

# GRANDLYON

Délégation Générale au Développement Urbain

Etude et analyse du fonctionnement biologique et trophique de la Saône dans le territoire du Grand Lyon.

2008

Henri PERSAT & Jean-François FRUGET (coordinateurs)



EZUS - Lyon 1

Domaine Scientifique de la Doua - Bâtiment l' Atrium - Bld Latarjet - BP 2107 - 69616 Villeurbanne cedex

## **Participants à l'étude :**

- **Henri PERSAT** (Université Lyon 1 - Coordination générale et peuplements de poissons)
- **Jean-François FRUGET, Pâquerette DESSAIX** (ARALEP - Coordination générale, invertébrés benthiques et contamination des sédiments)
- **Stéphanie BERNOUD & Mélanie LALUC** (BURGEAP - Oligochètes)
- **Alain DEVAUX & Sylvie BONY** (INRA-ENTPE - Contamination des poissons)
- **Jean-Claude DRUART & Leslie LAINÉ** (INRA - Diatomées benthiques, Phyto- et Zoo-plancton)
- **Christophe HENRY** (ASCONIT - Consultants - Macrophytes)
- **Anne CLEMENS** (coordination ZABR)

## SOMMAIRE

<b>RESUME</b>	<b>I</b>
<b>1 - INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 - Contexte général de l'étude	1
1.2 - Contexte spécifique du projet	2
<b>2 - DEROULEMENT METHODOLOGIQUE</b>	<b>3</b>
2.1 - Objectifs de l'étude	3
2.2 - Stations d'étude	3
2.3 - Phasage de l'étude	4
2.4 - Protocoles de la phase 1 - 2006 (benthos et poissons)	5
2.4.1 - Paramètres inventoriés	5
2.4.2 - Période d'échantillonnage	6
2.4.3 - Hydrologie de la période d'étude	7
2.5 - Protocoles de la phase 2 - 2007 (hydrophytes et dynamique de la colonne d'eau)	7
2.5.1 - Paramètres inventoriés	7
2.5.2 - Période d'échantillonnage	8
2.5.3 - Hydrologie de la période d'étude	8
<b>3 - ETUDE DE LA CONTAMINATION TOXIQUE DES SEDIMENTS</b>	<b>9</b>
3.1 - Méthodologie	9
3.2 - Résultats	9
3.2.1 - Métaux	9
3.2.2 - Micropolluants organiques	11
3.3 - Conclusions	11
<b>4 - ETUDE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES</b>	<b>15</b>
4.1 - Méthodologie d'échantillonnage	15
4.2 - Protocole de prélèvement	15
4.3 - Résultats mésologiques	16
4.4 - Résultats biologiques	17
4.4.1 - Paramètres de communautés	17
4.4.2 - Indices biologiques	20
4.4.3 - Abondance et occurrence des taxons dominants	23
4.4.4 - Structure spatiale des peuplements	25
4.4.5 - Caractéristiques bioécologiques et diversité fonctionnelle	27
4.5 - Conclusions	29

<b>5 - ETUDE DES PEUPELEMENTS D'OLIGOCHETES</b>	<b>31</b>
<b>5.1 - Stations d'étude</b>	<b>31</b>
<b>5.2 - Matériel et méthodes de prélèvement</b>	<b>31</b>
5.2.1 – Terrain	31
5.2.2 – Principe d'échantillonnage	32
<i>Sédiments fins</i>	32
<i>Sédiments grossiers</i>	32
<i>Milieu hyporhéique</i>	32
5.2.3 – Conditionnement des échantillons	33
5.2.4 – Synthèse des stations prospectées et des prélèvements associés	33
<b>5.3 – Analyse faunistique</b>	<b>33</b>
<b>5.4 – Méthodes d'évaluation de la qualité du milieu</b>	<b>34</b>
5.4.1 – Méthode d'évaluation de la qualité biologique des sédiments fins	34
5.4.2 – Caractérisation des traits fonctionnels (sédiments grossiers et milieu hyporhéique)	
<i>Définition des unités et des traits fonctionnels</i>	36
<i>Calcul du Potentiel Ecologique (PE) du milieu</i>	37
<b>5.5 – Résultats</b>	<b>38</b>
5.5.1 – Présentation des résultats	38
5.5.2 – Synthèse du diagnostic biologique sur les sédiments fins (IOBS)	38
5.5.3 – Synthèse du diagnostic biologique sur les sédiments grossiers et le milieu hyporhéique (traits fonctionnels)	40
<i>Sédiments grossiers superficiels</i>	41
<i>Milieu hyporhéique</i>	41
<i>Bilan sur les traits fonctionnels</i>	42
5.5.4 – Analyse croisée des diagnostics biologiques par site	42
<b>5.6 - Conclusions</b>	<b>43</b>
<b>6 - ETUDE DES DIATOMEES BENTHIQUES</b>	<b>45</b>
<b>6.1 - Méthodologie</b>	<b>45</b>
<b>6.2 - Structure des peuplements</b>	<b>45</b>
6.2.1 - Richesse taxonomique	45
6.2.2 - Indices biologiques	47
6.2.3 - Diversité et équitabilité	47
<b>6.3 - Abondance et occurrence des principaux taxons</b>	<b>47</b>
<b>6.4 - Répartition spatiale des espèces dominantes</b>	<b>49</b>
<b>6.5 - Conclusions</b>	<b>51</b>
<b>7 - ETUDE DE L'ICHTYOFAUNE</b>	<b>53</b>
<b>7.1 - Protocole d'étude</b>	<b>53</b>
<b>7.2 - Résultats</b>	<b>53</b>
7.2.1 : Campagne 2006	53
7.2.2 : L'année 2006 au sein de la décennie 1998-2007	56
7.2.3 : Dynamiques comparées des ablettes et gardons	59
<b>7.3 - Conclusions</b>	<b>61</b>

<b>8 - ETUDE DE LA CONTAMINATION DES POISSONS</b>	<b>63</b>
8.1 - Problématique	63
8.2 - Objectif	63
8.3 - Méthodologie	63
8.4 - Résultats	64
8.5 - Conclusion	67
<b>9 - ETUDE DES MACROPHYTES</b>	<b>69</b>
9.1 - Introduction	69
9.2 - Méthodologie	69
9.2.1 - Stations étudiées	69
9.2.2 - Variables mesurées	69
9.2.3 - Dates d'échantillonnage	71
9.2.4 - Présentation des résultats	71
9.3 - Résultats	73
9.3.1 - Genay	73
9.3.2 - Couzon amont	77
9.3.3 - Couzon aval	83
9.3.4 - Collonges	87
9.3.5 - La Mulatière	91
9.4 - Eléments de synthèse	95
9.4 - Discussion	96
<b>10 - ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE LA COLONNE D'EAU</b>	<b>99</b>
10.1 - Objectifs	99
10.2 - Suivi de la qualité physicochimique des eaux de la Saône d'avril à septembre 2007	100
10.2.1 - Matériel et méthodes	100
10.2.2 - Résultats	101
10.2.3 - Conclusions	107
10.3 - Suivi du développement planctonique	109
10.3.1 - Phytoplancton	109
10.3.1.1 - Matériel et méthode	109
10.3.1.2 - Résultats	109
10.3.1.3 - Conclusion	113
10.3.2 - Zooplancton	119
10.3.2.1 - Matériel et méthode	119
10.3.2.2 - Résultats	119
10.3.2.3 - Evolution longitudinale	125
10.3.2.3 - Conclusion	127
10.4 - Conclusion	127
<b>11 - SYNTHÈSE - CONCLUSION</b>	<b>129</b>
<b>12 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES</b>	<b>131</b>



## RESUME

La Saône constituait, il y a plusieurs décennies, l'une des dernières grandes rivières lentes encore de qualité en Europe. Si son régime hydraulique demeure encore presque naturel, son écosystème a subi néanmoins de fortes perturbations et fait l'objet notamment d'un dysfonctionnement trophique, d'une imprégnation toxique et d'un déficit planctonique. Bien que de nombreuses investigations et actions aient été menées, elles se sont révélées trop parcellaires et sectorielles pour permettre d'explicitier et de remédier à ce dysfonctionnement. Le besoin récent de recalibrer dans le cadre de la directive "Eau" le niveau de qualité à atteindre et d'en définir son "potentiel" rend de plus en plus urgente une vision globale de la qualité biologique et trophique de la masse d'eau à son entrée dans l'agglomération lyonnaise.

Pour répondre à cette interrogation, clairement posée par le Grand Lyon, l'Agence de l'Eau, et d'autres groupes d'usagers, une auscultation ciblée au travers d'une diagnose fonctionnelle des compartiments physiques et biologiques pertinents où se déroulent à l'évidence des phénomènes importants au plan écologique a été planifiée. L'objectif était de réaliser une phase d'exploration des fonctionnalités de la rivière, dans son parcours urbanisé, visant à un appui opérationnel à la réhabilitation de la qualité écologique de la Saône dans son ensemble, avec un contrôle d'efficacité à l'entrée de Lyon, avec comme volonté de passer à terme d'une bioindication d'état écologique à une bioindication d'état fonctionnel du milieu aquatique. L'étude s'intègre à la problématique plus générale de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR).

Afin de satisfaire les objectifs précédents, trois stations intermédiaires ont été retenues entre les stations de Genay et la Mulatière correspondant aux limites amont et aval du parcours lyonnais, en considérant le chenal seul pour tout ce qui a trait à la colonne d'eau, mais en distinguant la rive droite de la rive gauche pour tout ce qui touche au compartiment benthique et à la faune piscicole. L'étude est scindée en deux phases avec une première phase en 2006 correspondant à l'évaluation des protocoles et de la représentativité des stations, ainsi qu'à l'étude du compartiment benthique (qualité toxique et biologique des sédiments superficiels et interstitiels) et de l'ichtyofaune, et une seconde phase en 2007 ciblée sur l'étude de la dynamique de la masse d'eau (qualité des eaux et plancton) et celle des macrophytes.

La première phase de l'étude, initialement prévue pour l'été 2006, n'a pu être réalisée qu'au début de l'automne de la même année en raison des contraintes administratives.

Bien qu'un grand nombre de composés métalliques ait été rencontré dans les sédiments de la basse Saône (34 composés), la plupart appartiennent au fond géochimique naturel, et seuls le zinc (à tous les sites), l'arsenic à Genay et Collonges et le plomb à Collonges sont présents à des concentrations élevées (voire très élevées pour le Zinc), synonymes de qualité passable à médiocre des sédiments pour ce paramètre. Les composés organiques de synthèse (28) sont quant à eux essentiellement représentés par les HAP et les PCB. Si ces derniers sont plutôt localisés aux sites de Couzon amont et la Mulatière, les HAP sont très abondants quelle que soit la station (hormis Couzon amont RD).

Le peuplement macrobenthique de la basse Saône présente une richesse taxonomique tout à fait satisfaisante (près de 90 taxons) par rapport à l'effort d'échantillonnage réalisé (une seule campagne). Ce peuplement est dominé par une majorité d'espèces à caractère lentique (i.e.

affectionnant des vitesses faibles à modérées), parmi lesquelles de nombreuses sont d'origine invasive. Une certaine homogénéité longitudinale apparaît entre les cinq sites considérés (la richesse stationnelle est ainsi remarquablement similaire entre ceux-ci avec une moyenne de 55 taxons) échelonnés sur une distance d'environ 25 km, en dépit de quelques particularités locales.

D'un point de vue écologique, le peuplement originel a sûrement été fortement modifié par les arrivées successives et l'installation depuis plus de 20 ans de nombreuses espèces exotiques invasives telles que *Corbicula*, *Atyaephyra*, *Chelicorophium*, *Dikerogammarus*, *Hypania*, *Pectinatella*, etc., mais aussi par les diverses perturbations physiques du biotope. Ainsi, la quantité de Mollusques Gastéropodes est particulièrement faible, ce qui peut paraître surprenant pour un tel milieu potamique de plaine, tandis que des espèces fouisseuses comme les Ephémères *Ephemera lineata* et *Ephoron virgo* n'ont été rencontrées qu'accidentellement pour la première et pas du tout pour la seconde alors qu'elles constituaient une composante essentielle du peuplement originel (la célèbre manne de Saône). L'abondance des taxons collecteurs de fines particules de matière organique (broyeurs, filtreurs, etc.) et, corrélativement, le caractère détritivore et omnivore de la majorité des espèces correspond au fonctionnement normal d'un écosystème de ce type, avec un dépôt et un colmatage marqués.

Au sens du SEQ-Eau, la qualité biologique est globalement moyenne, voire quelques fois bonne, tant pour les notes indicielles que pour la variété taxonomique et le niveau du groupe faunistique indicateur.

Au niveau du compartiment interstitiel, les deux types de diagnostics effectués par étude des peuplements d'Oligochètes s'accordent pour révéler une qualité biologique et fonctionnelle très altérée sur l'ensemble du linéaire prospecté, que ce soit dans les sédiments fins (indice IOBS) ou dans les substrats poreux de types sédiments grossiers et milieu hyporhéique (potentiel écologique PE).

La faible présence d'oligochètes dans les sédiments fins peut caractériser : une zone où le substrat est fréquemment émergé donc peu biogène (cas de Genay RD), une nature de substrat type sable grossier peu favorable au développement des oligochètes (cas de Couzon aval RG), l'impact accusé à très accusé de rejets polluants, pouvant agir en synergie avec les éléments précédents. Sur la base des valeurs indicielles, du degré de toxicité et de la nature des polluants suspectés, un effet polluant aux métaux et/ou PCB (nette dominance des Tubificidae sans soies capillaires, formes polluorésistantes) est envisagé pour une majorité de stations.

Sur les secteurs où les sédiments grossiers sont nettement dominants, le colmatage est particulièrement accusé, mettant en évidence la vulnérabilité de la nappe à une pollution des eaux superficielles (rejets polluants aux effets colmatants prononcés, déversoirs d'orage, etc.) tel que sur Genay et La Mulatière. Les diagnostics basés sur les traits fonctionnels relatifs au milieu superficiel (sédiments grossiers) et au milieu hyporhéique traduisent l'un et l'autre une très forte altération de l'état écologique fonctionnel des milieux sous l'incidence de rejets polluants et toxiques à l'origine d'un « effet "boues polluées" » (TRF4) très accusé. Dans les zones où prédominent les sédiments grossiers (La Mulatière et Genay, par ex.), le milieu hyporhéique tient un rôle analogue à celui des sédiments fins en stockant les polluants, probablement en raison de la prédominance de dynamiques d'infiltration d'eaux superficielles polluées. Toutes les stations prospectées présentent un potentiel écologique très faible (< 3), qui ne se révèle pas acceptable même en contexte urbanisé (péri-urbain et urbain). Le problème est qu'en dehors du Zinc, les recherches de contaminants dans les sédiments n'ont pas donné grand chose qui puisse expliquer cet état de fait. L'analyse de sites également contaminés en Zinc sur la haute Saône permettrait peut-être de savoir si ce seul paramètre suffit à expliquer ce résultat médiocre ou s'il faut s'orienter vers des composés non encore étudiés.

Le peuplement de diatomées du périphyton de la basse Saône abrite une centaine de taxons et apparaît caractéristique d'un grand cours d'eau de plaine. Si la richesse taxonomique distingue deux

groupes de sites et si des différences existent entre les rives (i.e. les stations) d'un même site, la gamme des notes indicielles IBD unitaires est toutefois resserrée, globalement comprise entre 11 et 12 unités, traduisant une qualité moyenne selon la grille du SEQ-Eau.

Quatre taxons sont dominants en terme d'abondance. Ils se situent également parmi les plus fréquents et présentent des profils écologiques larges, globalement synonymes d'une qualité d'eau moyenne à bonne vis-à-vis des critères MOOX et salinité (conductivité), bien que l'un d'eux soit plutôt caractéristique de milieux eutrophes et à tendance polysaprobe.

L'ensemble de ces résultats (richesses taxonomiques, notes indicielles, espèces dominantes, profils écologiques) est ainsi en accord avec les caractéristiques physiques et chimiques de la basse Saône (grand cours d'eau de plaine, charge organique sensible).

Lors de la campagne d'octobre 2006, 22 espèces de poissons ont été capturées, dont une observée pour la première fois dans le bassin rhodanien, l'ide mélanotte (*Leuciscus idus*), soit de 10 à 17 espèces selon les stations, ce qui reste correct pour un effort de pêche de ce type. Globalement, le peuplement de la Saône est légèrement plus riche et abondant en amont du barrage de Couzon, ce qui correspond aux secteurs où les berges, moins artificialisées, offrent la plus grande diversité d'habitats. En dépit de cela, la faune piscicole de la Saône apparaît relativement homogène le long de son parcours lyonnais, avec toutefois un certain appauvrissement en aval du barrage de Couzon, et de profonds changements après son parcours urbain lorsque l'on s'approche de la confluence avec le Rhône. En l'occurrence, il est vraisemblable que la faune dépende ici beaucoup de remontées en provenance de ce dernier, et que l'abondance locale du poisson-chat soit en relation avec des rejets urbains diffus, soit par l'intermédiaire du réseau pluvial, soit directement depuis les quais. Une approche plus fine, à l'échelle de la dynamique des populations des espèces dominantes, et notamment de l'ablette, pourrait permettre de mieux percevoir l'impact de l'agglomération qui est largement occulté par les fortes variations inter-annuelles liées aux conditions hydroclimatiques.

L'étude de l'impact génotoxique global chez le poisson (chevaine) montre que les valeurs descriptives de l'effet génotoxique (analyse des dommages à l'ADN sur la fraction érythrocytaire sanguine) sont globalement faibles comparées à celles mesurées sur la même espèce dans d'autres hydrosystèmes contaminés du bassin du Rhône ou de la Moselle, attestant ainsi d'une pression génotoxique modérée. L'observation d'une réduction très nette du niveau d'endommagement entre la station de Couzon aval et celle de La Mulatière nous a conduit à étendre l'analyse aux cinq sites, au lieu des trois prévus initialement. L'amélioration apparaît très significative dans les deux stations aval. Les résultats des analyses chimiques réalisées sur chevaine entier (*in toto*), d'une part de micropolluants métalliques tels que le cadmium, le chrome et le plomb, et d'autre part de composés organiques persistants tels que les PCB, ne permettent pas d'expliquer les résultats de l'analyse biologique.

D'un point de vue sanitaire lié à la consommation possible de chair de chevaine (de poissons par extension) par l'homme, les teneurs en PCB-DL (PCB de type dioxine considérés comme dangereux pour la santé humaine) réalisées dans le muscle, partie comestible du poisson, apparaissent faibles. Il ne semble donc pas avoir de risque avéré au sens toxicologique lié à la consommation par l'homme de poissons de la Saône, tout en gardant à l'esprit que la présente étude n'est qu'un « instantané ».

Au bilan, s'il apparaît que les niveaux de contamination et de réponse biologique lue par l'analyse de la génotoxicité chez les populations de chevaines de la Saône restent modérés, les résultats mettent en évidence des problèmes nécessitant la poursuite des investigations et leur extension à la recherche d'autres micropolluants potentiellement présents dans cet hydrosystème (pesticides, résidus médicamenteux, agents tensio-actifs) et susceptibles d'expliquer ces résultats.

La Phase I de l'étude de l'évolution de la qualité de la Saône durant sa traversée du Grand Lyon fait ainsi ressortir une situation assez contrastée.

Globalement, pour la plupart des compartiments examinés, on note une assez grande homogénéité amont-aval et rive droite-rive gauche, avec une qualité générale moyenne ne traduisant pas d'impact particulier de l'agglomération. Cette impression relativement favorable peut toutefois avoir été un peu faussée par la date tardive de notre intervention dans la mesure où nous n'avons pas pu opérer à la période escomptée (début septembre), mais seulement en octobre, après une première crue automnale. Cet événement hydraulique est susceptible d'avoir quelque peu lissé les paramètres examinés. Deux éléments permettent en effet de s'interroger sur l'état réel de l'hydrosystème. Ce sont d'une part, la mauvaise qualité des sédiments, telle quelle transparaît à travers les indices oligochètes, et d'autre part l'expression d'une pression génotoxique significativement plus élevée à l'amont qu'à l'aval chez le chevaine.

Il convient de souligner que dans les deux cas, nous n'avons pas été en mesure de trouver les composés chimiques susceptibles d'expliquer la situation. Il va donc falloir s'intéresser sérieusement à des composés autres que les métaux, les HAP ou les PCB. Les pesticides, les résidus médicamenteux, et les agents tensio-actifs pourraient alors être incriminés.

Si cette première phase ne révèle pas d'altération significative de la qualité générale des eaux de la Saône du fait de sa traversée de l'agglomération lyonnaise, elle souligne la nécessité de s'intéresser sérieusement à ce qui se passe en amont et à des micropolluants plus insidieux que ceux examinés jusqu'à présent pour comprendre l'origine des dégradations.

La phase II, programmée sur 2007, comportait d'une part l'étude des peuplements de macrophytes le long des rives de la Saône lyonnaise, et d'autre part le suivi physico-chimique et biologique étroit de la colonne d'eau au cours de sa traversée de l'agglomération

Les macrophytes, en tant que principal compartiment biologique structurant de l'habitat rivulaire, représentent une ressource trophique et un habitat clé pour la vie de la rivière qui doivent être pris en compte pour une bonne compréhension du fonctionnement de l'hydrosystème. Leur étude, programmée en août 2007, n'a pu être réalisée dans de bonnes conditions en raison de la forte hydraulicité estivale qui a compromis la croissance des plantes, et repoussé l'inventaire en septembre, époque où la végétation est déjà en régression. Du coup, il n'a été recensé qu'une fraction de ce qui se développe en temps ordinaire sur la basse Saône.

