. *Phormidium chalybeum*

***Phormidium retzii* (Agardh) Gomont ex Gomont**

Les cellules carrées font 8 micromètres de large. Il n'y a pas de constriction.



Photo 7. *Phormidium retzii*