Le peuplement est constitué principalement de *Myriophyllum spicatum* *Nuphar lutea* *Ceratophyllum demersum* et localement de *Vallisneria spiralis*. Les hélophytes *Phragmites australis* et, dans une moindre mesure *Acorus calamus*, sont fréquents à l'amont à l'amont du territoire du Grand Lyon (Genay) mais plus rares ou absents ensuite. Il s'agit de plantes de milieux plutôt eutrophes, et le peu de changements observés sur la qualité de l'eau de la Saône dans son parcours lyonnais en 2007 ne peuvent avoir eu un quelconque impact sur elles. Les zones les plus favorables au développement des herbiers aquatiques, en 2007 comme les années précédentes, sont les plages en pente douce, bien éclairées et à sédiments fins. La forte régression des hélophytes (*Phragmites australis*, *Iris pseudacorus* ou encore *Acorus calamus*) entre le secteur de Genay où ils sont abondants et les secteurs situés plus en aval, traduit bien l'impact de l'ombrage et des aménagements de berge (enrochements, voire béton) associés à une réduction générale de la largeur du lit mineur. Les hélophytes sont également très sensibles au batillage, et il pourrait être utile d'évaluer l'impact du motonautisme (scooters des mers) sur les hélophytes (et les herbiers d'hydrophytes), mais cela nécessiterait un suivi à long terme.

L'étude de la dynamique de la colonne d'eau était l'objectif principal de la phase II programmée en 2007, mais comme pour les macrophytes, l'hydraulicité inhabituelle a singulièrement restreint la portée de l'information récoltée. En raison des forts débits, l'eau est toujours restée de bonne qualité

et ce n'est que lors des rares périodes de relativement basses eaux que l'on a pu commencer à percevoir un impact de l'agglomération au niveau du compartiment biologique (phyto et zooplancton), sans que l'on puisse mettre cela en rapport avec l'un quelconque des paramètres physico-chimiques inventoriés. Il n'en reste pas moins vrai que le niveau trophique de la Saône est bas dès avant son entrée dans l'agglomération lyonnaise, ce qui du coup rend l'impact de cette dernière moins perceptible. Malgré ces résultats un peu décevants, le plan d'échantillonnage hebdomadaire à cinq stations s'est avéré une bonne base pour la compréhension de la dynamique du compartiment pélagique. Il conviendra juste à l'avenir de moduler non seulement le nombre de stations mais aussi la fréquence des relevés en fonction des débits effectifs.

La phase II de l'étude n'a pas apporté toutes les informations escomptées en raison des conditions hydroclimatiques défavorables, mais elle a confirmé la faisabilité et l'intérêt de la démarche. Il convient juste de disposer de plus de latitude dans la programmation des opérations afin de pouvoir mieux s'adapter aux événements. Un recensement régulier des macrophytes, tous les 5 ans environ, permettrait de voir une éventuelle évolution à long terme, tandis que seul un suivi étroit de la colonne d'eau peut permettre de comprendre une dynamique biologique très rapide et de saisir des événements naturels ou artificiels particulièrement fugaces mais instructifs et potentiellement impactants.

En définitive, chaque compartiment étudié doit être approché à l'échelle spatiale et temporelle la mieux adaptée à sa dynamique et il est difficile de faire abstraction de l'ensemble des compartiments pour cerner le comportement de l'un d'entre eux. Etendre ce genre d'étude à l'ensemble du linéaire de la Saône, en adaptant les plans d'échantillonnages en conséquence, et en ne travaillant qu'aux périodes propices permettrait certainement de faire avancer notre compréhension du fonctionnement de l'hydrosystème Saône. Il n'en reste pas moins vrai que l'ensemble des investigations laisse entendre que certains phénomènes nous échappent encore, et qu'il serait peut-être nécessaire de se pencher sur des sources de pollutions plus cryptiques étant donné que la mesure des polluants classiques n'apporte pas de réponse satisfaisante.

En attendant, à l'échelle de la seule agglomération lyonnaise, il apparaît souhaitable de pouvoir disposer de deux stations de mesures en continu, l'une à l'entrée de l'agglomération et l'autre à la confluence de la Saône avec le Rhône, pour bien mesurer l'impact relatif de l'agglomération par rapport à ce qui est hérité de l'amont. Ce serait en outre un bon exemple pour inciter les agglomérations de l'amont à faire de même. Les progrès de la métrologie devraient rendre ce genre de suivi de plus en plus précis et de moins en moins onéreux à l'avenir.



# 1 - INTRODUCTION

## 1.1 - Contexte général de l'étude

La Saône constituait, il y a plusieurs décennies, l'une des dernières grandes rivières lentes encore de qualité en Europe. Si son régime hydraulique demeure encore presque naturel, caractéristique désormais exceptionnelle à l'échelle de l'Europe pour un cours d'eau de cette dimension, son écosystème a subi néanmoins de fortes perturbations et fait l'objet notamment d'un dysfonctionnement trophique, d'une imprégnation toxique et d'un déficit planctonique. Gestionnaires et scientifiques ont entrepris de nombreuses investigations et mené diverses actions pour tenter d'explicitier et de remédier au dysfonctionnement de la Saône.

De nombreuses études ont été menées pour mieux connaître la dynamique de cet écosystème et analyser les causes de l'appauvrissement écologique de la rivière Saône. Mais ces études sont pilotées par différents acteurs sans mise en commun des connaissances : travaux menés par les laboratoires aujourd'hui partenaires au sein de la ZABR (Fruget & Persat, 2000; Fruget *et al.*, 2001; Persat *et al.*, 2002; Clémens & Persat, 2003; Fruget & Persat, 2003), études pilotées par différents acteurs institutionnels (Agence de l'eau, Syndicat Saône-Doubs, Grand Lyon, Diren, Service de la Navigation...).

De plus, le besoin de recalibrer dans le cadre de la directive "Eau" le niveau de qualité à atteindre et d'en définir son "potentiel" rend nécessaire de fixer le niveau des mesures à effectuer pour statuer sur l'intérêt de l'implantation ou non d'une station de mesures de surveillance de la qualité des eaux de la Saône à son entrée sur le territoire du Grand Lyon, et éventuellement d'une seconde à sa confluence avec le Rhône. Ceci passe par l'étude de la qualité biologique et trophique des masses d'eau comprises entre le ruisseau de Formans à l'amont de Trévoux et la confluence avec le Rhône.

La problématique posée peut se résumer par les 3 questions suivantes :

- Le fonctionnement écologique actuel de la Saône est-il acceptable pour cet hydrosystème potamique ?
- Les perturbations constatées proviennent-elles du cours supérieur ou bien de pressions et contaminations à son arrivée dans l'agglomération lyonnaise ?
- Comment y remédier dans la perspective de la reconquête d'une qualité compatible avec les objectifs de "bon état écologique" à l'horizon 2010 ?

Ces questions, clairement posées par le Grand Lyon, l'Agence de l'Eau, et d'autres groupes d'utilisateurs, expriment un besoin de connaissances sur le véritable état de santé de la Saône lyonnaise, la nature et la localisation des nuisances qu'elle subit, ses capacités de défense naturelle ou structurelle.

Un tel check-up ne peut pas être conduit dans toutes les directions et sur tous les paramètres physiques et biologiques pertinents. Il faut procéder à une auscultation ciblée, visant les compartiments stratégiques où se déroulent à l'évidence des phénomènes importants au plan écologique : c'est l'objet d'une diagnose fonctionnelle.

## 1.2 - Contexte spécifique du projet

Le Grand Lyon a lancé un contrat d'objectif et de développement dans lequel une réflexion globale sur la Saône est menée avec tous les maires du bassin situés dans son territoire, dans le cadre de la Conférence des maires du Val de Saône. Une charte d'objectifs « Val de Saône », approuvée par les différentes collectivités, et un plan de gestion, fixent la stratégie de gestion des berges de la Saône, qu'il convient de préserver.

Le Grand Lyon souhaite aujourd'hui asseoir sa politique de gestion de la Saône sur une base scientifique solide, en concertation avec l'ensemble des partenaires institutionnels concernés par cette rivière et déterminer le cadre de réalisation d'une étude globale sur le comportement de la Saône. Celle-ci est susceptible de fournir un état des lieux important du principal affluent du Rhône dans l'optique de la mise en œuvre du Programme décennal Rhône et de la Directive-cadre européenne sur la gestion des hydrosystèmes.

Parmi les hypothèses suggérant des compléments d'analyse, nous avons identifié :

- une possibilité de mixage à l'aval de Couzon des eaux de la Saône amont jusqu'ici séparées en 3 écoulements juxtaposés : un chenal navigable, profond et de grande inertie, une Saône lente en rive droite à forte typicité « beaujolaise et caladoise », une Saône lente en rive gauche altérée par les affluents de Bresse et de Dombes et la zone d'activités de Neuville-sur-Saône ;
- l'influence probable de flux de polluants urbains, provenant des déversoirs d'orage (DO), de ruissellements sur surfaces imperméabilisées ou de rejets industriels et domestiques, donc une composante éco-toxicologique, au moins ponctuelle ;
- une réduction visible des ceintures végétales et des prairies inondables, donc des capacités de dénitrification et de fixation des matières en suspension (turbidité), entretenue par le batillage important ;
- une potentialité d'assimilation liée à la grande biomasse de mollusques filtreurs et de détritivores du fond, dont on manque cruellement d'évaluation.

La présente étude représente une phase d'exploration de ces fonctionnalités, dans son parcours urbanisé, visant un appui opérationnel à la réhabilitation de la qualité écologique de la Saône dans son ensemble, avec un contrôle d'efficacité à l'entrée de Lyon. Les perspectives sont ainsi de passer d'une bioindication d'état écologique (qualité) à une bioindication d'état fonctionnel du milieu aquatique (qualité + quantité).

## 2 - DEROULEMENT METHODOLOGIQUE

### 2.1 - Objectifs de l'étude

Le Grand Lyon a émis le souhait de mieux connaître l'état général de la Saône au droit de son territoire pour pouvoir déterminer la contribution relative de l'agglomération, comparativement à celle de l'amont, dans la qualité des eaux rejoignant le Rhône.

La présente étude, intégrée à la problématique plus générale de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR), se propose donc de :

- **connaître l'évolution** et **rechercher les changements perceptibles** de la qualité hydrobiologique générale de la Saône le long de son parcours dans l'agglomération lyonnaise, à savoir réaliser un état zéro en 2006 et 2007 afin de réaliser un cycle annuel complet ;
- **rechercher à quels niveaux** de son parcours dans la Communauté Urbaine ces changements s'opèrent ;
- **préciser l'origine** de ces changements et dans quelles conditions ils apparaissent.

La satisfaction de ces objectifs nécessite l'adoption d'un plan d'échantillonnage comportant un nombre suffisant de stations et une fréquence d'échantillonnage à la hauteur de la variabilité potentielle du compartiment hydrobiologique à inventorier.

### 2.2 - Stations d'étude

Pour répondre aussi précisément que possible aux besoins du Grand Lyon, et compte tenu de la géographie du parcours de la Saône dans la Communauté Urbaine, nous avons retenu le principe de trois stations intermédiaires entre les deux stations situées aux extrémités amont et aval du parcours lyonnais, Genay et la Mulatière. Ces trois stations intermédiaires sont, d'amont en aval :

- Fleurieu-Albigny, en aval de la zone industrielle et de la station d'épuration de Neuville-sur-Saône, et en amont du barrage de Couzon,
- Couzon-Rochetaillée, en aval du barrage, ceci afin de préciser l'impact de cet ouvrage,
- Collonges-Ile Barbe (station RNB de l'Agence de l'Eau), en aval de la station d'épuration de Fontaines-sur-Saône et de la zone industrielle de Collonges.

Ce sont donc **5 stations** qui ont été prospectées, à savoir d'amont en aval (Figure 2.1) :

- **Genay**, aux environs de l'île Beyne, des pk 24 à 26.
- **Couzon amont**, aux environs de l'île Rontant, des pk 18 à 20.
- **Couzon aval**, à partir de l'aval du barrage, des pk 15 à 17.
- **Collonges**, entre l'aval du viaduc de Collonges et l'amont de l'île Barbe, des pk 10 à 12.
- **La Mulatière**, de l'aval du viaduc de Perrache à l'aval du viaduc de la Mulatière, des pk 0 à 2.

Pour tout ce qui a trait à la colonne d'eau, il est apparu suffisant de n'opérer qu'au niveau du chenal, mais pour tout ce qui touche au compartiment benthique, il apparaît nécessaire de distinguer la rive droite de la rive gauche. En conséquence, si pour la qualité des eaux et le compartiment planctonique, les 5 stations définies ci-dessus seront retenues, tout au moins en période de basses eaux, par contre pour tout ce qui se rattache au benthos, nous retiendrons 10 stations (5 sur chaque rive).

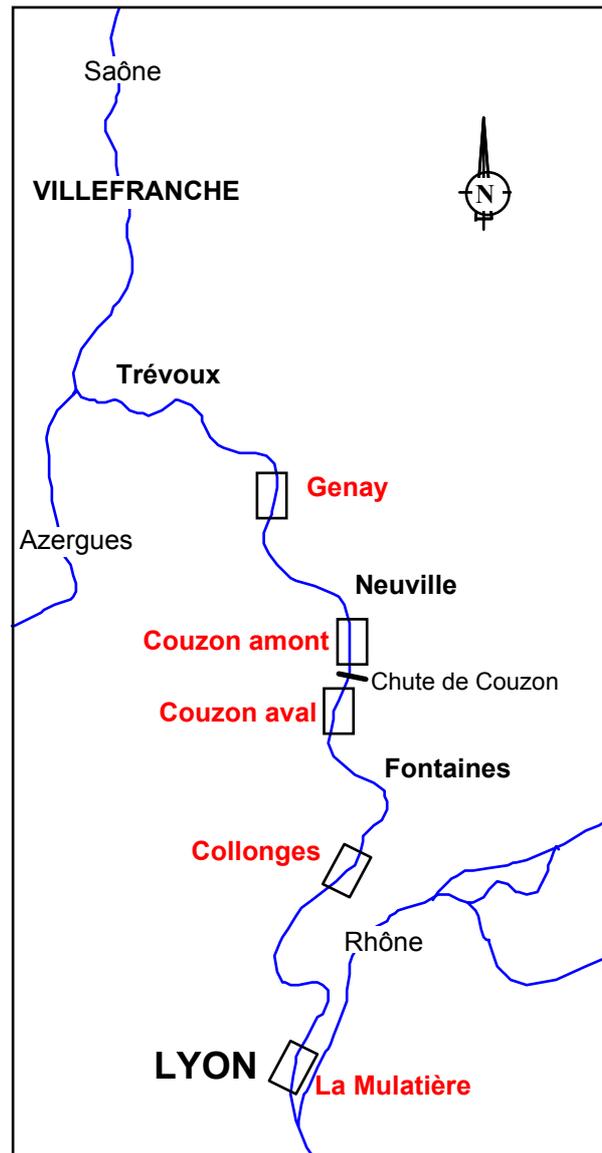


Figure 2.1. Localisation des stations d'échantillonnage.

## 2.3 - Phasage de l'étude

Cette étude se découpera en **deux phases** :

### ➤ Phase 1 - Année 2006 :

- Evaluation des protocoles et de la représentativité des stations
- Macroinvertébrés et Diatomées benthiques
- Qualité des sédiments
- Ichtyofaune
- Analyse de la contamination et de la génotoxicité sur les poissons

### ➤ Phase 2 - Année 2007 :

- Etude de la dynamique de la masse d'eau (physicochimie et plancton)
- Etude des macrophytes

## 2.4 - Protocoles de la phase 1 - 2006 (benthos et poissons)

### 2.4.1 - Paramètres inventoriés

Les **méthodes** susceptibles d'être utilisées dans cet état des lieux doivent être **opérationnelles**, c'est-à-dire (i) avoir une signification écologique validée, (ii) être normalisées ou standardisées, (iii) être reproductibles et transférables.

En terme de décision, la confrontation d'indices de sensibilités et de significations diverses doit permettre de **guider les gestionnaires** en repérant les compartiments les plus altérés, de donner des objectifs de qualité écologique à préserver ou à restaurer, mais aussi de retenir les méthodes les plus adaptées à l'étude d'un contexte donné.

Ainsi, en accord avec le cahier des charges, les paramètres suivants, descripteurs des différents compartiments physiques et biologiques, seront inventoriés :

#### ➤ **Zoobenthos**

- En berge (zone de batillage) : invertébrés selon la méthodologie IBGN
- Près du bord (à plus de 1 m sous le niveau d'étiage) : faune hyporhéique
- Loin du bord (sous 3 m d'eau) : invertébrés benthiques par dragage
- Chenal navigué : invertébrés benthiques par dragage

#### ➤ **Sédiments**

- Analyses physico-chimiques approfondies de la qualité des sédiments (recherche des contaminants toxiques) avec distinction rive droite-rive gauche

#### ➤ **Ichtyofaune**

- Composition faunistique avec distinction rive droite-rive gauche

#### ➤ **Etude de la contamination génotoxique des poissons**

- Recherche de composés toxiques au niveau de différents organes

La figure 2.2 permet de visualiser le positionnement des différents types de prélèvements sur une demie-coupe transversale de la rivière.

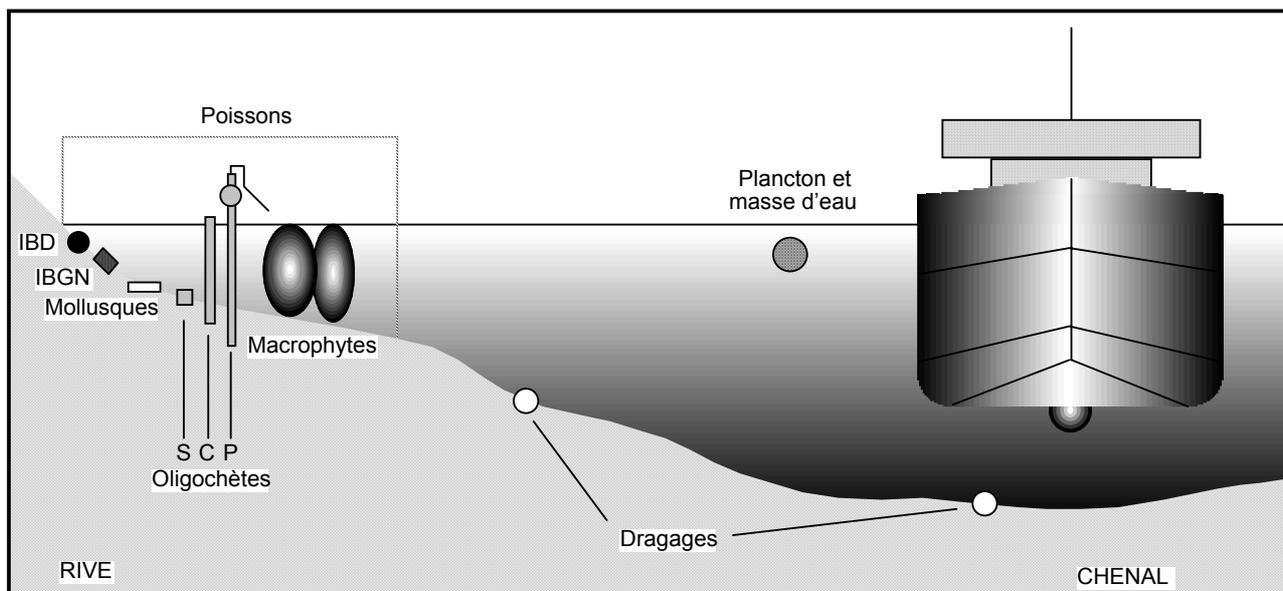


Figure 2.2. Positionnement des différents types de prélèvements sur une demie-coupe transversale de la Saône.

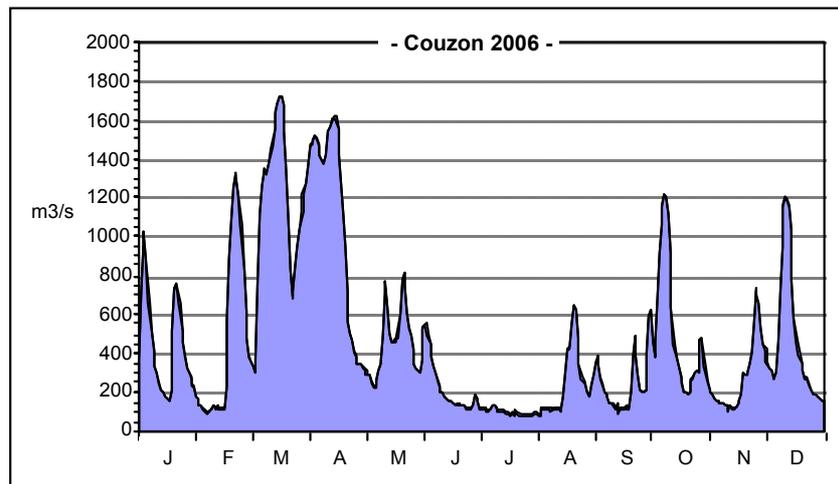
## 2.4.2 - Période d'échantillonnage

La variabilité temporelle du compartiment benthique étant essentiellement saisonnière, nous avons estimé suffisant de ne l'examiner qu'une fois dans l'année, en seconde partie d'été. Les opérations concernant les invertébrés, les diatomées benthiques, la physicochimie fine des sédiments et les poissons sont ainsi exécutées à la même période. Le tableau ci-dessous dresse le planning des opérations de cette première année d'étude tel qu'il avait été initialement prévu. Toutefois, les contraintes administratives liées à l'engagement d'une telle étude l'ont décalé d'environ 2 mois et les prélèvements n'ont pu être réalisés qu'en début d'automne.

PLANNING ECHEANCIER PHASE 1 - 2006									
Mois	août-06    sep-06    oct-06    nov-06    déc-06								
<b>OPERATIONS</b>									
<b>Collectif</b>	<table border="1"> <tr> <td>Visite de calage des stations</td> <td>Rapport de terrain</td> <td>Rapport 2006</td> </tr> </table>	Visite de calage des stations	Rapport de terrain	Rapport 2006					
Visite de calage des stations	Rapport de terrain	Rapport 2006							
<b>Benthos</b>	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">           ARALEP            Diatomées (INRA)            Invertébrés            BURGEAP            Oligochètes         </td> <td colspan="2">1ère campagne</td> </tr> <tr> <td>           IBGN Rivulaires 10 relevés            Indices Diatomiques            Dragages 15 relevés            Bou Rouch 10 relevés            Carrotages 10 relevés            Surber 10 relevés         </td> <td>Dépouillements</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Dépouillements</td> </tr> </table>	ARALEP Diatomées (INRA) Invertébrés BURGEAP Oligochètes	1ère campagne		IBGN Rivulaires 10 relevés Indices Diatomiques Dragages 15 relevés Bou Rouch 10 relevés Carrotages 10 relevés Surber 10 relevés	Dépouillements			Dépouillements
ARALEP Diatomées (INRA) Invertébrés BURGEAP Oligochètes	1ère campagne								
	IBGN Rivulaires 10 relevés Indices Diatomiques Dragages 15 relevés Bou Rouch 10 relevés Carrotages 10 relevés Surber 10 relevés	Dépouillements							
		Dépouillements							
<b>Sédiments</b>	<table border="1"> <tr> <td>           ARALEP            Analyses LDA26         </td> <td>           10 relevés            (Benne ou drague)         </td> <td>Analyses</td> </tr> </table>	ARALEP Analyses LDA26	10 relevés (Benne ou drague)	Analyses					
ARALEP Analyses LDA26	10 relevés (Benne ou drague)	Analyses							
<b>Poissons</b>	<table border="1"> <tr> <td>           LEHF Ichtyol.            ENTPE Toxicol.         </td> <td>           5x2 pêches de 25 EPA            Collecte chevaines toxico         </td> <td>           Analyses            Analyses         </td> </tr> </table>	LEHF Ichtyol. ENTPE Toxicol.	5x2 pêches de 25 EPA Collecte chevaines toxico	Analyses Analyses					
LEHF Ichtyol. ENTPE Toxicol.	5x2 pêches de 25 EPA Collecte chevaines toxico	Analyses Analyses							

### 2.4.3 - Hydrologie de la période d'étude

La figure 2.3 donne un aperçu de l'évolution de l'hydrologie au cours des mois ayant précédé l'étude. A l'exception de la période janvier-février, de celle juin-juillet et de la fin d'année, l'hydraulicité mensuelle a très souvent été excédentaire, en particulier en mars-avril (coefficient de 2,1 ce dernier mois, à comparer à un coefficient de 0,5 en juillet), même si les pics de crue (plus de 1700 m<sup>3</sup>/s en mars, 1600 m<sup>3</sup>/s en avril) sont restés de l'ordre de la crue annuelle (1490 m<sup>3</sup>/s). Le coefficient général d'hydraulicité pour l'année 2006 est ainsi très proche de la normale (1,1).



**Figure 2.3.** Débits moyens journaliers de la Saône à Couzon lors de l'année 2006 (données CNR Info Rhône).

Même si les mois de juin et juillet ont été hydrologiquement déficitaires, le débit d'étiage (40 m<sup>3</sup>/s) n'a toutefois jamais été approché puisque les valeurs minimales moyennes journalières ont été respectivement de 115 m<sup>3</sup>/s en juin et de 79 m<sup>3</sup>/s en juillet (88 m<sup>3</sup>/s en août). Par la suite, la seconde partie d'été a été perturbée par différents épisodes de montée des eaux, conduisant à un décalage des campagnes d'échantillonnage jusqu'à la deuxième décennie du mois d'octobre (montées à plus de 600 m<sup>3</sup>/s en août et septembre, et culminant à 1200 m<sup>3</sup>/s début octobre). La présence des barrages de Couzon et de Pierre-Bénite permet toutefois le maintien des lignes d'eau sur une partie du secteur concerné, en amont immédiat des ouvrages.

## 2.5 - Protocoles de la phase 2 - 2007 (hydrophytes et dynamique de la colonne d'eau)

### 2.5.1 - Paramètres inventoriés

La phase II comprenait avant tout un suivi hebdomadaire de la colonne d'eau aux 5 stations, portant d'une part sur les paramètres physico-chimiques classiques, température, oxygène dissous, conductivité, turbidité, MES, pH, chlorophylle a, phéopigments et nutriments, et d'autre part sur le phytoplancton (algues unicellulaires) et le zooplancton (rotifères, cladocères et copépodes). Le nombre de stations échantillonnées dépendait des débits de références semi et trois-quarts permanents : les 2 stations amont et aval au-dessus de 280 m<sup>3</sup>/s, plus la station intermédiaire de Couzon aval pour les débits compris entre 280 et 140 m<sup>3</sup>/s, et les deux autres stations (Couzon amont et Collonges) pour les débits inférieurs à 140 m<sup>3</sup>/s.

La phase II comportait également un inventaire des ceintures macrophytiques rivulaires (végétation aquatique) sur un linéaire significatif au droit de chaque station (2 X 500 m par rive et par station).

### 2.5.2 - Période d'échantillonnage

Le suivi hebdomadaire a débuté comme prévu le 5 avril 2007 et s'est achevé le 27 septembre 2007, par contre le recensement de la végétation aquatique n'a pas pu être exécuté comme prévu à la mi-août, les débits trop élevés et la turbidité résultante rendant toute observation impossible. Il a fallu attendre la fin septembre (26 et 27 septembre) pour obtenir des conditions propices aux observations, époque où les herbiers sont malheureusement déjà en régression.

### 2.5.3 - Hydrologie de la période d'étude

La figure 2.4 montre que l'année 2007 sort de l'ordinaire avec un étiage assez prononcé en tout début de chronique, suivi par une longue série de crues avec un pic tout à fait inhabituel au cœur du mois d'août, avant de ne retrouver des débits proches de l'étiage à la fin septembre.

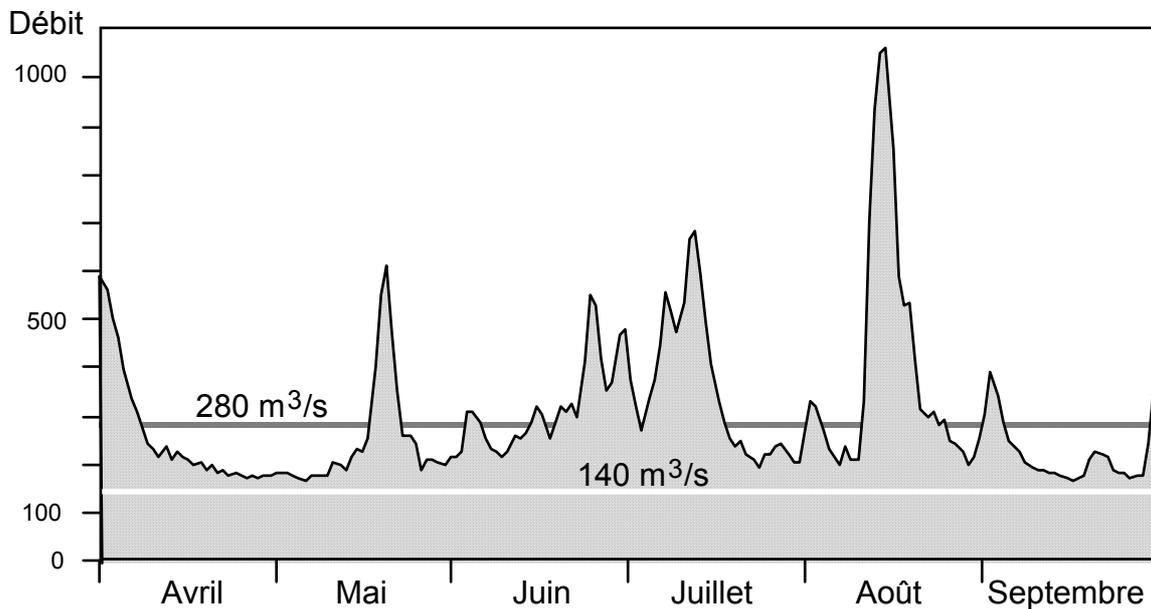


Figure 2.4 : Débits moyens journaliers de la Saône à Couzon en 2007 (Données Diren Rhône-Alpes)

## 3 - ETUDE DE LA CONTAMINATION TOXIQUE DES SEDIMENTS

### 3.1 - Méthodologie

Les sédiments représentent une "mémoire" de la contamination toxique du milieu. Une analyse de cette contamination a donc été réalisée à chacune des stations, sur chaque rive, excepté à la Mulatière en rive gauche où la structure du milieu (quais et palplanches bétonnés) ne permettait pas la rencontre de tels matériaux. Un total de **9 mesures** a donc été réalisé. Les prélèvements ont été effectués par nos soins à la benne ou à la drague et transmis pour analyse à un laboratoire expert agréé, le LDA 26 à Valence. Ce laboratoire effectue des analyses similaires dans le cadre de diverses études de l'Agence de l'Eau.

Les analyses sont pratiquées selon une **approche multirésidus/multidétection** qui passe en revue **320 molécules**. Les analyses sont réalisées par chromatographie en phase gazeuse (détection FID, ECD/NPD, spectrométrie de masse) et/ou chromatographie en phase liquide (DAD, fluorescence, spectrométrie de masse MS/MS). Dans ce cadre, **15 familles de composés** sont recherchées, appartenant aux grands types suivants :

- les pesticides (insecticides, fongicides, herbicides, etc.), utilisés essentiellement en agriculture ou en entretien de voiries ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), essentiellement dûs à la combustion des carburants et aux effluents industriels ;
- les polychlorobiphényles (PCB), utilisés par et issus de l'industrie ;
- les solvants chlorés, d'origine essentiellement industrielle ;
- les organohalogénés adsorbables (AOX), composés organiques chlorés essentiellement utilisés ou produits par l'industrie.

Les **métaux**, provenant en grande partie des activités humaines (industrie), ont pour leur part été recherchés par le même laboratoire selon la formule du bilan qualitatif qui passe en revue une cinquantaine de composés métalliques. Cette recherche qualitative multi-élémentaire est réalisée par mesure d'émission sur torche à plasma (ICP). Une recherche du mercure a également été pratiquée.

Une **comparaison** des résultats obtenus dans le cadre de cette étude est effectuée avec les résultats des mesures réalisées à l'**Ile Barbe** par l'Agence de l'Eau (point RNB n° 59500).

### 3.2 - Résultats

Le pourcentage de matières sèches totales des différents échantillons est homogène, s'étendant de 71% en rive droite à Genay et Collonges à 81% en rive gauche de Couzon aval barrage (moyenne générale = 75,2%). Ceci atteste d'une certaine homogénéité structurelle des sédiments fins prélevés.

#### 3.2.1 - Métaux

**34 composés métalliques** ont été rencontrés (Tableau 3.I). Les disparités entre les stations sont faibles, le nombre de métaux variant de 25 éléments à Couzon amont RD à 31 à Collonges RD.

Tableau 3.I. Résultats des analyses de métaux sur les sédiments et classes de qualité du SEQ-Eau.

Métaux mg/kg MS	Genay		Couzon amont		Couzon aval		Collonges		Mulat.
	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	RD
% MS totales	74,1	71,2	77,8	80,7	81,2	72,3	72,6	71	75,8
Hg	0,07	0,07	0,09	< 0,02	< 0,02	0,06	0,1	0,1	0,16
Ag									3,8
Al	10200	13100	7600	14800	14700	18700	12100	11400	12000
As	12,3	15,5	10	9,4	7,6		17,7	11	11
Au								5	
B	19	15	18	12	14	10	23	17	18
Ba	419	622		579	397	543	438	514	45
Be	1,5	1,5	1,4	1,2	0,9	1,3	1,5	1	1,6
Ca	30300	18100	34000	7300	9900	6000	29900	24700	28900
Co	8	9,6	10	5	4,6	4,9	11	9	9
Cr	27	29,8	40	17	18,2	20,7	39,8	31	33
Cu	18	22,9	27	13	12,1	14,3	30,9	26	28
Fe	12800	15600	15000	9000	9000	8300	15900	13600	14500
K	17300	19300	16300	24000	16600	23600	16100	18200	20300
La	8	7,3	6		3,3		10,6	8	10
Li	16	15,7	15	14	13	12,8	19	17	17
Mg	2400	1700	2500	700	800	600	2700	2300	2200
Mn	383	429	435	248	267	248	501	418	531
Na	9600	12600	10200	11700	7500	7600	10700	10600	10000
Nb							22	14	17,3
Ni	12	12,2	14	6,2	5	6,5	16	14	14
P	675	617	1087	370	386	405	966	841	786
Pb		26,8	43	21,5		30,6	38	57	40
S	501	376	713	201	151	330	796	558	518
Sb		10,4	14						
Sn	3	16,8	4		4,7		4	4	13
Sr	125	131	154	126	101	95	146	129	146
Ta						46,5			
Th	19	25,2	28	11,3	107	14,1	31	22	24
Ti	2156	2628	2550	117,8	1292	891	2787	2278	2238
V	20	26,9	25	7,9	5	4,4	27	23	23
W						36,8		4	
Zn	102	145,5	160	85,6	55,7	76,9	170	138	163
Zr	85			42	71,3	27,8	79,5	85	68
Nb éléments	27	28	27	25	26	27	29	31	30

En dehors de l'appartenance de nombreux éléments au fond géochimique, on a ainsi un fond métallique commun à l'ensemble des stations et l'essentiel des différences est dû à des éléments spécifiques spatialement localisés tels que Ag (Mulatière RD), Au (Collonges RD), Nb (Collonges et Mulatière, i.e. en aval de Fontaines), Sb (Genay et Couzon amont, i.e. en amont du barrage de Couzon), Ta (Couzon aval RD) ou W (RD de Couzon aval et Collonges).

Parmi les éléments rentrant dans la classification du SEQ-Eau pour l'altération métaux sur sédiments, le **zinc** est le **composé le plus péjorant** avec des concentrations élevées à très élevées le classant en qualité passable à médiocre. Les concentrations de l'arsenic à Genay (il se situe en limite de classes à Couzon amont) puis à Collonges et la Mulatière, ainsi que celles du plomb aux deux derniers sites, sont également élevées (qualité métallique passable). Si les concentrations en

mercure ont tendance à croître d'amont en aval, elles restent toutefois modérées, situant cet élément en classe de bonne qualité.

### 3.2.2 - Micropolluants organiques

**Tableau 3.II.** Résultats des analyses de micropolluants organiques sur les sédiments et classes de qualité du SEQ-Eau.

Micropolluants organiques Composé	(µg/kg MS) Famille	Genay		Couzon amont		Couzon aval		Collonges		Mulat. RD
		RG	RD	RG	RD	RG	RD	RG	RD	
Eq. Huiles minérales	Hydrocarbures lourds		65	101					98	117
Eq. Hydrocarbures totaux	Hydrocarbures lourds		90	128					125	145
Acénaphène	HAP								87	
Acénaphthylène	HAP			87					50	
Anthracène	HAP			95					51	56
Benzo (a) anthracène	HAP	174	215	623	13	28	223	114	495	172
Benzo (a) pyrène	HAP	113	90	993		11	111	58	343	92
Benzo (b) fluoranthène	HAP	142	160	623		15	183	78	547	179
Benzo (ghi) perylène	HAP	96	55	341			55	35	224	73
Benzo (k) fluoranthène	HAP	81	105	344		12	117	50	304	110
Chrysène	HAP	149	140	655			188	72	569	174
Dibenzo (a,h) anthracène	HAP			169			35	23	77	
Fluoranthène	HAP	226	316	1074		81	389	120	1367	382
Fluorène	HAP			83					47	
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	HAP	122	111	547		19	112	73	399	147
Méthyl 2 fluoranthène	HAP		52	260			186	60	314	85
Méthyl 2 naphthalène	HAP		58	243			92		318	82
Naphtalène	HAP			55					95	
Phénanthrène	HAP	118	55	458			117		634	103
Pyrène	HAP	162	354	1310		52	518	143	2804	316
Tétrachloroéthylène	Solvants OHV							10		
Eq. Arochlor 1254	PCB									274
PCB101	PCB			14						25
PCB118	PCB									44
PCB138	PCB			10						30
PCB153	PCB			12						26
PCB180	PCB			10						
PCB28	PCB									17
PCB52	PCB									19
Nb éléments		10	14	23	1	7	13	12	20	22

**28 composés** organiques appartenant à 4 familles ont été mesurés (Tableau 3.II), en particulier tous ceux de la famille des HAP ont été trouvés. Ces derniers se situent globalement en classe de qualité passable, synonyme de concentrations élevées (excepté à Couzon amont RD, dont le prélèvement a été fait sur la rive gauche de l'île du Rontant, i.e. côté chenal principal de navigation, avec curieusement un seul composé). Les PCB sont abondamment représentés à la Mulatière et quelques uns sont aussi présents à Couzon amont RG (i.e. aval de Neuville et côté "rive industrielle").

### 3.3 - Conclusions

Si une grande quantité de composés métalliques est rencontrée dans les sédiments de la basse Saône, nombreux sont ceux appartenant au fond géochimique et seuls le zinc (à tous les sites), l'arsenic et le plomb en aval de Fontaines-sur-Saône (ainsi qu'à Genay pour le premier) sont présents à des concentrations élevées (voire très élevées pour Zn), synonymes de qualité passable à médiocre des sédiments pour ce paramètre. Les teneurs en Zinc restent dans la gamme des valeurs observées par l'Agence de l'Eau sur l'essentiel du linéaire de la rivière (fig. 3.1) et sur une vingtaine d'années (fig. 3.2). La contamination est générale et persistante, et les variations observables

dépendent probablement plus de la texture des sédiments que de réelles fluctuations des apports en Zinc qui s'avèrent élevées dès la haute Saône.

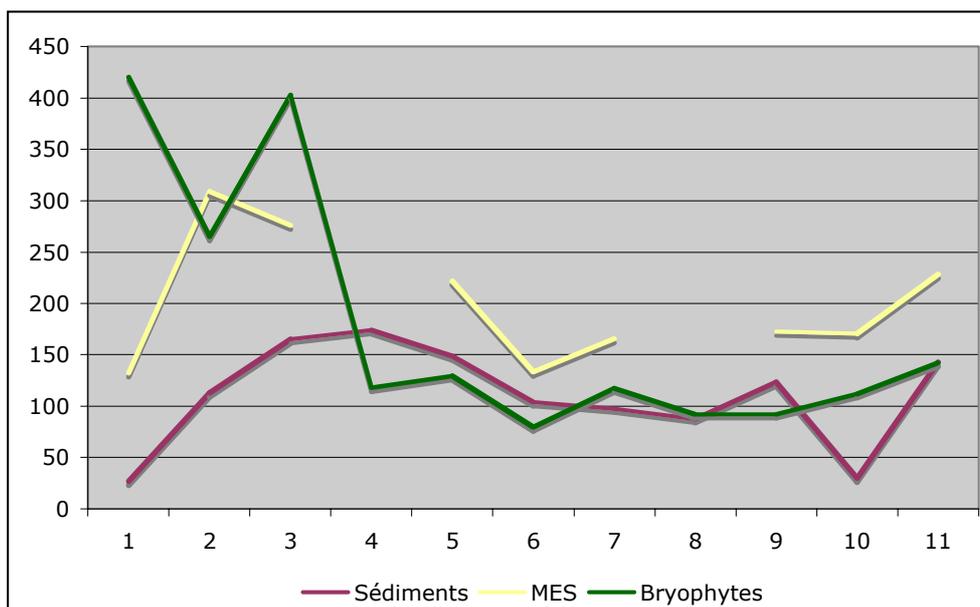


Figure 3.1 : Evolution des concentrations en Zinc dans la Saône, d'amont (Belrupt) en aval (Ile Barbe), d'après les données RNB de l'Agence de l'Eau (moyenne de tous les relevés par station sur une vingtaine d'années)

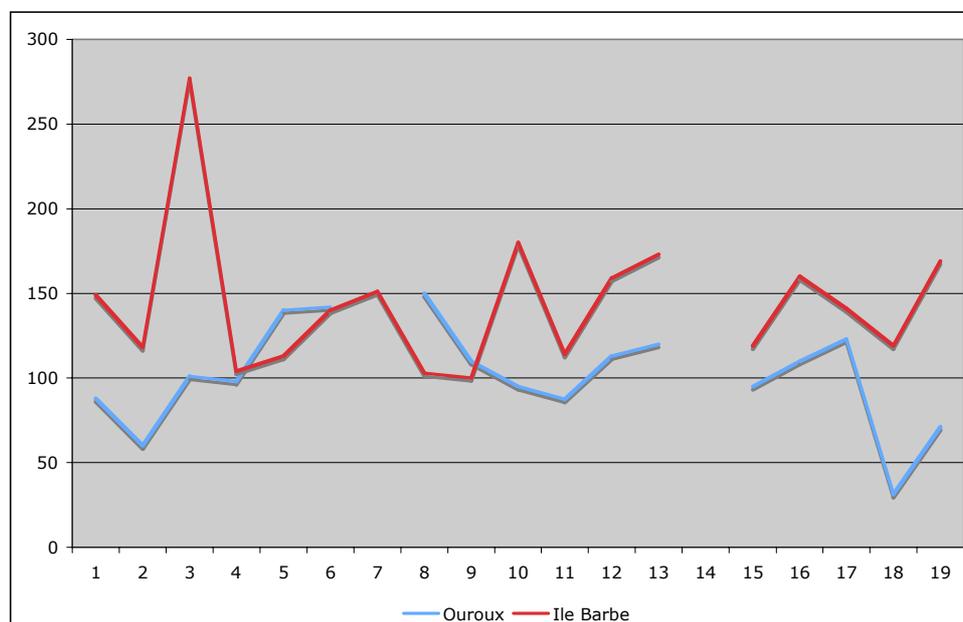


Figure 3.2 : Evolution des concentrations en Zinc dans les sédiments de la Saône de 1989 à 2007 à Ouroux et l'Ile Barbe d'après les données de l'Agence de l'Eau

Les composés organiques sont quant à eux essentiellement représentés par les HAP et les PCB. Si ces derniers sont localisés aux sites de Couzon amont et la Mulatière, les HAP sont très abondants

quelle que soit la station (hormis Couzon amont RD). Les mesures effectuées par l'Agence de l'Eau à la station de l'Ile-Barbe confirment également la forte charge en HAP, aussi bien sur l'eau brute que sur les MES (classe de qualité jaune).



## 4 - ETUDE DES PEUPELEMENTS D'INVERTEBRES

### 4.1 - Méthodologie d'échantillonnage

L'étude des peuplements de macroinvertébrés a été réalisée au niveau des **5 sites** définies précédemment, sur les deux rives ainsi que dans le chenal, soit en réalité 15 stations distinctes. L'échantillonnage s'est effectué les 16-17-18 octobre.

Pour chaque site, **deux techniques** de prélèvement ont été associées :

- les **zones rivulaires** ou assimilées, dont la profondeur n'excède pas 1 m environ, ont été échantillonnées à vue à l'aide d'un filet de type Surber selon le protocole préconisé pour l'IBGN en cours d'eau peu profond (norme AFNOR NF T 90-350 de mars 2004) ;
- le **chenal**, caractérisé par des habitats trop profonds pour être accessibles au filet, a été prospecté, à partir d'un bateau à moteur, par dragage du fond.

A l'exception des substrats artificiels non utilisés dans cette étude, ce protocole correspond à la **méthodologie IBGA** (Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau et rivières profondes) et a été réalisé selon le protocole technique expérimental *ad hoc* (Agence de l'Eau RMC, 1997). Ce protocole est une combinaison de différentes techniques d'échantillonnage et de l'IBGN pour le niveau de détermination requis et le calcul de la note (AERMC, 1997). L'application qui en est faite dans cette étude, si elle ne permet pas le calcul de la note IBGA globale, permet le calcul de notes partielles permettant de **qualifier la qualité biologique des différents compartiments aquatiques** : indice IBGN des filets de bordure pour la zone littorale, indice drague pour le chenal.

### 4.2 - Protocole de prélèvement

L'**échantillonnage des zones rivulaires**, de profondeur maximale d'environ 1 m, a été réalisé à l'aide d'un filet type Surber selon la méthode préconisée pour l'IBGN en cours d'eau peu profond. Huit habitats distincts d'une superficie de 1/20 m<sup>2</sup> chacun ont été prélevés parmi les combinaisons définies dans le tableau du protocole d'échantillonnage. L'objectif n'étant pas l'étude précise des habitats individuels, ceux-ci ont été par la suite regroupés en un seul gros échantillon représentatif de la station.

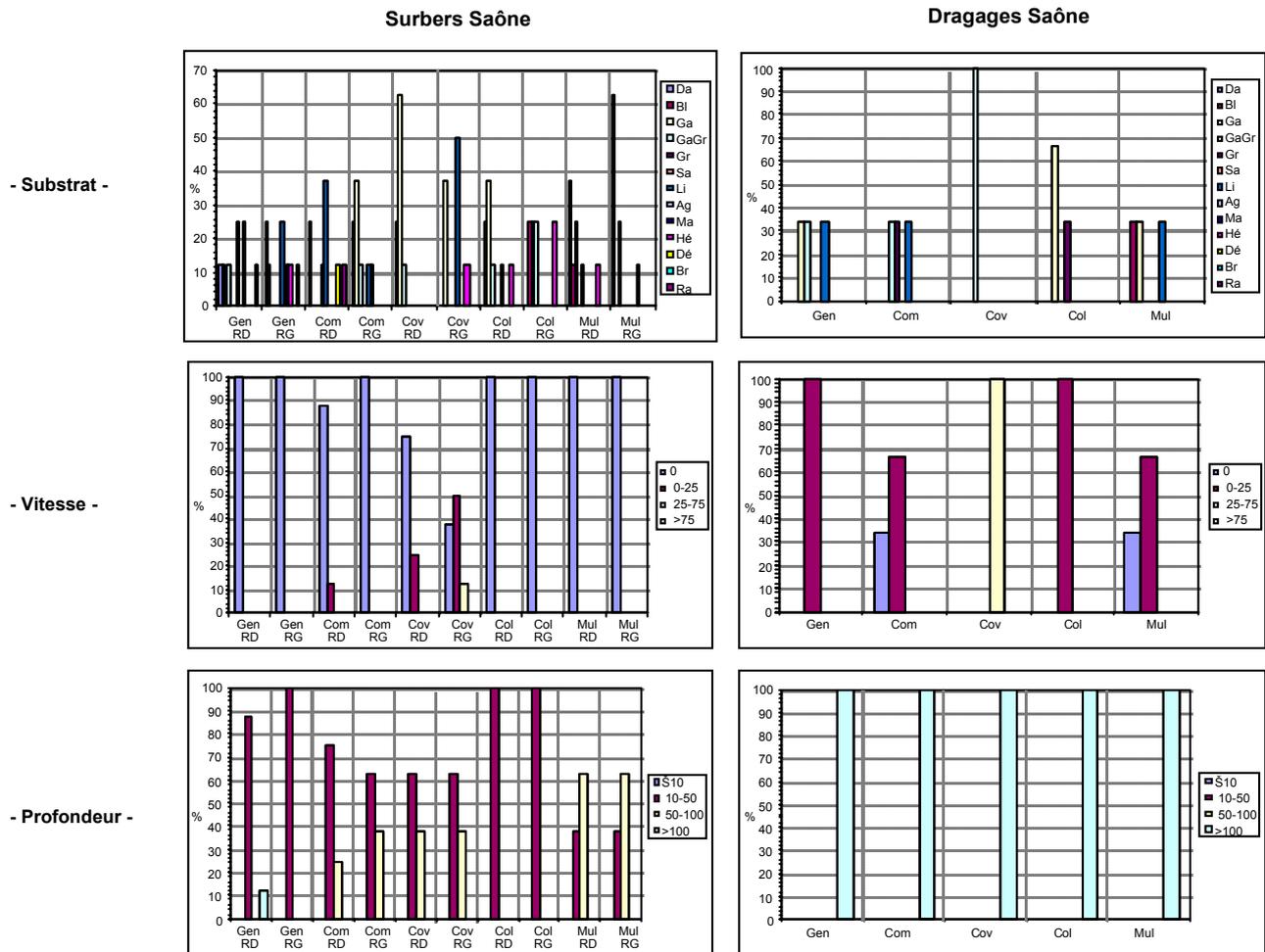
Le **dragage du chenal** a été pratiqué au moyen d'une drague irlandaise triangulaire. Trois dragages ont été réalisés (rive droite, centre du chenal et rive gauche) afin d'appréhender les éventuelles différences spatiales de répartition des invertébrés, en prenant soin d'obtenir un échantillonnage représentatif des types de substrat présents. Chaque dragage est conditionné individuellement. Connaissant le volume de sédiments recueillis lors de chaque dragage, il est ainsi possible d'estimer la densité des macroinvertébrés du chenal. Les résultats individuels de chacun d'eux sont ensuite regroupés en une seule liste faunistique représentative de ce compartiment.

Les invertébrés ainsi récoltés ont été identifiés au delà du niveau systématique requis par le protocole IBGN, à savoir la famille : la **détermination** a en effet été **détaillée à l'espèce** chaque fois que cela était possible afin d'obtenir des informations écologiques et patrimoniales suffisantes, à l'exception des Oligochètes et des Diptères en raison des difficultés systématiques et du coût d'acquisition de l'information complémentaire pour ces deux groupes. Les données sont exprimées en effectifs vrais avec l'abondance respective de chaque taxon.

Une **comparaison** des résultats obtenus dans le cadre de cette étude particulière a été pratiquée avec ceux de la **chronique RNB des stations de St-Bernard et de l'Ile Barbe** (points n° 53800 et 59500), régulièrement échantillonnées dans le cadre de ce réseau de suivi.

### 4.3 - Résultats mésologiques

Le renseignement du tableau « protocole d'échantillonnage » de la norme IBGN (couples substrat-vitesse où ont été réalisés les prélèvements, habitat dominant, etc.) permet de tracer le profil mésologique des différentes stations prospectées (Figure 4.1).



**Figure 4.1.** Comparaison inter-stations de la fréquence des modalités des variables mésologiques des relevés invertébrés.

La **vitesse** du courant est globalement nulle, en rive, voire quelques rares fois faibles, hormis à Couzon aval (station Cov sur la figure) où la modalité « moyenne » est rencontrée. Elle est globalement faible dans le chenal des différents sites, hormis également à Couzon aval où elle est moyenne. La légère différenciation de cette station peut s'expliquer par sa situation en aval immédiat du barrage de Couzon.

La **profondeur** est globalement faible en rive (modalité 10-50 cm), avec toutefois quelques prélèvements en zones plus profondes (50 cm à 1 m) à plusieurs stations. Les dragages sont

logiquement effectués à une profondeur > 1 m (profondeur moyenne 3 à 4 m, et jusqu'à 9 m environ au centre du chenal à la Mulatière).

De 3 à 6 **habitats** différents par station sont rencontrés en zone rivulaire. Les stations Couzon aval (Cov) (biais lié à un niveau d'eau encore élevé ?) et Mulatière rive gauche (Mul) (extrême artificialisation de cette rive où 6 prélèvements sur 8 ont été réalisés sur les dalles bétonnées des quais) sont les moins diversifiées. A l'opposé, la station de Genay (Gen - référence amont Grand Lyon), quelle que soit la rive, est la plus riche, avec la présence notable d'habitats végétaux (macrophytes et hélophytes) ainsi que de branches et racines immergées. Le chenal est essentiellement composé de matériaux graveleux, très souvent accompagnés de matériaux plus grossiers de type galets. Une granulométrie fine de type limon n'a été rencontrée que très localement à Genay (entre les îles) et la Mulatière (platis amont en RD au droit du collecteur).

## 4.4 - Résultats biologiques

### 4.4.1 - Paramètres de communautés

**88 taxons** ont été récoltés toutes stations confondues (Tableau 4.I), la richesse stationnelle étant remarquablement similaire entre les sites (57 taxons à Genay, Couzon amont et Collonges, 56 à Couzon aval), à l'exception de la Mulatière (51 taxons, total probablement biaisé par la faiblesse habitationnelle des quais de la rive gauche).

La figure 4.2A décompose cette **richesse par type de milieu** échantillonné pour chacun des sites (i.e. stations). Elle est globalement comprise entre 30 et 40 unités taxonomiques avec un minimum de 25 taxons pour la rive gauche de la Mulatière (dalles de quais bétonnés) et un maximum de 44 taxons pour le chenal de Collonges.

Les **groupes faunistiques** les plus diversifiés sont les Mollusques et les Trichoptères (respectivement 15 et 14 taxons), suivis par les Crustacés (10 taxons).

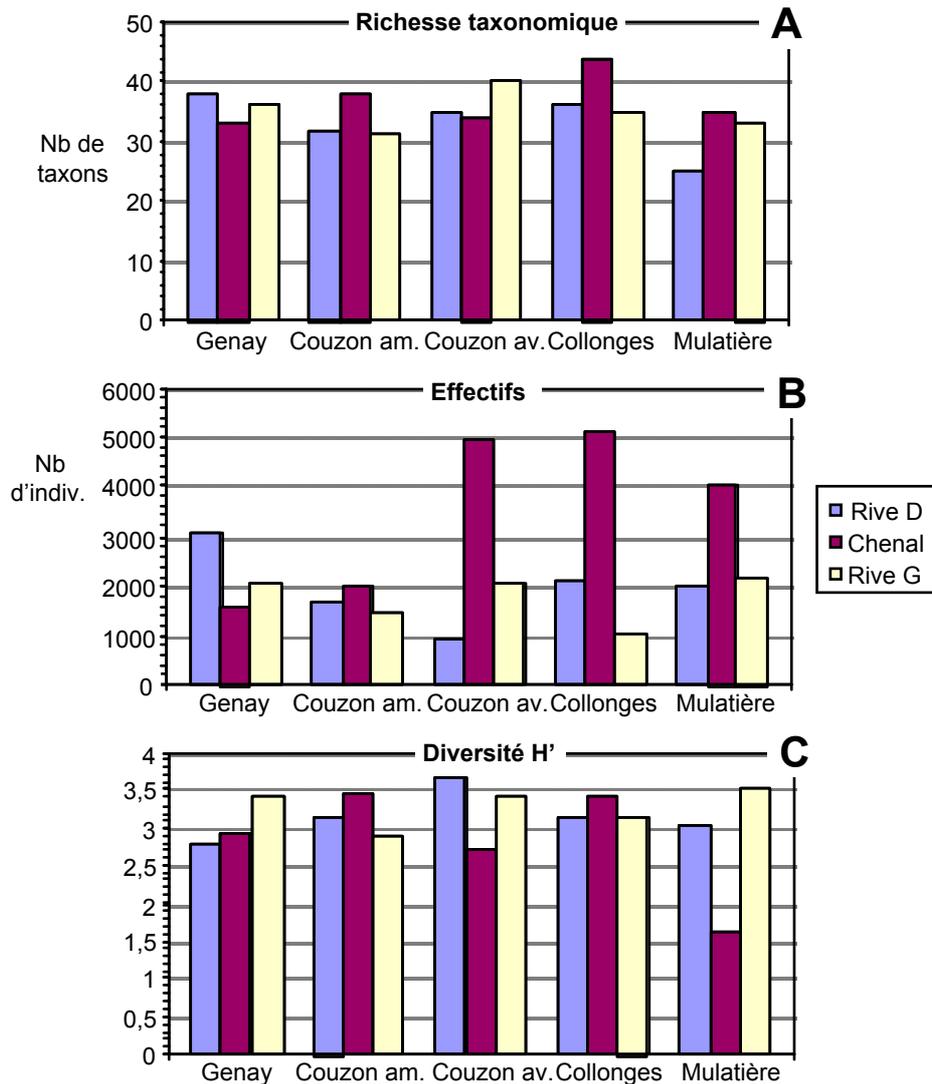
La figure 4.2B présente les **effectifs** de chaque station. Ils sont généralement compris entre 1000 et 2000 individus avec quelques pics ponctuels liés à la forte abondance locale d'un (de) taxon(s) spécifique(s) : Genay rive gauche avec 44% des invertébrés composés du Gammare invasif *Dikerogammarus villosus* et de jeunes individus ; chenal de Couzon aval avec près de la moitié des effectifs composée par le Crustacé invasif *Chelicorophium curvispinum* ; le chenal de Collonges avec près d'un quart des effectifs constitué par *C. curvispinum*, un autre quart par les Oligochètes et 11% par le Trichoptère *Ecnomus tenellus* ; le chenal de la Mulatière où *C. curvispinum* représente plus de 3/4 des individus.

Enfin, la figure 4.2C compare les valeurs de l'indice de **diversité H'** entre les stations. Celui-ci traduit la complexité de répartition quantitative des taxons à l'intérieur d'un échantillon. A l'exception du chenal de la Mulatière, pour lequel le peuplement est déséquilibré par la très forte domination de *C. curvispinum*, cet indice est tout à fait satisfaisant, le plus souvent proche de 3, voire voisin ou supérieur à 3,5, synonyme d'une bonne répartition des individus entre les taxons d'un peuplement donné.

**Tableau 4.I.** Liste faunistique en présence/absence des invertébrés benthiques rencontrés au niveau des 5 sites tous milieux (i.e. stations) confondus.

Taxons	GEN	COM	COV	COL	MUL
<b>Spongiaires</b>					
<i>Spongillidae</i>	*	*	*	*	*
<b>Bryozoaires</b>					
<i>Urnatella gracilis</i>		*	*		*
<i>Fredericella sultana</i>		*		*	*
<i>Pectinatella magnifica</i>	*	*	*	*	*
<i>Cristatella mucedo</i>	*	*	*	*	*
<b>Cnidaires</b>					
<i>Cordylophora caspia</i>	*	*		*	
<i>Hydra sp.</i>	*	*	*	*	*
<b>Turbellariés</b>					
<i>Dugesia tigrina</i>	*	*	*	*	*
<b>Némertiens</b>					
<i>Prostoma graecense</i>	*	*	*	*	*
<b>Némathelminthes</b>					
Nématodes + Gordiacés	*		*	*	*
<b>Polychètes</b>					
<i>Hypania invalida</i>	*	*	*	*	*
<b>Oligochètes</b>					
<i>Stylaria lacustris</i>	*	*	*		*
<i>Branchiura sowerbyi</i>	*	*	*	*	*
Oligochètes autres	*	*	*	*	*
<b>Achètes</b>					
<i>Glossiphonia complanata</i>				*	
<i>Helobdella stagnalis</i>				*	*
<i>Erpobdella octoculata</i>	*	*	*	*	*
<i>Piscicola geometra</i>	*	*	*	*	
<b>Mollusques</b>					
<i>Valvata piscinalis</i>	*	*	*		
<i>Bithynia tentaculata</i>			*		
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	*	*		*	*
<i>Lithoglyphus naticoides</i>		*			
<i>Ancylus fluviatilis</i>		*	*	*	
<i>Ferrissia clessiniana</i>	*	*	*	*	*
<i>Acroloxus lacustris</i>		*			*
<i>Gyraulus albus</i>					*
<i>Menetus dilatatus</i>	*	*	*	*	*
<i>Physa acuta</i>	*	*	*	*	*
<i>Radix gpe peregra-ovata</i>	*				*
<i>Sphaerium spp. + Pisidium spp.</i>	*	*		*	
<i>Corbicula fluminea</i>	*	*	*	*	*
<i>Dreissena polymorpha</i>	*	*	*	*	*
<i>Unio sp.</i>		*			
<b>Hydracariens</b>					
Hydracariens	*			*	
<b>Crustacés</b>					
<i>Hemimysis anomala</i>	*			*	
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	*	*	*	*	
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	*	*	*	*	*
<i>Gammarus fossarum (+pulex)</i>					*
<i>Gammarus tigrinus</i>	*	*	*	*	*
<i>Dikerogammarus villosus</i>	*	*	*	*	*
<i>Asellus aquaticus</i>	*	*	*	*	*
<i>Proasellus meridianus</i>			*	*	
<i>Orconectes limosus</i>	*				
<i>Atyaephyra desmarestii</i>	*	*	*	*	*

Taxons	GEN	COM	COV	COL	MUL
<b>Odonates</b>					
<i>Calopteryx splendens</i>			*	*	*
<i>Platycnemis pennipes</i>	*	*	*	*	*
<i>Ischnura elegans</i>	*	*	*	*	*
<i>Erythromma lindeni</i>	*	*	*	*	*
<i>Anax imperator</i>	*				
<i>Orthetrum cellatum</i>	*	*			
<b>Hétéroptères</b>					
<i>Micronecta sp.</i>	*	*	*	*	*
<b>Ephéméroptères</b>					
<i>Ephemera lineata</i>		*	*	*	
<i>Heptagenia sulphurea</i>			*	*	*
<i>Baetidae (juv.)</i>					*
<i>Caenis horaria</i>	*	*	*	*	*
<i>Caenis luctuosa</i>	*	*	*	*	*
<i>Caenis robusta</i>		*			
<b>Coléoptères</b>					
<i>Halipilus sp. (l)</i>	*				
<i>Laccophilus sp. (a)</i>				*	
<i>Dryops sp. (l)</i>			*		
<i>Elmis sp (l)</i>	*				
<i>Esolus parallelepipedus (l)</i>		*			*
<b>Trichoptères</b>					
<i>Hydroptila sp.</i>			*		
<i>Orthotrichia sp.</i>	*	*	*	*	*
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	*				
<i>Hydropsyche contubernalis</i>			*		
<i>Hydropsyche exocellata</i>			*	*	
<i>Hydropsyche modesta</i>				*	
<i>Cyrnus trimaculatus</i>				*	
<i>Lype reducta</i>	*				
<i>Tinodes waeneri</i>	*	*	*	*	*
<i>Athripsodes sp.</i>		*			
<i>Ceraclea dissimilis</i>	*	*	*	*	*
<i>Oecetis notota</i>	*	*	*	*	*
<i>Mystacides azurea</i>		*	*	*	
<i>Ecnomus tenellus</i>	*	*	*	*	*
<b>Lépidoptères</b>					
<i>Acentria ephemerella</i>			*	*	
<i>Elophila nymphaeata</i>	*				
<i>Parapoynx stratiotata</i>			*	*	
<b>Diptères</b>					
<i>Tipulidae</i>	*		*		
<i>Psychodidae</i>	*	*			
<i>Tanypodinae</i>	*	*		*	*
<i>Orthocladinae s.l.</i>	*	*	*	*	*
<i>Chironomini</i>	*	*	*	*	*
<i>Tanytarsini</i>	*	*	*	*	*
<i>Chironomus gr. plumosus</i>		*			*
<i>Ceratopogoninae</i>	*	*	*	*	*
<i>Hemerodromiinae</i>			*		



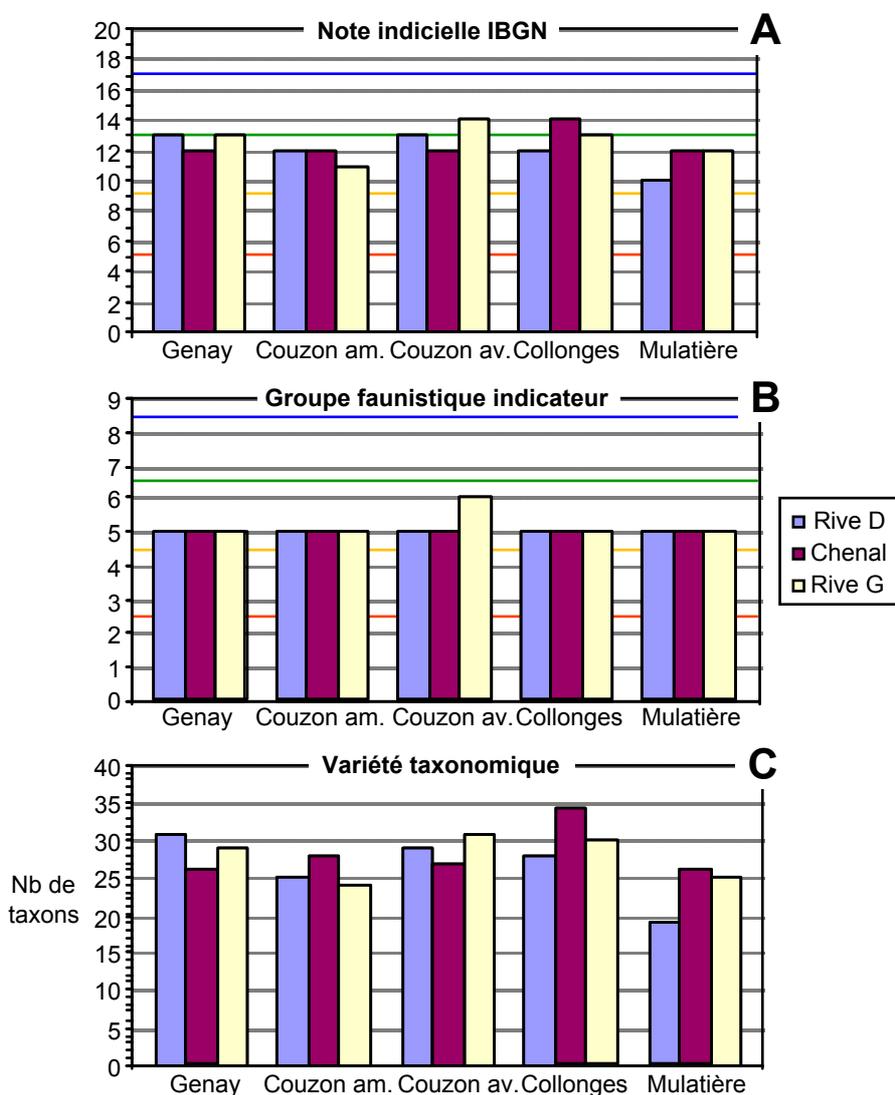
**Figure 4.2.** Comparaison entre stations et milieux de différents paramètres descripteurs des communautés d'invertébrés benthiques. **A** - Richesse taxonomique. **B** - Effectifs. **C** - Diversité H'.

L'expression des résultats selon la méthodologie IBGA ne distingue pas les différents prélèvements unitaires de chaque milieu. Toutefois, l'information est disponible pour les **dragages** de chaque station. Elle permet ainsi de mettre en évidence l'importante différence biogène entre les sédiments grossiers qui constituent une grande partie du substratum du chenal de la Saône (cf § précédent) et les zones de dépôt de sédiments fins de type limon. A Genay, le dragage du bras droit sur un substrat de galets-graviers abrite plus de 900 individus appartenant à 29 taxons différents tandis que celui du chenal limoneux entre les îles abrite moins de 200 individus (dont 2/3 d'Oligochètes) pour 13 taxons. De la même manière, le dragage du platis limoneux de la Mulatière n'abrite qu'une centaine d'individus (dont 50% d'Oligochètes) contre plus de 3000 individus au centre du chenal sur un substratum de pierres et de galets à une dizaine de mètres de profondeur (plus de 80% de *Chelicorophium*).

#### 4.4.2 - Indices biologiques

Les **notes indicielles** au sens de l'IBGA (IBGN ou indices filets pour les rives, indices dragues pour le chenal) situent dans l'ensemble les diverses stations en classe de qualité biologique moyenne au sens du SEQ-Eau (couleur jaune) (Figure 4.3A). Toutefois, un tiers des stations atteint la limite inférieure de la classe de qualité supérieure, voire la dépasse (couleur verte), attestant ainsi d'une bonne qualité biologique.

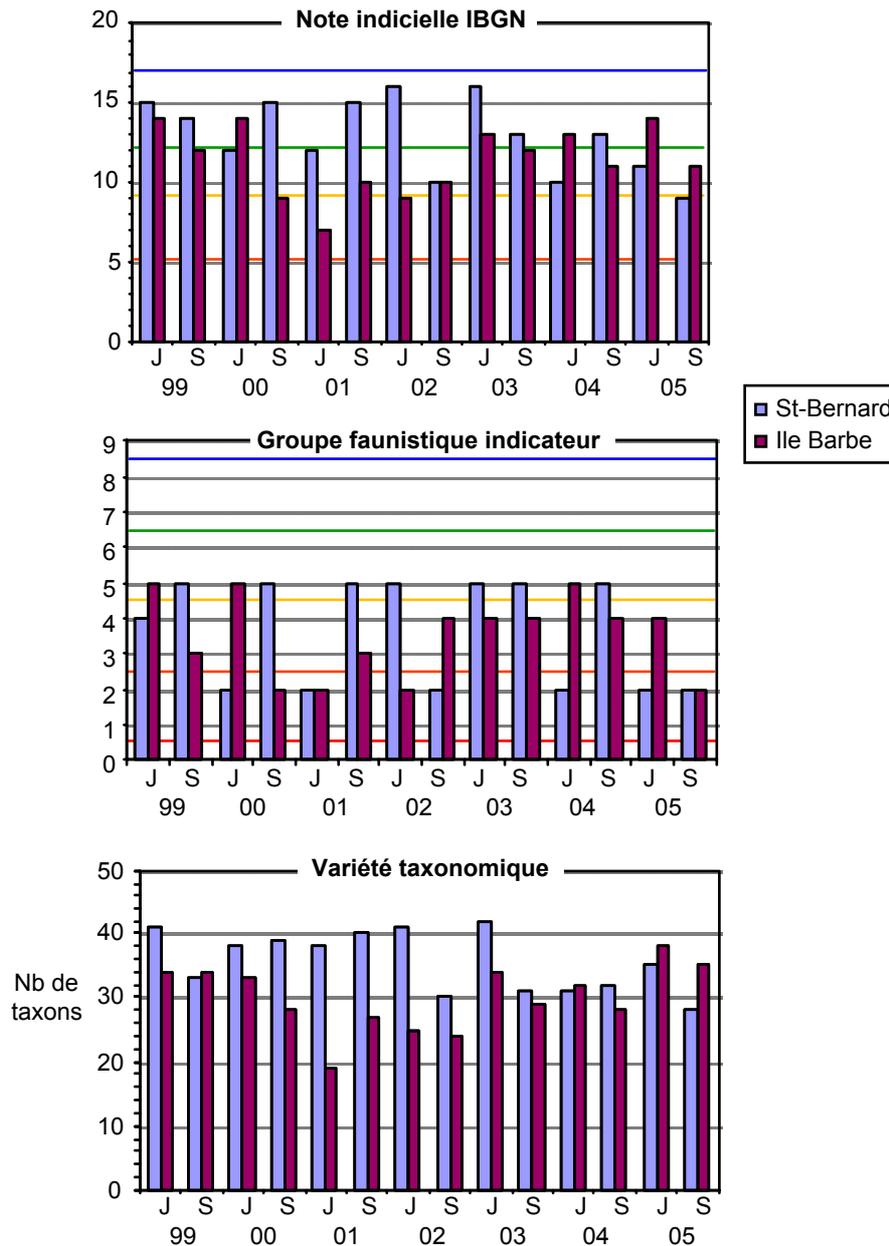
Plus que du **groupe faunistique indicateur**, toujours situé en classe de qualité moyenne et constamment donné par le Trichoptère Hydroptilidé du genre *Orthotrichia* (excepté l'Ephéméridé *Ephemerea lineata* à Couzon aval rive droite), la note indicielle est essentiellement dépendante de la **variété taxonomique** de chaque station (cf commentaires précédents concernant la richesse globale) (Figure 4.3B et C).



**Figure 4.3.** Comparaison entre stations et milieux de différents paramètres descripteurs des indices biologiques. A - Note indicielle. B - Groupe faunistique indicateur. C - variété taxonomique.

Ces résultats sont tout à fait en accord avec ceux enregistrés dans le cadre du **Réseau National de Bassin** aux stations de St-Bernard, en amont de notre secteur d'étude, et à l'Île Barbe (Figure 4.4) :

- Les notes indicielles caractérisent une qualité biologique globalement moyenne au sens du SEQ-Eau (classe de qualité jaune). La station de St-Bernard, plutôt de bonne qualité en début de chronique, voit sa qualité décroître légèrement au cours du temps, tandis que la qualité de l'Ile Barbe redevient ponctuellement bonne en fin de chronique.
- La qualité donnée par le groupe faunistique indicateur est au mieux moyenne (classe de qualité jaune), au pire mauvaise (classe de qualité rouge).
- La variété (richesse) taxonomique détermine le plus souvent le niveau de la note indicielle, en particulier quand la variété est comprise entre 30 et 40 taxons (première partie de chronique à St-Bernard, fin de chronique à l'Ile Barbe). Ce paramètre décroît au cours du temps à la station amont et présente un creux au début des années 2000 à l'Ile Barbe.



**Figure 4.4.** Evolution inter-annuelle des paramètres IBGN aux stations RNB de St-Bernard et de l'Ile Barbe. Campagnes de juin et septembre (J - S). Données Agence de l'Eau RM&C.

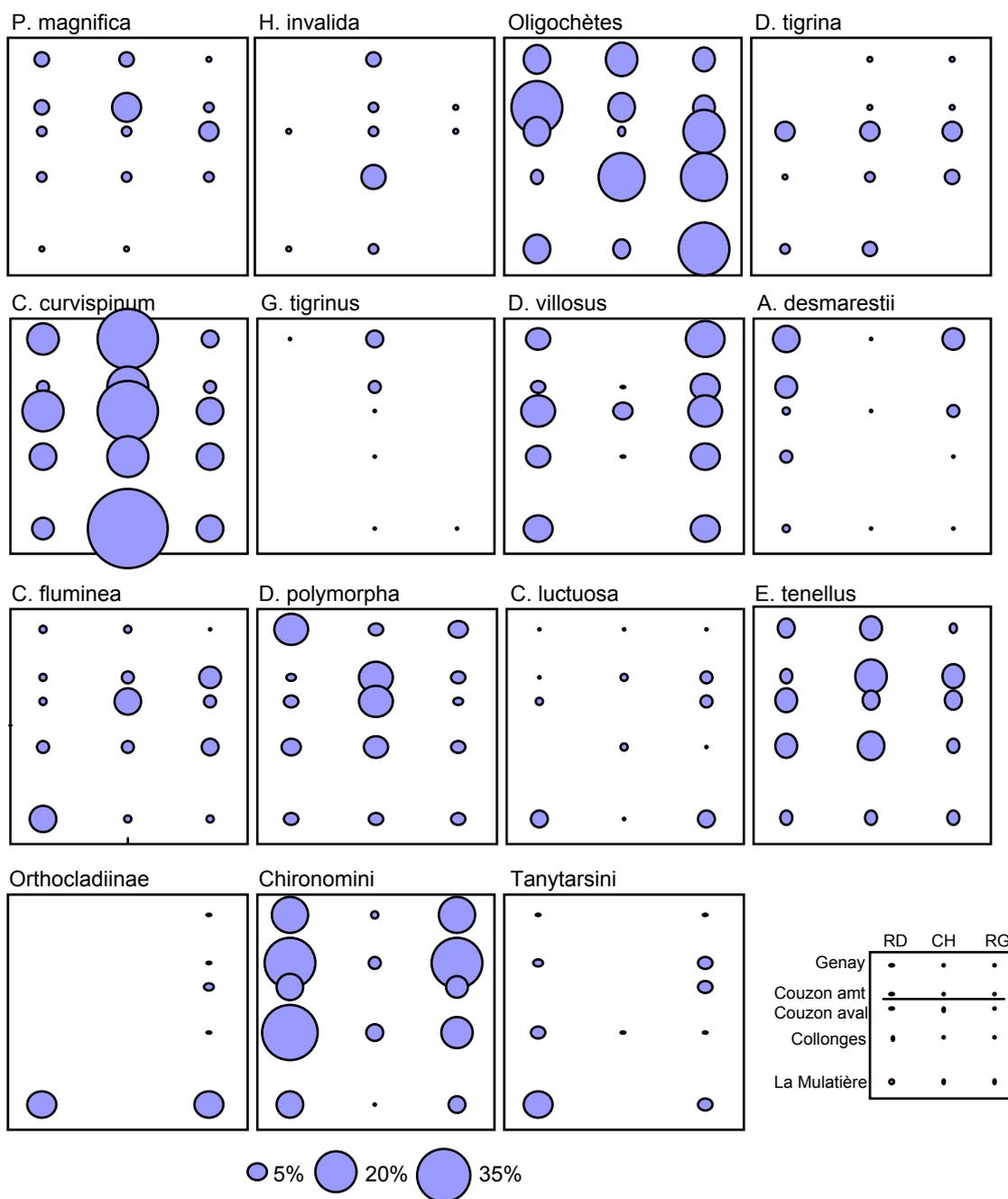


Figure 4.5. Répartition spatiale des taxons dominants à résidants (abondance relative totale par stations).

#### 4.4.3 - Abondance et occurrence des taxons dominants

Quinze taxons peuvent être considérés comme étant **dominants à résidants** pour la globalité du secteur d'étude (Tableau 4.II). La moitié de ces taxons sont des espèces exotiques invasives plus ou moins anciennes (*D. polymorpha*, *D. tigrina*, par ex.) ou récentes (*D. villosus*, *H. invalida*, en particulier).

**Tableau 4.II.** Abondance relative et occurrence des principaux taxons, d'abondance relative totale  $\geq 5\%$ , toutes stations confondues.

	Effectif	%	Occ./15	
<i>Chelicorophium curvispinum</i> *	9658	26,65	15	
Oligochètes (autres)	5056	13,95	15	
<i>Chironomini</i>	3891	10,74	15	
<i>Dreissena polymorpha</i> *	2484	6,85	15	
<i>Dikerogammarus villosus</i> *	2475	6,83	15	
<i>Gammaridae juv.</i>	2168	5,98	15	<b>Taxons dominants</b>
<i>Ecnomus tenellus</i>	2109	5,82	15	
<i>Corbicula fluminea</i> *	1535	4,24	15	
<i>Atyaephyra desmarestii</i> *	864	2,38	14	
<i>Dugesia tigrina</i> *	813	2,24	14	<b>Taxons sub-dominants</b>
<i>Pectinatella magnifica</i> *	756	2,09	15	
<i>Hypania invalida</i> *	613	1,69	13	
<i>Caenis luctuosa</i>	574	1,58	15	
<i>Orthocladinae s.l.</i>	530	1,46	10	<b>Taxons résidants</b>
<i>Tanytarsini</i>	499	1,38	13	
<i>Gammarus tigrinus</i> *	263	0,73	13	
<i>Hydra sp.</i>	193	0,53	13	<b>Taxons sub-résidants</b>

\* Taxon invasif

*Chelicorophium* et les Oligochètes se partagent la première place dans les 2/3 des stations :

- chenal de Genay, Couzon amont et aval et la Mulatière ainsi que rive droite de Couzon aval pour le premier ;
- rive droite de Couzon amont, rive gauche de Couzon aval, de Collonges et de la Mulatière ainsi que chenal de Collonges pour les seconds.

Les *Chironomini* sont dominants à Genay RD, Couzon amont RG et Collonges RD, tandis que la première place des deux dernières stations est occupée par les Gammars (*Dikerogammarus* et jeunes individus) à Genay RG et par les Corbicules à la Mulatière RD.

La figure 4.5 visualise spatialement la **répartition** de ces taxons entre les différentes stations. Les principales caractéristiques suivantes peuvent être mentionnées :

- *Hypania invalida*, Polychète invasif récent, est essentiellement rencontré dans les dragages du chenal, en particulier à Collonges, et plus précisément en amont de l'axe du chenal droit de l'île sur un substratum fait de coquilles de Corbicules et de limon. Ce prélèvement constitue d'ailleurs le dragage unitaire le plus diversifié et le plus riche en individus (35 taxons, 3000 individus).
- *Gammarus tigrinus* est notablement présent dans le chenal des stations de Genay et Couzon amont où les effectifs de *Dikerogammarus villosus* sont les plus faibles. Un phénomène d'exclusion semble se produire entre ces deux Crustacés invasifs, comme le confirme la littérature (Bij De Vaate et al., 2002) ou une récente étude spécifique sur le Rhône (Dessaix & Fruget, 2006).
- *Dikerogammarus villosus* et *Atyaephyra desmarestii* sont surtout échantillonnés en zones de bordure.

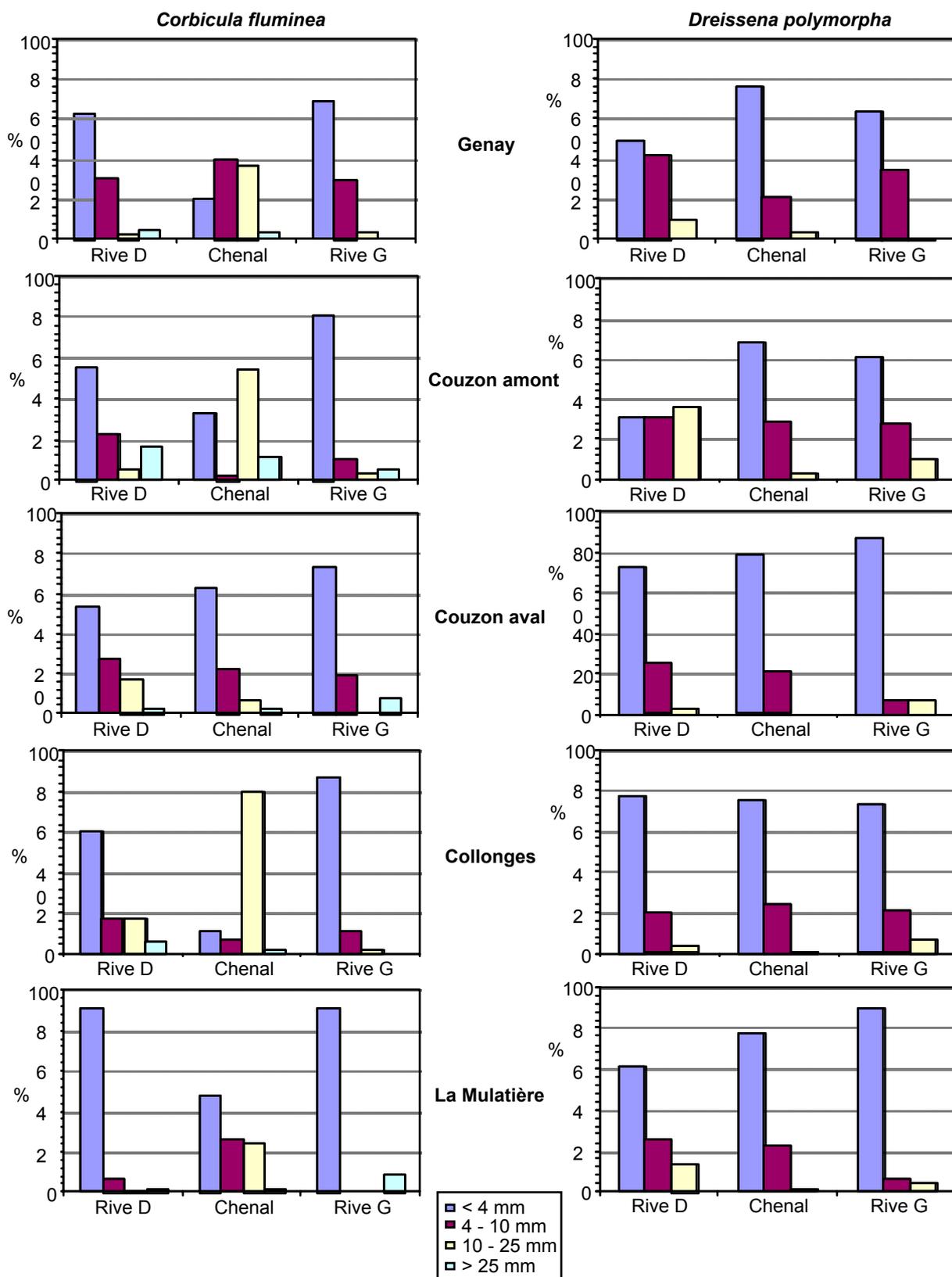


Figure 4.6. Répartition en classes de tailles des Corbicules et des Dreissènes selon les sites et les milieux.

- Les Mollusques Bivalves *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha* sont présents plus ou moins partout, aussi bien du point de vue transversal que longitudinal, en lien avec les sédiments grossiers de type galets-graviers du chenal et de certaines zones rivulaires, mais aussi des blocs de bordure pour la seconde. La figure 4.6 présente la répartition en **classes de tailles** de ces deux espèces : la classe dominante est très souvent nettement la première (< 4 mm), c'est-à-dire les jeunes individus nés durant l'été. On peut également noter le quasi équilibre de répartition entre les classes pour les Dreissènes en rive droite à Couzon amont et la rencontre notable (> 10%) de Corbicules de plus grande taille (> 25 mm) dans le chenal et en rive droite à Couzon amont, voire en rive gauche à Couzon aval et à la Mulatière. Selon les travaux de Mouthon (2001a et b), ces derniers individus seraient âgés de 3 ans et plus. Au vu de ces résultats, les différentes classes d'âges semblent tout à fait bien représentées et la reproduction s'être correctement effectuée durant l'été 2006.
- Parmi les larves d'Insectes et les espèces natives, l'Ephémère *Caenis luctuosa* et le Trichoptère *Ecnomus tenellus*, taxons de milieu faiblement courant, se rencontrent à peu près dans tous les milieux et stations, mais en effectifs très variables.
- Les Diptères sont dominés par la tribu des *Chironomini*, qui abrite des espèces à dominante potamique, à affinité pour les faibles vitesses de courant, les milieux méso- à eutrophes, les habitats de substrat dur avec une végétation plutôt de type algale et un colmatage limoneux, tout à fait en accord avec les conditions de milieu rencontrées sur la basse Saône.

#### 4.4.4 - Structure spatiale des peuplements

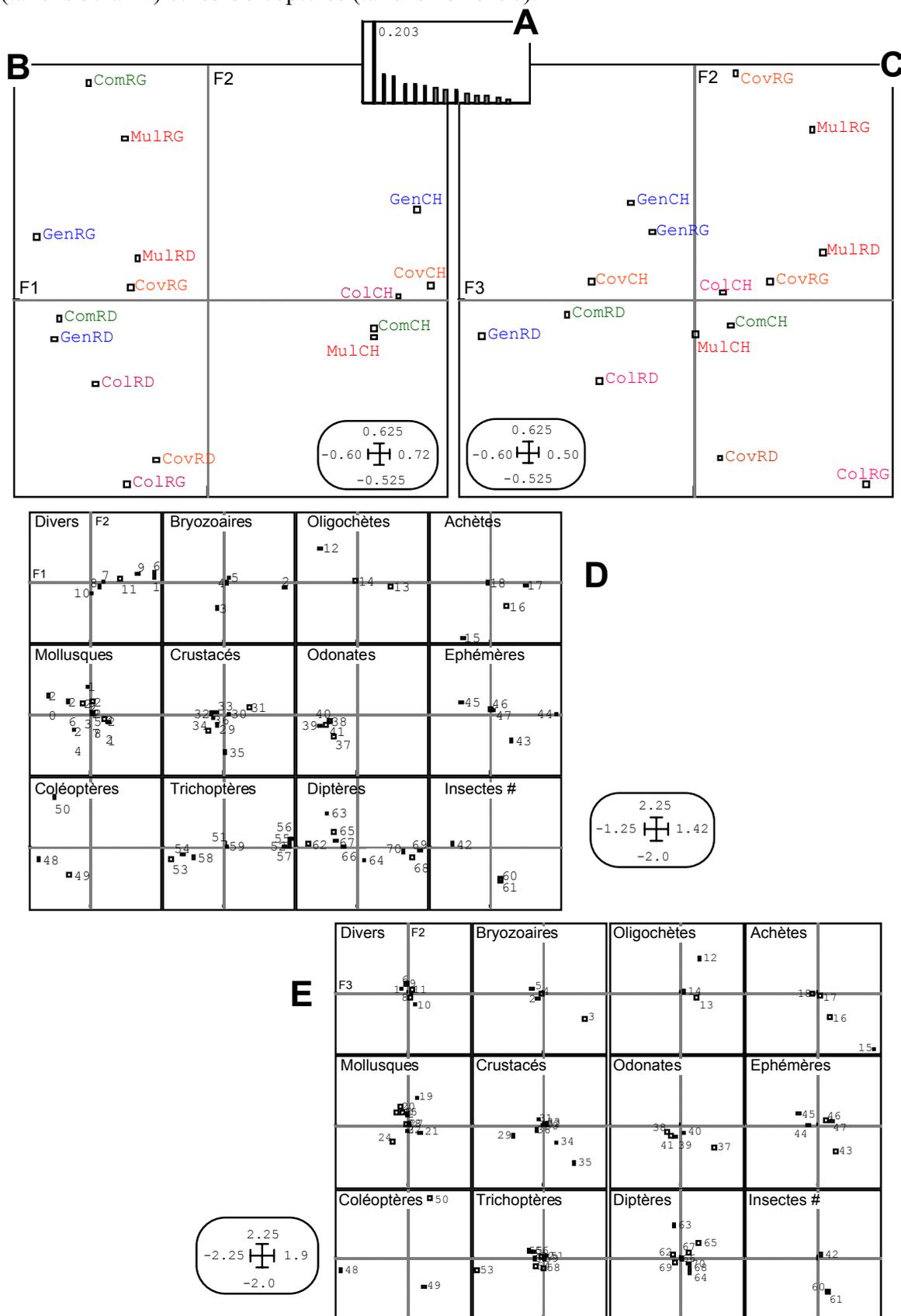
La dynamique spatiale a été étudiée à l'aide d'une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) qui permet de synthétiser l'information contenue dans les données (Figure 4.7). Ce type d'analyse est basé sur les profils et la structure qualitative des données et prend en compte l'abondance des différents taxons et la richesse taxonomique de chaque relevé. Le tableau analysé regroupe les 15 relevés x 70 taxons conservés (les taxons accidentels sur le critère d'abondance, c'est-à-dire  $\leq 2$  individus au total, ont été éliminés, mais certains taxons "juvéniles" ou "nymphes" ont été distingués). Les analyses ont été réalisées avec le logiciel ADE-4 (Thioulouse et al., 1997).

L'étude des valeurs propres de l'analyse montre que 50% de l'information est contenu par les trois premiers axes (respectivement 29,9%, 10,8% et 9,7%) (Figure 4.7A).

Le premier axe de l'analyse oppose les prélèvements de rives (partie négative du plan factoriel) à ceux réalisés dans le chenal (côté positif de l'axe) (Figure 4.7B). Le second axe distingue plus précisément quatre échantillons de rive : Couzon amont RG et la Mulatière RG d'une part, Couzon aval RD et Collonges RG d'autre part (Figures 4.7B&C). Enfin, l'axe 3 est essentiellement défini par l'opposition des deux échantillons Genay RD vs la Mulatière RD (Figure 4.7C). Ces différentes partitions s'expliquent par la répartition plus particulière de certaines espèces. Toutefois, les plans factoriels des relevés (Figures 4.7D&E) montrent que beaucoup de taxons se trouvent concentrés au centre de ceux-ci, signe de leur caractère commun à une majorité de stations. On peut malgré tout faire les remarques suivantes :

- La partition rive - chenal sur le premier axe peut en partie être attribuée à la présence plus marquée du Polychète *H. invalida* (taxon n° 11) et du Gammare *G. tigrinus* (31), à la très forte abondance du Crustacé *C. curvispinum* (30) et inversement à la moindre représentation du Gammare *D. villosus* (32), de la Crevette *A. desmarestii* (36) et des Chironomes (64 à 69) dans le chenal. Quelques taxons d'abondance moindre se rencontrent également plus spécifiquement dans le chenal tels que le Bryozoaire *U. gracilis* (2), divers Trichoptères Hydropsychidés *H. exocellata* (52) et Leptoceridés *C. dissimilis* et juvéniles et *O. notata* (55-56-57), l'Ephémère potamique *H. sulphurea* (44). A l'opposé, les Trichoptères Psychomyidés (*L. reducta* et *T.*

*waeneri* - 53-54) sont essentiellement rencontrés en zone rivulaire, tout comme les Odonates (taxons 37 à 41) et les Coléoptères (taxons 48-49-50).



**Figure 4.7.** AFC du tableau espèces x relevés. **A** - graphe des valeurs propres. **B** - Carte factorielle 1x2 des relevés. **D** - Carte factorielle 1x2 des taxons séparés par groupes faunistiques. **C** et **E** - idem pour le plan factoriel 3x2.

- Sur l'axe 2, **Couzon amont RG** se distingue par l'absence d'*Atyaephyra* (36) et d'Aselles (34), à la présence d'un seul individu d'Odonate (*Platycnemis* - 38) et à la présence presque exclusive du Coléoptère *E. parallelepipedus* (50), tandis que le peuplement de la **Mulatière RG** (quai bétonné) est constitué à un tiers d'Oligochètes (14) et abrite également en abondance des Diptères Orthocladiinés (65).
- A l'opposé sur l'axe 2, la station de **Couzon aval RD** (2<sup>nd</sup>e richesse taxonomique) abrite plus spécifiquement l'Ephémère fouisseur *E. lineata* (43) et plusieurs individus de Lépidoptères (60-61), tandis que **Collonges RG** se distingue par son abondance plus "importante" d'Aselles (34), la présence exclusive de la Sangsue *G. complanata* (15) et la présence de plusieurs individus du Bryzoaire *F. sultana* (3).
- Enfin, sur la partie négative de l'axe 3, **Genay RD** est la seule station où ont été échantillonnés des individus du Coléoptère *Haliphus sp.* (48) et du Trichoptère *L. reducta* (53). L'abondance du Gammare *D. villosus* et de jeunes individus (32-33), ainsi que celle des Dreissènes (28), sont également notables à cette station. A l'opposé, la **Mulatière RD** est plus précisément définie par l'abondance des Corbicules (27) et de certains taxons de Chironomes (*Orthocladiinae* et *Tanytarsini* - 65 et 67). La présence de ces derniers, tolérants des vitesses de courant plus importantes que la tribu des *Chironomi* globalement dominante sur l'ensemble du secteur, est en accord avec les conditions d'écoulement de cette station aval, profonde et contrainte entre les quais et murs.

#### 4.4.5 - Caractéristiques bioécologiques et diversité fonctionnelle

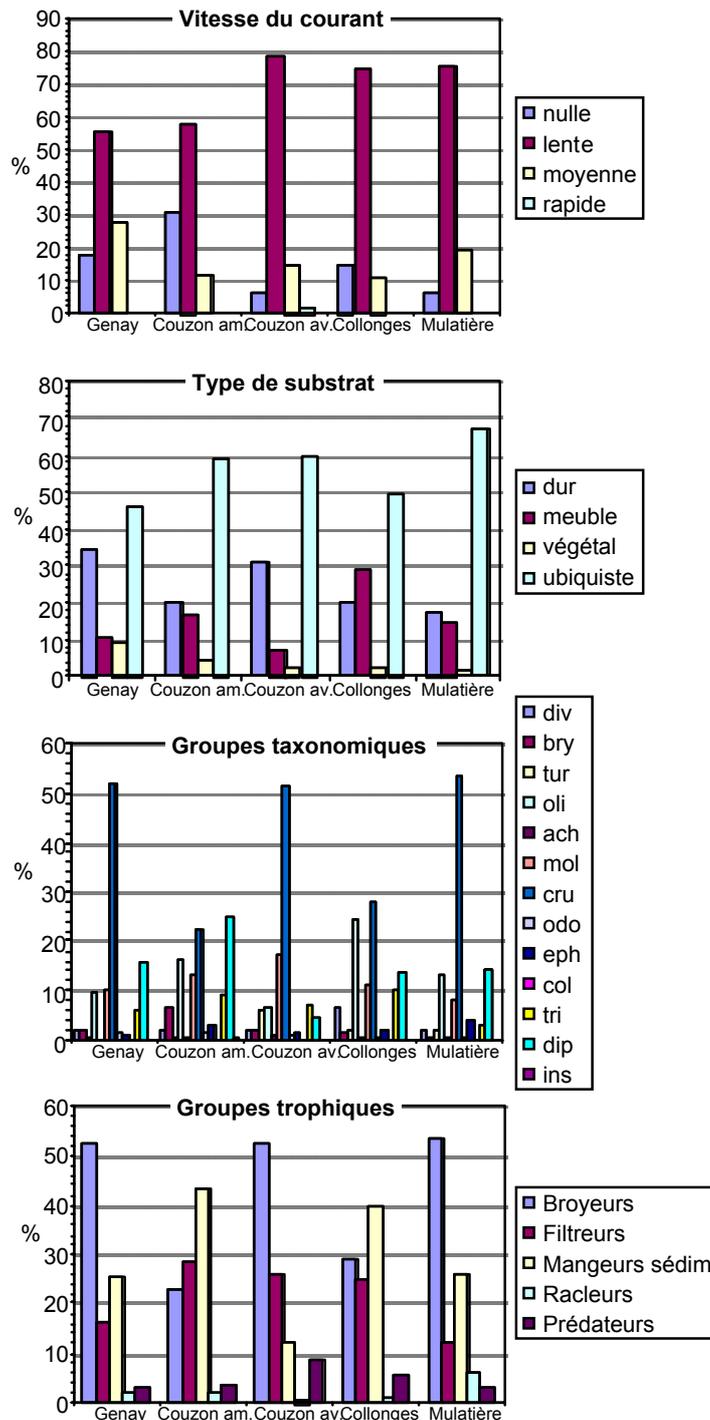
Nous avons considéré d'une part les préférences des communautés d'invertébrés de la basse Saône vis-à-vis des deux variables écologiques "vitesse du courant" et "type de substrat" et d'autre part leur répartition dans différents groupes, taxonomiques et trophiques (Figure 4.8).

Les invertébrés échantillonnés sont largement ubiquistes en ce qui concerne le **type de substrat**, avec en second une préférence pour les substrats durs (présence plus ou moins grande de *Chelicorophium* en particulier), excepté à Collonges où la modalité "substrat meuble" est partagée par près de 30% des individus (cf. abondance des Oligochètes).

Le **groupe faunistique** dominant est celui des Crustacés avec plus de 50% des effectifs dans 3 des 5 sites (Genay, Couzon aval et la Mulatière), et à parts plus ou moins égales (environ 25%) avec les Diptères (Chironomidés) à Couzon amont et avec les Oligochètes à Collonges.

L'importance des différents **groupes trophiques** est variable selon les sites et fonction des taxons dominants :

- Les broyeurs (Crustacés *Chelicorophium*, *Dikerogammarus* et autres, Trichoptères Leptocéridés *Ceraclea* et autres, en particulier) représentent plus de 50% des individus à Genay, Couzon aval et la Mulatière, et aux environs de 1/4 à Couzon amont et Collonges.
- Les filtreurs (Mollusques Bivalves Dreissènes et Corbicules, Trichoptère *Ecnomus*, Polychète *Hypania* et Bryozoaires divers) se situent aux environs de 25% en amont et en aval du barrage de Couzon ainsi qu'à Collonges.
- Les mangeurs de sédiments fins (Oligochètes en large majorité, voire Ephémères Caenidés) dominant à Couzon amont et Collonges (environ 40%) et constituent 1/4 des effectifs à Genay et la Mulatière.
- Les racleurs, essentiellement représentés par les Mollusques Gastéropodes (*Potamopyrgus*, *Ferrissia*, *Menetus*, principalement), ont des effectifs souvent peu importants (en rapport avec la faible représentation quantitative de ce groupe faunistique) et atteignent leur maximum (6%) à la Mulatière en relation avec le développement des Diptères Orthocladiinés.



**Figure 4.8.** Préférences et caractéristiques écologiques des communautés d'invertébrés des cinq sites étudiés.

Les taxons rencontrés affectionnent à une large majorité les faibles **vitesse de courant**. La modalité "vitesse moyenne" est liée à l'abondance plus ou moins grande de *Dikerogammarus*, tandis que la modalité "vitesse rapide" n'est qu'exceptionnellement rencontrée, en particulier à Couzon aval, c'est-à-dire en aval du barrage (Ephémère potamique rhéophile *H. sulphurea* essentiellement).

- Enfin, les prédateurs (de 3 à 9% selon les sites) sont principalement représentés par les Odonates et les Sangsues, mais leur plus forte abondance (9%) à Couzon aval est liée à la présence de la Planaire *Dugesia tigrina*.

L'essentiel de ces organismes est, malgré leurs différences de mode de nutrition, nettement omnivore et détritivore (fins débris organiques et minéraux, microflore et microfaune constituant la couche biologique vivante recouvrant la surface des pierres et des macrophytes).

## 4.5 - Conclusions

Le peuplement macrobenthique de la basse Saône présente une richesse taxonomique tout à fait satisfaisante (près de 90 taxons) par rapport à l'effort d'échantillonnage réalisé (une seule campagne). On peut en effet comparer ce chiffre aux 80 taxons récoltés en 1979-1980 lors de l'étude du CEMAGREF (1984) entre Auxonne et Tournus avec de la même manière des prélèvements de bordure et des échantillons dans le chenal, ou bien aux 47 espèces (Diptères et Oligochètes exclus) échantillonnés en 1983 par Tachet et al. (1988) lors d'une série de dragages entre Corre et Lyon.

Ce peuplement est dominé par une majorité d'espèces à caractère lentique (i.e. affectionnant des vitesses faibles à modérées), parmi lesquelles de nombreuses sont d'origine invasive. Une certaine homogénéité longitudinale apparaît entre les 5 sites considérés (la richesse stationnelle est ainsi remarquablement similaire entre ceux-ci avec une moyenne de 55 taxons), échelonnés sur une distance d'environ 25 km, en dépit de quelques particularités locales.

D'un point de vue écologique, le peuplement originel a sûrement été fortement modifié par les arrivées successives et l'installation depuis plus de 20 ans de nombreuses espèces exotiques invasives telles que *Corbicula*, *Atyaephyra*, *Chelicorophium*, *Dikerogammarus*, *Hypania*, *Pectinatella*, etc. En dépit d'une richesse spécifique correcte (11 espèces), l'abondance des Mollusques Gastéropodes est faible, ce qui peut paraître surprenant pour un tel milieu potamique de plaine. Par contre, une espèce typique de grand cours d'eau lent (i.e. potamo-lénitique) tel que le Trichoptère *Ecnomus tenellus*, abondamment rencontré dans des rivières de même type telle que la Meuse, est toujours bien présente par rapport aux citations antérieures (Régis et al., 1980 ; CEMAGREF, 1984 ; Tachet et al., 1988), tandis que des espèces fouisseuses comme les Ephémères *Ephemera lineata* et *Ephoron virgo* n'ont été rencontrées qu'accidentellement pour la première et pas du tout pour la seconde alors qu'elles constituaient sans doute une base du peuplement originel (Fontaine, 1959). Ceci est certainement le signe d'une perturbation physique du biotope (possible influence également de la date tardive d'échantillonnage dans notre cas ?). Tachet et al. (1988) les signalaient toutefois encore présentes sur la basse Saône mais de manière localisée. Les Crustacés sont sûrement le groupe ayant subi le plus de modifications : les Gammarus natifs et les Aselles étaient signalés comme étant particulièrement abondants à l'entrée du présent secteur d'étude lors de l'étude de Régis et al. (1980), tout comme dans l'étude CEMAGREF (1984) où *Atyaephyra* étaient déjà très significative, tandis que *Chelicorophium* n'était pas signalé (apparu en 1991 aux environs de Châlon-sur-Saône selon Genin, 1992). Dans nos prélèvements, les premiers sont anecdotiques, *Atyaephyra* représente environ 2,5% des individus et *Chelicorophium* plus d'1/4... L'abondance des taxons collecteurs de fines particules de matière organique (broyeurs, filtreurs, etc.) et, corrélativement, le caractère détritivore et omnivore de la majorité des espèces correspond au fonctionnement normal d'un écosystème de ce type, avec un dépôt et un colmatage marqués.

D'un point de vue qualitatif, nos résultats sont tout à fait en accord avec ceux régulièrement enregistrés par l'Agence de l'Eau RM&C dans le cadre du RNB, tant pour les notes indiciaires, traduisant une qualité biologique moyenne, voire bonne quelques fois, au sens du SEQ-Eau, que pour la variété taxonomique et le niveau du groupe faunistique indicateur.



## 5 - ETUDE DES PEUPELEMENTS D'OLIGOCHETES

Dans le cadre du projet Saône, l'analyse des peuplements d'Oligochètes doit permettre d'établir un diagnostic biologique des sédiments en considérant les 3 unités fonctionnelles suivantes :

- les sédiments fins (indice IOBS),
- les sédiments grossiers superficiels,
- le milieu hyporhéique (milieu saturé situé sous le lit du cours d'eau).

### 5.1 - Stations d'étude

Les 5 sites retenus pour l'étude générale (cf. § 2.2), avec une distinction des deux rives, soit un total de 10 stations s'échelonnant de Genay, Couzon (amont - aval du barrage), Collonges - Ile Barbe et La Mulatière, ont également été considérés pour ce compartiment biologique spécifique. Toutefois, compte tenu de l'urbanisation très dense de la Saône au niveau de la Mulatière et de la présence du port Rambaud, la station en rive gauche n'a pas pu être prospectée.

Ce sont donc 9 stations qui ont fait l'objet de prélèvements de sédiments, soient :

- **Site 1** - Genay - 2 stations :
  - en rive droite, à l'aval de la ligne EDF moyenne tension, référencée Genay RD
  - en rive gauche, à l'aval du pont de l'autoroute, référencée Genay RG
- **Site 2** - Couzon en amont du barrage - 2 stations :
  - en rive droite, autour de l'île Rontant et du petit port (à proximité du garage Yamaha), référencée Couzon amont RD
  - en rive gauche, au droit de la falaise détachée, le long de la piste cyclable, référencée Couzon amont RG
- **Site 3** - Couzon en aval du barrage - 2 stations :
  - en rive droite, au niveau de la halte fluviale de St-Romain et au droit du château de Rochetaillée, référencée Couzon aval RD
  - en rive gauche, en amont du restaurant « la Paillotte », référencée Couzon aval RG
- **Site 4** - Collonges - 2 stations :
  - en rive droite, au niveau de l'amont de l'île Barbe, référencée Collonges RD
  - en rive gauche, à l'amont de la mise à l'eau du club d'aviron, référencée Collonges RG
- **Site 5** - La Mulatière - 1 station :
  - en rive droite, en bas de la mise à l'eau située à l'aval du pont SNCF, référencée Mulatière RD.

## 5.2 - Matériel et méthodes de prélèvement

### 5.2.1 – Terrain

La campagne d'échantillonnage s'est réalisée en deux temps : les 16, 17 et 18 octobre 2006 en collaboration avec ARALEP pour les prélèvements de sédiments fins, qui nécessitaient l'utilisation d'un bateau, et les 23 et 24 octobre 2006 pour les prélèvements en sédiments grossiers et en milieu

hyporhéique, pour lesquelles les conditions hydrologiques étaient les plus favorables (délai de 3 semaines après l'épisode de hautes eaux de début octobre).

Pour chaque opération de terrain, un descriptif précis de la station, du mode de prélèvement réalisé et des échantillons de sédiments collectés a été réalisé (établissement de fiches de prélèvements).

### 5.2.2 – Principe d'échantillonnage

Chaque unité fonctionnelle a été prospectée selon une méthode d'échantillonnage adaptée.

#### ➤ **Sédiments fins**

Conformément à la norme AFNOR NF T 90-390 d'avril 2002, la technique de prélèvement retenue a été fonction de la nature et de la profondeur des sédiments (filet surber ou benne). Les prélèvements ont été réalisés dans le sédiment dominant sur un site donné.

L'échantillonnage a été effectué en régime permanent d'étiage ou au minimum 10 jours après un épisode de haute eaux (le dernier datait du 4 octobre).

Chaque station a fait l'objet de 4 à 10 prélèvements espacés de 10 à 30 pas (selon la technique de prélèvement utilisée) et d'une surface totale minimale de 100 cm<sup>2</sup>. Les prélèvements de sédiments d'une station ont été ensuite regroupés et fixés au formol (dilution de l'ordre de 5 %) dans le même bocal de récupération.

Les prélèvements de sédiments fins n'ont pas pu être réalisés au droit de la station La Mulatière en rive gauche, en raison de l'inaccessibilité du site.

Un prélèvement complémentaire a été réalisé au droit du site de Couzon amont en rive droite au regard des caractéristiques morphodynamiques observées (1 prélèvement dans le cours d'eau principal + 1 prélèvement dans le bras mort).

#### ➤ **Sédiments grossiers**

Les prélèvements ont été réalisés au moyen d'un filet Surber de 160 µm de vide de maille. Comme précédemment, chaque station fait l'objet de 10 prélèvements espacés de 10 à 30 pas et regroupés puis fixés au formol (dilution de l'ordre de 5 %) dans le même bocal de récupération.

*Les prélèvements de sédiments grossiers n'ont pas pu être réalisés au droit de 3 stations :*

- *sur la station Collonges RD, en raison de l'absence de sédiments grossiers (limons uniquement),*
- *sur la station Collonges RG, pour laquelle il était impossible d'accéder à pieds,*
- *sur la station Mulatière RD, dont la hauteur d'eau (supérieur à 80 cm) ne permettait pas l'accès aux sédiments.*

#### ➤ **Milieu hyporhéique**

Les prélèvements effectués dans le milieu hyporhéique à une profondeur de - 40 cm ont été réalisés au moyen d'une pompe Bou-Rouch. Chaque station a fait l'objet de 3 prélèvements de 5 litres chacun. Les prélèvements de sédiments d'une station ont ensuite regroupés et fixés au formol (dilution de l'ordre de 5 %) dans le même bocal de récupération après tamisage sur le terrain à 160 µm.

Les prélèvements en milieu hyporhéique n'ont pas pu être réalisés au droit de 2 stations :

- sur la station Collonges RD, en raison de l'absence de sédiments grossiers (présence de limons uniquement),
- sur la station Collonges RG, pour laquelle l'accès à pied s'est révélé impossible.

### 5.2.3 – Conditionnement des échantillons

Les prélèvements de sédiments ont été conditionnés dans des boîtes hermétiques ; chaque récipient de conditionnement a été soigneusement étiqueté (date échantillonnage, nom de l'opérateur, n° de la station, nom du cours d'eau) ; les échantillons ont été acheminés par nos soins au laboratoire.

### 5.2.4 – Synthèse des stations prospectées et des prélèvements associés

La campagne d'échantillonnage d'octobre 2006 s'est déroulée dans des conditions hydrologiques relativement favorables. La synthèse des échantillons récoltés sur chacun des 5 sites d'étude est présentée dans le tableau 5.I ci-après.

**Tableau 5.I.** Synthèse des prélèvements de sédiments réalisés en octobre 2006.

Sites d'étude	Stations	Sédiments fins	Sédiments grossiers	Milieu hyporhéique
1 - Genay	RD	X	X	X
	RG	X	X	X
2 - Couzon amont	RD	XX	X	X
	RG	X	X	X
3 - Couzon aval	RD	X	X	X
	RG	X	X	X
4 - Collonges	RD	X	-	-
	RG	X	-	-
5 - La Mulatière	RD	X	-	X
	RG	-	-	-
<b>Total d'échantillons</b>		<b>10</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

## 5.3 – Analyse faunistique

Un total de **37 espèces** ou taxons d'oligochètes ont été recensés sur l'ensemble des 3 unités fonctionnelles prospectées, représentant de 6 familles, soient (Tableau 5.II) :

- 16 taxons de Naididae,
- 12 de Tubificidae,
- 4 d'Enchytraeidae,
- 2 de Lumbricidae et de Lumbriculidae,
- 1 taxon d'Haplotaxidae.

Sur la base de la richesse spécifique observée qui se révèle relativement forte, le classement des unités fonctionnelles par ordre croissant est le suivant : le milieu hyporhéique (avec 16 taxons), les sédiments grossiers (avec 19 taxons) et les sédiments fins (avec 25 taxons).

**Tableau 5.II.** Richesse taxonomique des diverses familles d'Oligochètes selon les unités fonctionnelles.

Famille	Nombre d'espèces (NSPS)		
	Sédiments fins	Sédiments grossiers	Milieu hyporhéique
Enchytraeidae	1	2	1
Haplotaxidae	1	1	1
Lumbricidae	2	0	0
Lumbriculidae	2	2	1
Naididae	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Tubificidae	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
Total NSPS	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>16</b>

Sur chacune des 3 unités fonctionnelles, les Naididae et les Tubificidae sont les 2 familles les plus représentées en termes de nombre d'espèces.

Le tableau 5.III présente une liste faunistique générale des peuplements d'oligochètes de la basse Saône.

## 5.4 - Méthodes d'évaluation de la qualité du milieu

### 5.4.1 - Méthode d'évaluation de la qualité biologique des sédiments fins

La qualité biologique des stations sera appréciée par l'examen des valeurs de l'indice IOBS (Lafont & Bernoud, 1999), qui prend en compte le nombre d'espèces présentes dans les échantillons et la proportion de Tubificidae avec ou sans soies capillaires :

Cet indice est de la forme 
$$\text{IOBS} = 10 S T^{-1}$$

où S = nombre total d'espèces par échantillon,  
T = pourcentage du groupe dominant de Tubificidae, avec ou sans soies capillaires  
(formes matures et immatures confondues).

L'indice varie de 0 (toxicité maximale) à 3 ou plus (qualité du milieu acceptable à très bonne). Cette analyse est généralement complétée par la prise en considération des deux variables suivantes :

- les pourcentages de Tubificidae sans soies capillaires, considérés comme décrivant un effet des micropolluants pour des valeurs > 60 % ;
- les effectifs totaux d'oligochètes et de certaines espèces sensibles ou résistantes, utilisés pour affiner le diagnostic.

L'ensemble des résultats (IOBS, classes de qualité biologique et pourcentages de Tubificidae sans soies capillaires) est présenté sous la forme d'un abaque.

La qualité biologique des sédiments, sa correspondance avec les classes de qualité biologique codées par des couleurs, font l'objet du tableau 5.IV ci-dessous.

**Tableau 5.III.** Liste faunistique en présence/absence des oligochètes rencontrés au niveau des 3 types d'unité fonctionnelle, toutes stations confondues.

FAMILLES	SUBSTRAT		
	Sédiments fins	Sédiments grossiers	Milieu hyporhéique
<b>ENCHYTRAEIDAE</b>			
Enchytraeidae groupe 1		X	
Enchytraeidae groupe 4		X	
Enchytraeidae groupe 5	X		
<i>Marionina argentea</i> (Michaelsen, 1889)			X
<b>HAPLOTAXIDAE</b>			
<i>Haplotaxis gordioides</i> (Hartmann, 1821)	X	X	X
<b>LUMBRICIDAE</b>			
<i>Lumbricidae</i> g. sp.	X		
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	X		
<b>LUMBRICULIDAE</b>			
Lumbriculidae immatures	X	X	X
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1773)	X	X	
<b>NAIDIDAE</b>			
<i>Dero digitata</i> (Müller, 1773)	X		
<i>Dero dorsalis</i>			X
<i>Nais barbata</i> Müller, 1773	X	X	
<i>Nais bretscheri</i> Michaelsen, 1899			X
<i>Nais christinae</i> Kasprzak, 1973	X		
<i>Nais communis</i> Piguët, 1906		X	X
<i>Nais elinguis</i> Müller, 1773		X	
<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906			X
<i>Ophidonais serpentina</i> (Müller, 1773)	X		
<i>Pristina aequiseta</i> Bourne, 1891		X	
<i>Pristina longiseta</i> Ehrenberg, 1828	X		X
<i>Slavina appendiculata</i> d'Udekem, 1855	X	X	X
<i>Specaria josinae</i> (Vejdovsky, 1883)	X		
<i>Stylaria lacustris</i> (Linne, 1767)	X	X	
<i>Uncinaiis uncinata</i> (Orsted, 1842)	X		
<i>Vejdovskyaella intermedia</i> (Bretscher, 1896)	X	X	X
<b>TUBIFICIDAE</b>			
<i>Tubificidae immatures avec soies capillaires</i> <sup>a</sup>	X	X	X
<i>Tubificidae immatures sans soies capillaires</i> <sup>a</sup>	X	X	X
<i>Aulodrilus plurisetus</i> (Piguët, 1906)	X		
<i>Bothrioneurum</i> sp. formes immatures	X	X	X
<i>Branchiura sowerbyi</i> (Beddard, 1892)	X		
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> <sup>b</sup> Ratzel, 1868	X		X
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <sup>b</sup> Claparede, 1862	X		
<i>Limnodrilus profundicola</i> <sup>b</sup> (Verril, 1871)			X
<i>Limnodrilus udekemianus</i> <sup>b</sup> Claparede, 1862	X		
<i>Potamothrinx moldaviensis</i> (Vejdovsky & Mrazek, 1902)	X	X	X
<i>Potamothrinx vejdoskyi</i> (Hrabe, 1941)		X	
<i>Psammorectides barbatus</i> (Grube, 1861)		X	
<i>Ouistadrilus multisetosus</i> (Smith, 1900)	X		
<i>Spirosperma velutinus</i> (Grube, 1679)		X	X
<b>Nombre total d'espèces / substrat</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>16</b>

Tableau 5.IV. Classes de qualité biologique des sédiments établies à l'aide de l'indice IOBS.

Classes de qualité	Valeurs de l'indice IOBS	Niveau de qualité biologique des sédiments
bleu	$\geq 6$	Très bon
vert	$3 \leq \text{IOBS} < 6$	Acceptable à Bon
jaune	$2 \leq \text{IOBS} < 3$	Moyen
orange	$1 \leq \text{IOBS} < 2$	Médiocre
rouge	$\text{IOBS} < 1$	Mauvais

#### 5.4.2 - Caractérisation des traits fonctionnels (sédiments grossiers et milieu hyporhéique)

##### *Définition des unités et traits fonctionnels*

Deux unités fonctionnelles, parmi les huit définies par Lafont (2001), sont donc considérées dans le cadre de cette étude, soient :

- UF3 = les sédiments grossiers de surface = S,
- UF4 = le milieu hyporhéique = H.

Chaque unité fonctionnelle est caractérisée par des traits fonctionnels biologiques provenant de l'examen des biocénoses d'oligochètes peuplant les sédiments grossiers et le milieu hyporhéique. Ces traits regroupent les informations écologiques communes apportées par plusieurs espèces et permettent de caractériser un « **état écologique fonctionnel** ».

Pour exemple, les Tubificidae (famille d'oligochètes représentée par des formes polluo-résistantes), organismes électifs des sédiments fins, caractérisent dans les sédiments grossiers et le milieu hyporhéique un colmatage des interstices par des boues polluées.

Les traits fonctionnels dominants pour ces 2 unités fonctionnelles (sédiments grossiers et milieu hyporhéique) sont (Tableau 5.V) :

- la « perméabilité » : prédominance d'espèces d'oligochètes interstitielles, avec des échanges très actifs entre les eaux superficielles et souterraines,
- l'« intolérance » : prédominance de peuplements interstitiels d'oligochètes associés à des milieux peu ou non pollués ;
- la « tolérance » : prédominance d'espèces interstitielles d'oligochètes résistantes à la pollution ;
- l'effet « boues polluées » : prédominance d'espèces polluo-résistantes associées à une pollution des boues.

Les TRFs se calculent tous de la même façon : ils sont exprimés par le pourcentage des espèces présentes appartenant à un TRF donné, dans chaque relevé effectué dans les unités fonctionnelles UF3 (sédiments grossiers superficiels, S) et UF4 (milieu hyporhéique, H).

**Tableau 5.V.** Signification des Traits Fonctionnels (TRFs) dans les sédiments grossiers de surface (UF3 ou S) et dans le milieu hyporhéique (UF4 ou H) (d'après Lafont et al., 2006 ; Vivier, 2006).

<b>TRF1</b> : « Perméabilité » : % d'espèces d'oligochètes décrivant l'existence d'échanges hydrologiques actifs entre les eaux superficielles et souterraines ; exprime l'existence d'un contexte hydro-géomorphologique préservé, favorable à la bio-assimilation des nutriments et à la détoxification des polluants.
<b>TRF2</b> : « Sensibilité à la pollution » : % d'espèces d'oligochètes intolérantes à la pollution des eaux ; relié directement à une bonne qualité chimique des eaux et indirectement à un contexte hydro-géomorphologique préservé ; associé au TRF1 dans les systèmes préservés ou vierges.
<b>TRF3</b> : « Résistance à la pollution »: pourcentages d'espèces d'oligochètes tolérantes à la pollution des eaux (qualité chimique des eaux médiocre à mauvaise); le TRF3 peut cependant être associé au TRF1 dans des situations polluées mais dont le contexte hydro-géomorphologique s'avère relativement préservé ; les processus aérobies semblent prédominer (formes oxydées de l'azote) ; peut aussi indiquer un état toxique provenant de substances nocives sous forme dissoute.
<b>TRF4</b> : « Effet boues polluées »: % d'espèces d'oligochètes indiquant la présence de boues polluées dans les interstices sédimentaires ; très mauvaise qualité chimique des eaux ; prédominance des processus anaérobies (formes réduites de l'azote); associé au TRF3 ; peut être prédominant et constant dans le milieu hyporhéique lorsque les dynamiques d'infiltration d'eaux superficielles sont favorisées ; ce TRF s'avère cependant très actif sur le plan des processus de bioturbation (décolmatage des interstices, métabolisation de l'azote...).

### Utilisation des TRFs

Selon la fiche technique proposée récemment (Lafont et al., 2006), le diagnostic est le suivant :

- Si **TRF1 + TRF2** prédominent → le milieu présente un fonctionnement **non altéré** : sédiments perméables où circule une eau de bonne qualité, avec une dynamique d'échanges hydrologiques entre les eaux superficielles et souterraines très active.
- Si **TRF1 + TRF3** prédominent → le milieu présente un fonctionnement **altéré** : sédiments perméables où circule une eau de qualité médiocre, avec toutefois une dynamique d'échanges hydrologiques entre les eaux superficielles et souterraines qui reste très active.
- Si **TRF4** prédomine → le milieu présente un fonctionnement **très altéré** : sédiments imprégnés par des boues polluées et toxiques, avec une dynamique d'échanges hydrologiques entre les eaux superficielles et souterraines très perturbée ; très souvent, les dynamiques d'infiltration d'eaux superficielles polluées sont très actives, avec un stockage des polluants dans le milieu hyporhéique ; le milieu hyporhéique tient un rôle analogue à celui des sédiments fins (stockage des substances), notamment dans les zones où les sédiments grossiers prédominent (Lafont & Vivier, 2006).
- Si **TRF1 + TRF4** prédominent → on serait dans le cas spécifique d'une altération liée à des rejets intermittents, par exemple des déversoirs d'orage, en **paysage urbanisé** (Vivier, 2006).

### Calcul du Potentiel Ecologique (PE) du milieu

Le Potentiel Ecologique PE est déterminé par le rapport entre les TRF indicateurs de bon fonctionnement et les TRF indicateurs d'altération dans le milieu superficiel (S) et le milieu hyporhéique (H) (Lafont et al. 2007), soit :

$$PE(S) = [(TRF1 + TRF2) + 1] / [(TRF3 + TRF4) + 1] \quad PE(H) = [(TRF1 + TRF2) + 1] / [(TRF3 + TRF4) + 1]$$

Il varie donc de < 1 (PE de systèmes extrêmement altérés) à 201 (PE de systèmes vierges). Les plus faibles potentiels s'observent dans les cours d'eau les plus impactés par une synergie entre perturbations physiques et rejets chimiques.

## 5.5 - Résultats

### 5.5.1 – Présentation des résultats

Le texte qui suit correspond à la partie synthétique d'un document de travail plus détaillé (rapport BURGEAP référencé RLy.2306) qui comprend les différents résultats et interprétations des données biologiques propres à chaque station considérée individuellement. Dans ce document, des fiches ont été établies pour chacun des sites :

- Compartiment « Sédiments fins superficiels » :
  - ✧ tableau de synthèse décrivant la structure des peuplements avec calcul de l'indice IOBS et classe de qualité biologique associée à l'échelle de la station,
  - ✧ abaque représentant la qualité biologique en fonction du % de Tubificidae sans soies capillaires (= % TUSP) de l'ensemble des stations d'un même site,
  - ✧ tableau de synthèse établissant le diagnostic biologique à l'échelle de la station puis du site (évolution spatiale de la qualité) ;
- Compartiment « Sédiments grossiers superficiels » et « Milieu hyporhéique » :
  - ✧ tableau de synthèse décrivant la structure des peuplements avec calcul des traits fonctionnels et du potentiel écologique PE à l'échelle de la station, et diagnostic biologique associé,
  - ✧ diagnostic biologique à l'échelle du site (évolution spatiale de la qualité).

### 5.5.2 - Synthèse du diagnostic biologique sur les sédiments fins (IOBS)

La qualité biologique des sédiments estimée sur la base de l'indice IOBS est synthétisée dans le tableau 5.VI ci-dessous (Synthèse inter-sites) :

**Tableau 5.VI.** Répartition des 10 stations selon leur classe de qualité biologique des sédiments établies à l'aide de l'indice IOBS.

Classes de qualité	Nombre de stations	Cours d'eau
<b>Très Bonne</b>	-	-
<b>Bonne</b>	-	-
<b>Moyenne</b>	-	-
<b>Médiocre</b>	5	Couzon amont RD1 / Couzon amont RD2 / Couzon aval RD Collonges RD / Collonges RG
<b>Mauvaise</b>	3	Genay RG / Couzon amont RG / La Mulatière RD
<b>IOBS Non Calculable</b>	2	Genay RD / Couzon aval RG

N.B. : en dépit d'effectifs de vers < 100 individus /échantillon pour la station de Genay RD, minimum requis pour une estimation de l'indice IOBS selon la norme NF T 90-390 (AFNOR, 2002), nous avons néanmoins estimé la valeur indiciaire. En effet, notre expérience dans le traitement de données biologiques nous permet d'accorder une bonne fiabilité à l'estimation de l'indice pour des effectifs de vers > 40 individus/échantillon, en préservant par principe de précaution une certaine prudence sur les conclusions du diagnostic.

La faible présence d'oligochètes peut caractériser :

- une zone où le substrat est fréquemment émergé donc peu biogène (cas de Genay RD),
- une nature de substrat type sable grossier peu favorable au développement des oligochètes (cas de Couzon aval RG) ;
- l'impact accusé à très accusé de rejets polluants, pouvant agir en synergie avec les éléments précédents.

Dans les zones à tendance sableuse, il est nécessaire d'accentuer l'effort d'échantillonnage, ce qui a été effectivement opéré avec la réalisation de 4 prélèvements à la benne associés à 3 prélèvements au filet, mais cet effort s'est révélé insuffisant pour obtenir les 100 exemplaires d'oligochètes nécessaires au calcul de l'IOBS.

Les **3 points noirs** du secteur étudié, présentant la plus faible valeur d'indice (IOBS < 1, mauvaise qualité biologique, tab. 5), sont :

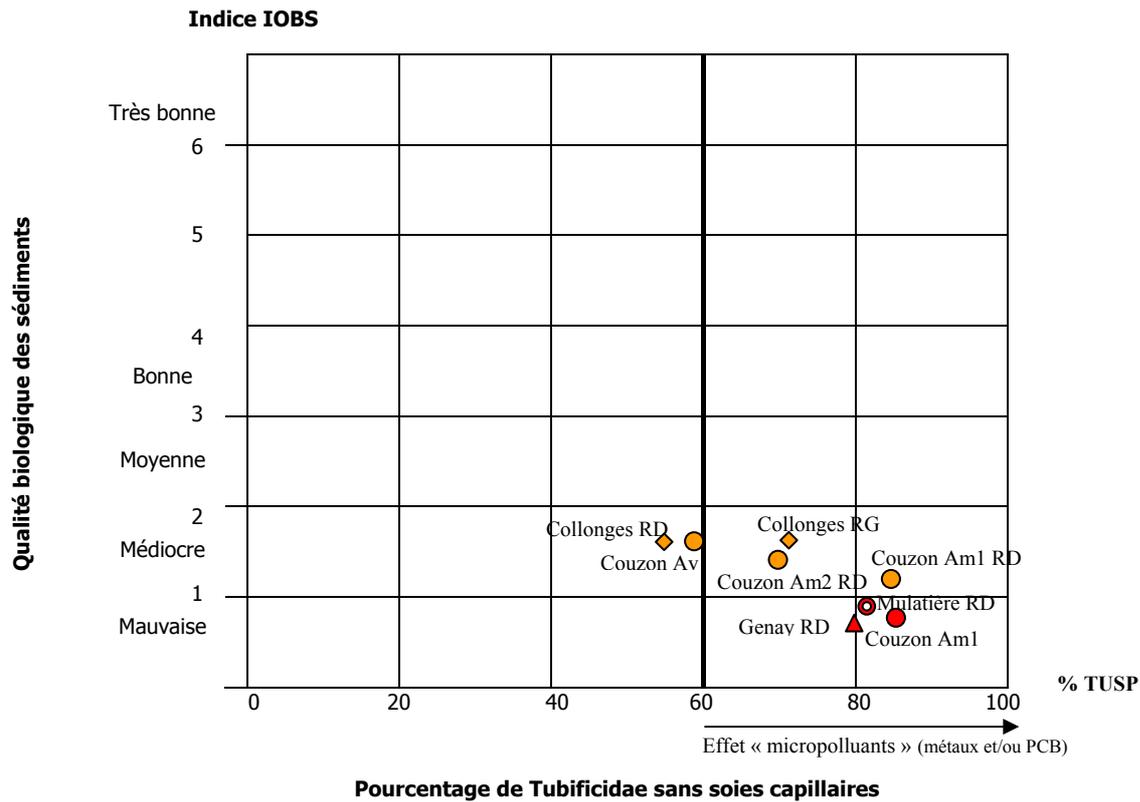
- Genay en rive gauche (IOBS = 0,75), avec une certaine retenue sur le diagnostic en raison de l'effectif de vers relevé (< 100)
- Couzon amont en rive gauche (IOBS = 0,8),
- La Mulatière en rive droite (IOBS = 0,9).

Les 5 autres stations présentent une qualité biologique médiocre ( $1 < \text{IOBS} < 2$ ), avec une valeur indiciaire maximale de 1,7 observée au droit de 3 stations (Couzon aval RD et Collonges RD et RG).

Selon un linéaire amont-aval, la structure des peuplements d'oligochètes et la classe de qualité biologique associée sont les suivantes (Tableau 5.VII et Figure 5.1) :

**Tableau 5.VII.** Structure des peuplements d'oligochètes collectés dans les sédiments fins et classes de qualité sur le linéaire Genay-La Mulatière (octobre 2006).

Site	Stations	IOBS	EFBR	NSPS	%TUSP	%TUCP	%ENCH	%HAPG	%LUCP	%LUMP	%NAIP	Classe
Genay	RD	<b>NC</b>	6	2	<b>70 %</b>	-	-	30 %	-	-	-	NC
	RG	<b>(0,75)</b>	12	6	<b>80 %</b>	8 %	-	-	-	4 %	8 %	Mauvaise
Couzon Am	RD1	<b>1,2</b>	102	10	<b>84 %</b>	10 %	-	-	-	-	6 %	Médiocre
	RD2	<b>1,5</b>	474	10	<b>68 %</b>	19 %	-	-	5 %	-	9 %	Médiocre
	RG	<b>0,8</b>	586	7	<b>85 %</b>	13 %	-	-	-	-	2 %	Mauvaise
Couzon Aval	RD	<b>1,7</b>	331	10	<b>59 %</b>	-	3 %	-	-	2 %	36 %	Médiocre
	RG	<b>NC</b>	10	3	<b>88 %</b>	6 %	-	-	-	-	6 %	NC
Collonges	RD	<b>1,7</b>	74	9	<b>54 %</b>	14 %	-	-	-	5 %	27 %	Médiocre
	RG	<b>1,7</b>	50	12	<b>71 %</b>	6 %	1 %	-	1 %	-	21 %	Médiocre
La Mulatière	RD	<b>0,9</b>	43	7	<b>82 %</b>	1 %	-	-	1 %	-	16 %	Mauvaise



**Figure 5.1.** Abaque représentant la qualité biologique des sédiments fins de la Saône sur linéaire Genay-La Mulatière (octobre 2006).

Sur la base des valeurs indicielles, du degré de toxicité et de la nature des polluants suspectés, les stations pour lesquelles un effet polluant où **métaux et/ou PCB** seraient prédominants (nette dominance des Tubificidae sans soies capillaires, formes polluo-résistantes) sont classées ainsi :

- effet polluant **très accusé**
  - Genay RG
  - Couzon amont RG
  - La Mulatière RD
  
- effet polluant **accusé**
  - Couzon amont RD1 et RD2
  - Couzon aval RD (+ pollution organique suspectée)
  - Collonges RD et RG

### 5.5.3 - Synthèse du diagnostic biologique sur les sédiments grossiers et le milieu hyporhéique (traits fonctionnels)

La synthèse des variables biologiques estimées sur chaque station et site, selon un gradient amont-aval, est la suivante (Tableau 5.VIII) :

**Tableau 5.VIII.** Structure des peuplements d'oligochètes collectés dans les sédiments grossiers et le milieu hyporhéique sur le linéaire Genay-La Mulatière (octobre 2006).

Site	Secteur	Stations	NSPS	EFBR S sur 0,1 m <sup>2</sup> H sur 10 L	% TRF1	% TRF2	% TRF3	% TRF4	PE
<b>Sédiments grossiers (UF3 ou S)</b>									
Genay	-	RD	4	47	-	-	-	100 %	0,01
		RG	8	121	1 %	1 %	1 %	94 %	0,03
Couzon	Amont	RD	8	55	4 %	-	2 %	70 %	0,07
		RG	10	71	4,5 %	1,5 %	7 %	85 %	0,08
	Aval	RD	9	43	4 %	-	-	75 %	0,07
		RG	8	42	17 %	-	-	66 %	0,3
<b>Milieu hyporhéique (UF4 ou H)</b>									
Genay	-	RD	3	18	4 %	4 %	-	92 %	0,05
		RG	6	14	-	5 %	-	79 %	0,08
Couzon	Amont	RD	6	18	50 %	-	-	42 %	1,2
		RG	5	7	11 %	-	-	78 %	0,15
	Aval	RD	4	5	56 %	-	-	22 %	2,5
		RG	5	13	-	-	-	63 %	0,02
Mulatière	-	RD	6	46	-	-	2 %	89 %	0,01

### *Sédiments grossiers superficiels*

Les 3 sites prospectés (Genay, Couzon amont et aval) sont caractérisés par une nette dominance des espèces indiquant la présence de boues polluées (%TRF4) associée à une faible proportion voire l'absence totale d'espèces sensibles (% TRF2) (cf. Tableau 5.VIII).

En conséquence, les 6 stations présentent un fonctionnement **très altéré** sous l'impact de rejets polluants (« **effet boues polluées** » TRF4 très accusé), avec une dynamique d'échanges hydrologiques entre les eaux superficielles et souterraines **très perturbée** et des phénomènes d'infiltration de substances polluantes superficielles dans le milieu hyporhéique.

Les stations témoignent donc d'une nette **dégradation d'une part de la qualité biologique du milieu, d'autre part de la qualité fonctionnelle**.

Les 3 sites sont caractérisés par un très faible potentiel écologique (PE < 1), typique de **systèmes extrêmement altérés**. Sur la base de cette variable écologique, les sites peuvent être classés par ordre croissant de degré d'altération (du plus fort au plus faible) : site de Genay (PE moyen= 0,02), sites de Couzon Amont (PE moyen = 0,075) et de Couzon aval (PE moyen = 0,2 ; avec une valeur maximale de 0,3 en rive gauche).

### *Milieu hyporhéique*

La situation écologique de 5 des 7 stations prospectées est voisine de celle observée dans le compartiment « sédiments grossiers superficiels » avec (cf. Tableau 5.VII) :

- l'existence d'un « **effet boues polluées** » sous l'incidence de rejets polluants, indiquée par une nette prédominance des espèces du TRF4 associée à la faible présence ou absence des espèces sensibles (%TRF2) ;
- une **dégradation de la qualité fonctionnelle** du milieu (faible présence voire absence des espèces du TRF1, indicatrices d'échanges hydriques).

En conséquence, ces 5 stations présentent un potentiel écologique très faible ( $< 1$ ), caractéristique des **systèmes extrêmement altérés**. Le PE le plus faible ( $= 0,01$ ) est observé sur le site de La Mulatière en rive droite, soumis à de très fortes pressions anthropiques.

Les 2 stations localisées en rive droite des sites de Couzon amont et aval présentent une situation particulière, caractérisée par un fort TRF1 (espèces indicatrices d'échanges hydriques) associé à un TRF4 élevé (cf. tableau 5.VII). Cette situation, déjà observée sur l'Azergues (Vivier, 2006), serait spécifique, dans un paysage urbanisé, de l'effet nocif de rejets intermittents comme des déversoirs d'orage. Si ce fait était confirmé, on serait donc en mesure de séparer l'effet des rejets des déversoirs d'orage de celui des autres types de rejets. Néanmoins, la valeur du PE de ces deux sites (1,2 et 2,5) demeure encore inacceptable, même en paysage urbanisé (Lafont et al., 2007).

#### *Bilan sur les traits fonctionnels*

Les diagnostics basés sur les traits fonctionnels relatifs au milieu superficiel (sédiments grossiers) et au milieu hyporhéique sont complémentaires et concordants.

Ils traduisent l'un et l'autre **une très forte altération de l'état écologique fonctionnel** des milieux sous l'incidence de rejets polluants et toxiques à l'origine d'un « effet boues polluées » (TRF4) très accusé.

Dans les zones où prédominent les sédiments grossiers (La Mulatière et Genay, par ex.), le milieu hyporhéique tient un rôle analogue à celui des sédiments fins en stockant les polluants, probablement en raison de la prédominance de dynamiques d'infiltration d'eaux superficielles polluées.

Ainsi, toutes les stations prospectées présentent un potentiel écologique très faible ( $< 3$ ), qui ne se révèle pas acceptable même en contexte urbanisé (péri-urbain et urbain).

#### **5.5.4 - Analyse croisée des diagnostics biologiques par site**

Dans le cadre de cette analyse croisée, les variables biologiques retenues sont l'indice IOBS (sédiments fins) et le potentiel écologique (sédiments grossiers et milieu hyporhéique), dont les valeurs respectives sont rapportées dans le tableau 5.VIX ci-après.

D'une manière générale, les diagnostics se révèlent comme précédemment concordants et complémentaires. En effet, tandis que l'IOBS témoigne d'une qualité biologique médiocre à mauvaise, signe de la présence de polluants stockés dans les sédiments fins de surface, les traits fonctionnels complètent ce diagnostic en témoignant d'une grave altération de l'état écologique fonctionnel du milieu, avec un stockage des polluants dans les habitats poreux (UF3 et UF4).

De façon plus détaillée, nous pouvons constater qu'aux valeurs indicielles IOBS les plus faibles correspondent les plus faibles valeurs de potentiel écologique PE (cf. tableau 8) : Genay RG, Couzon amont RG et La Mulatière. Inversement, la plus forte valeur indicielle de IOBS (1,7) est bien associée avec le plus fort potentiel écologique (PE moyen = 1,3, Couzon aval RD).

**Tableau 5.VIX.** Synthèse des valeurs de l'IOBS et du Potentiel écologique PE sur le linéaire Genay-La Mulatière (Octobre 2006).

Site	Stations	IOBS	Classe de qualité	Potentiel Ecologique		
				S	H	Moyenne
Genay	RD	NC	NC	0,01	0,05	0,03
	RG	(0,75)	Mauvaise	0,03	0,075	0,1
Couzon Amont	RD1	1,2	Médiocre	0,07	1,2	0,6
	RD2	1,5	Médiocre	-	-	-
	RG	0,8	Mauvaise	0,08	0,15	0,1
Couzon Aval	RD	1,7	Médiocre	0,07	2,5	1,3
	RG	NC	NC	0,3	0,02	0,2
Collonges	RD	1,7	Médiocre	-	-	-
	RG	1,7	Médiocre	-	-	-
La Mulatière	RD	0,9	Mauvaise	-	0,01	-

Il est par ailleurs intéressant de noter que la comparaison des résultats biologiques obtenus en rive droite et rive gauche de chaque site montre que seuls les sites de Couzon amont et aval témoignent d'une qualité biologique et fonctionnelle différente selon la rive considérée.

## 5.6 - Conclusions

Les **deux diagnostics** (IOBS et PE) sont par essence **complémentaires** en ce sens que, tandis que les sédiments fins donnent une photographie globale de toutes les substances polluantes (dangereuses ou non) transitant dans l'écosystème, les sédiments grossiers (UF3) et le milieu hyporhéique (UF4) (substrats poreux souvent dominants dans les écosystèmes d'eau courante dont les fleuves) permettent d'apprécier la qualité fonctionnelle du milieu et la vulnérabilité des eaux souterraines à une pollution des eaux superficielles.

La Saône, rivière soumise à de très fortes pressions anthropiques, révèle ainsi au travers de l'étude réalisée une **qualité biologique et fonctionnelle très altérée dès son entrée dans l'agglomération et sur l'ensemble du linéaire prospecté**. D'après la recherche de polluants faite sur les sédiments (chapitre I), seules les concentrations en zinc apparaissaient très déclassantes. on ne peut certifier que cela suffise à expliquer un tel résultat : d'autres composés nocifs pourraient être présents sans avoir fait l'objet d'analyses spécifiques (pesticides ou autres).

En terme de **gestion**, il s'avère nécessaire et indispensable sur ce secteur de la Saône de réaliser un **abattement de la charge polluante** (contrôle et limitation des rejets) et de mettre en œuvre des mesures préservant le contexte physique, incluant, lorsque cela est possible, la protection ou la réhabilitation partielle du couloir hydro-géomorphologique de l'hydrosystème. Mais ces mesures de gestion restent contraintes par l'urbanisation du paysage environnant qui ne constitue pas un contexte favorable à leur mise en place.

Sur les secteurs où les sédiments grossiers sont nettement dominants, au regard du phénomène de **colmatage accusé** mis en évidence et de la vulnérabilité avérée de la nappe à une pollution des eaux superficielles (tel que sur Genay et La Mulatière), les **objectifs de gestion** doivent :

- viser d'une part à identifier et limiter les rejets polluants aux effets colmatants prononcés,
- en particulier, essayer de distinguer l'effet lié aux déversoirs d'orage de celui qui est lié aux autres rejets (TRF1 + TRF4 dominants),
- d'autre part, trouver des moyens de remédier à cet effet colmatant, en agissant éventuellement sur les conditions hydrologiques du milieu (hydraulicité, éradication ou limitation des rejets les plus générateurs de phénomènes d'infiltration...).

En termes d'**objectifs de qualité** réalistes à préserver ou à restaurer et au regard de l'analyse croisée du diagnostic biologique, nous pouvons proposer les éléments suivants :

- compartiment sédiments fins (indice IOBS), sous réserve d'une limitation des rejets polluants : à court terme, le gain d'une classe de qualité peut être attendu au droit des secteurs de Couzon amont et aval en rive droite ; à moyen-long terme, l'atteinte d'un objectif de bonne qualité (IOBS > 3) doit être visé.
- potentiel écologique : préserver ou restaurer un PE compris entre 3 et 5, ce qui constitue une situation transitoire réaliste et durable (Lafont et al., 2007) pour atteindre à plus long terme un PE de 5 à 10.

En termes de **suivi écologique simplifié** pour étudier l'évolution de la Saône et l'efficacité des mesures de gestion mises en oeuvre, nous proposons le protocole suivant :

- limitation du nombre de stations d'étude, qui seraient au nombre de 7 avec la suppression de :
  - Genay rive droite : station très sableuse et peu propice au développement des oligochètes, peu de variabilité dans le diagnostic biologique avec la rive gauche ;
  - Collonges en rive droite : peu de variabilité dans le diagnostic biologique avec la rive gauche pour l'indice IOBS, très sableuse et substrat peu propice pour l'analyse des traits fonctionnels, les prélèvements de sédiments grossiers non réalisés en rive gauche cette année en raison des conditions d'accès nécessitant un bateau pourraient être effectués lors de futures campagnes ;
  - Couzon amont RD2 (bras mort), le diagnostic biologique étant similaire à celui établi dans le cours principal en même rive ;
- au droit des 7 stations conservées, les 3 unités fonctionnelles (sédiments fins, sédiments grossiers et milieu hyporhéique) seraient considérées.

La **confrontation** de ce diagnostic basé sur les peuplements d'oligochètes avec les résultats relatifs **aux autres compartiments** d'étude permet d'avoir une vue complète de la situation (état écologique et potentiel écologique du milieu).

## 6 - ETUDE DES DIATOMEES BENTHIQUES

### 6.1 - Méthodologie

Les **diatomées** constituent la **majorité des algues du périphyton** qui colonise les supports naturels (cailloux, galets, branchages, etc.) ou artificiels (enrochements, palplanches, etc.) immergés ou continuellement humides. Les diatomées correspondent à toutes algues brunes unicellulaires ou coloniales caractérisées par une paroi cellulaire doublée d'une enveloppe siliceuse. Elles sont généralement microscopiques, mais certaines espèces forment des filaments visibles à l'œil nu.

Du fait de leurs nombreux avantages (facilités d'échantillonnage, sensibilités aux perturbations physico-chimiques, systématique relativement bien connue, etc.), les diatomées benthiques sont souvent utilisées dans les études de la qualité de l'eau (Descy, 1980). En particulier, les Agences de l'Eau ont adopté des **indices diatomiques** (notamment l'Indice Biologique Diatomées) pour le suivi de la qualité biologique des cours d'eau en complément d'autres indices (IBGN, indice poissons, etc.) et des analyses physico-chimiques.

Le principe de l'**IBD** (Indice Biologique Diatomées, NF T 90-354 de juin 2000) consiste à récolter selon un protocole standardisé les diatomées colonisant des supports naturels ou artificiels. La couverture biologique est recueillie par grattage d'une surface définie des divers substrats présents dans un liquide décapant à base de formol et d'acide acétique. L'identification doit ensuite être réalisée sur un échantillon minimum de 400 diatomées. Certains taxons sont regroupés (taxons appariés). Il existe actuellement 409 taxons appariés. Le calcul de l'IBD (note finale sur 20) passe par la connaissance de la probabilité de présence de chaque taxon apparié pour sept classes de qualité d'eau et par la valeur indicatrice de chaque taxon. L'IBD est particulièrement sensible à la matière organique, aux éléments nutritifs (azote et phosphore) et à la minéralisation, c'est-à-dire aux altérations MOX et salinité du SEQ-Eau. Le logiciel OMNIDIA (Lecoite *et al.*, 1993) permet, entre autres, le calcul de l'IBD et de 5 autres indices diatomiques. Il fournit également une mise à jour de la systématique des algues qui évolue beaucoup au cours du temps.

Le calcul de cet indice sera pratiqué sur chaque rive à chaque station, soit un total de **10 mesures**.

### 6.2 - Structure des peuplements

#### 6.2.1 - Richesse taxonomique

Un total de **102 taxons** de diatomées a été recensé dans cette étude (Tableau 6.I). Il peut être considéré comme représentatif du peuplement d'un milieu de type "grand cours d'eau de plaine". A titre d'exemple, cette richesse est de l'ordre de ce qui est annuellement rencontré sur le Rhône dans le secteur de Péage-de-Roussillon (ARALEP, 2003). Pour mémoire, 190 taxons de diatomées benthiques et périphytiques avaient été inventoriés en 1980 lors de l'étude du CEMAGREF entre Auxonne et Tournus (20 prélèvements).

**Tableau 6.I.** Liste floristique en présence/absence des diatomées benthiques périphytiques de chacun des 5 sites. Code des espèces selon la taxonomie OMNIDIA.

Taxon	GEN	COM	COV	COL	MUL
ABIA		*		*	*
ABIO	*				
ACLE	*	*		*	*
ADEL	*	*	*	*	*
ADHA					*
ADID	*				
ALAN	*			*	*
ALAR	*	*	*	*	*
ALAT		*			*
ALIB	*	*	*	*	*
AMIN	*	*	*	*	*
AOVA		*	*		
APED	*	*	*	*	*
APGE	*	*	*	*	*
AUGR	*	*	*	*	*
BPAR	*	*	*	*	
CCAE					*
CDTG				*	
CDUB			*		
CHEL	*				*
CINV			*	*	*
CMEN	*	*	*	*	*
CMIN	*				
COCE		*	*	*	
CPDI				*	
CPED	*	*	*	*	*
CPLA		*	*	*	*
CPLE	*	*	*	*	*
CPLI				*	*
CPPV		*			*
CPRO		*	*		*
CPST	*		*		
CMIN				*	
CMOL				*	
CSOL					*
CSTE	*		*	*	
DELE			*		
DKUE		*			*
DOBL	*				
DTEN	*	*	*	*	
DVUL		*	*	*	*
FBRE	*		*		
FCAP	*	*	*	*	
FCBI			*		
FCON	*				*
FCVA	*		*		
FPIN	*	*	*	*	*
FUAN			*		*
FULN	*	*	*	*	
FUNG	*	*	*	*	*
FVIR				*	*

Taxon	GEN	COM	COV	COL	MUL
GACU	*	*	*	*	*
GCLA		*		*	
GLIG	*	*	*	*	*
GMIN	*	*	*		*
GOLI		*			
GPAP	*	*	*	*	*
GTRU		*	*	*	*
MVAR		*	*		*
NAMP	*	*	*	*	*
NCAP			*		
NCPR	*	*	*	*	
NCTE	*	*	*	*	*
NCTO	*	*	*		*
NDEC	*	*			
NDIL		*			
NDIS	*	*	*	*	*
NFIL	*		*	*	*
NGOE		*			
NHMS					*
NIAN			*		*
NIFR		*	*	*	*
NINC	*	*	*	*	
NINT	*				
NMIN					*
NLAN					*
NLEV				*	
NLIN			*		
NPAA	*		*	*	*
NPAL	*	*	*	*	*
NRAD		*	*		*
NRCS		*	*		
NREI	*		*		*
NSBH		*	*	*	*
NSDE	*	*	*	*	
NTPT	*	*	*	*	*
NZAG	*				*
NZLT	*				
OOLS	*				
RABB			*		*
RCUR	*	*	*	*	*
RSIN			*	*	*
SALP	*	*	*	*	
SANG					*
SBRE		*	*		
SHTE			*	*	*
SSUE			*		*
STER	*				
SUMI				*	
TGES	*	*			
TWEI	*		*	*	*

La **richesse unitaire** par site montre quelques disparités entre Genay, Couzon amont et Collonges (54 espèces) d'une part, et la Mulatière et Couzon aval (respectivement 60 et 63 espèces) d'autre part. De la même manière, des différences existent entre les rives (i.e. les stations) d'un même site (Figure 6.1) : la richesse est ainsi toujours supérieure en rive gauche, à l'exception de Couzon aval où la richesse de la rive gauche est toutefois de l'ordre de celle des autres sites (> 40 unités taxonomiques).

Le coefficient de **similarité** de Jaccard, qui décrit l'affinité entre les peuplements des différents sites (Washington, 1984) s'échelonne ainsi de 39,5% entre Genay et la Mulatière (stations extrêmes de notre secteur) et 58% entre l'amont et l'aval du barrage de Couzon (Tableau 6.II).

**Tableau 6.II.** Richesse taxonomique par sites (en gras) et pourcentage de similarité entre les sites.

	Gen	Com	Cov	Col	Mul
Genay	<b>54</b>				
Couzon amont	46	<b>54</b>			
Couzon aval	50	58	<b>63</b>		
Collonges	48	54	56	<b>54</b>	
La Mulatière	40	46	52	46	<b>60</b>

### 6.2.2 - Indices biologiques

Les notes indicielles sont toutes comprises dans la gamme de qualité biologique moyenne (couleur jaune) définie par le SEQ-Eau (Figure 6.1). A l'exception de la rive droite de Genay (< 10), ces notes sont très homogènes, globalement comprises entre 11 et 12 unités, l'IBD moyen étant de 11,3. Ceci est tout à fait en accord avec les résultats enregistrés par l'Agence de l'Eau dans le cadre du RNB (Figure 6.2). L'observation des profils écologiques des taxons dominants permet d'expliquer ces résultats (cf § par la suite).

### 6.2.3 - Diversité et équitabilité

L'étude de la structure des peuplements locaux à l'aide des indices H' et J' (Shannon & Weaver, 1949) montre que la **diversité** par station (arrangement des espèces à l'intérieur d'un peuplement donné) est importante, signe d'une très bonne répartition des espèces à l'intérieur des différents relevés, tant en richesse qu'en abondance. De la même manière, la valeur d'**équitabilité** (pourcentage d'équilibre entre les espèces de ce même peuplement) est tout à fait satisfaisante (Figure 6.1). Aucun taxon à abondance excessive n'engendre de déséquilibre.

## 6.3 - Abondance et occurrence des principaux taxons

Parmi les 102 taxons identifiés, 4 taxons peuvent être considérés comme dominants sur le critère d'**abondance** ( $\geq 5\%$  des individus) (Tableau 6.III). Ce sont :

- *Achnanthes minutissima* Kutzing v. *minutissima* Kutzing (*Achnantheidium*) (AMIN) : 21,6%
- *Amphora pediculus* (Kutzing) Grunow (APED) : 14,7%
- *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot (NCTE) : 9,9%
- *Nitzschia frustulum* (Kutzing) Grunow var. *frustulum* (NIFR) : 6,1%

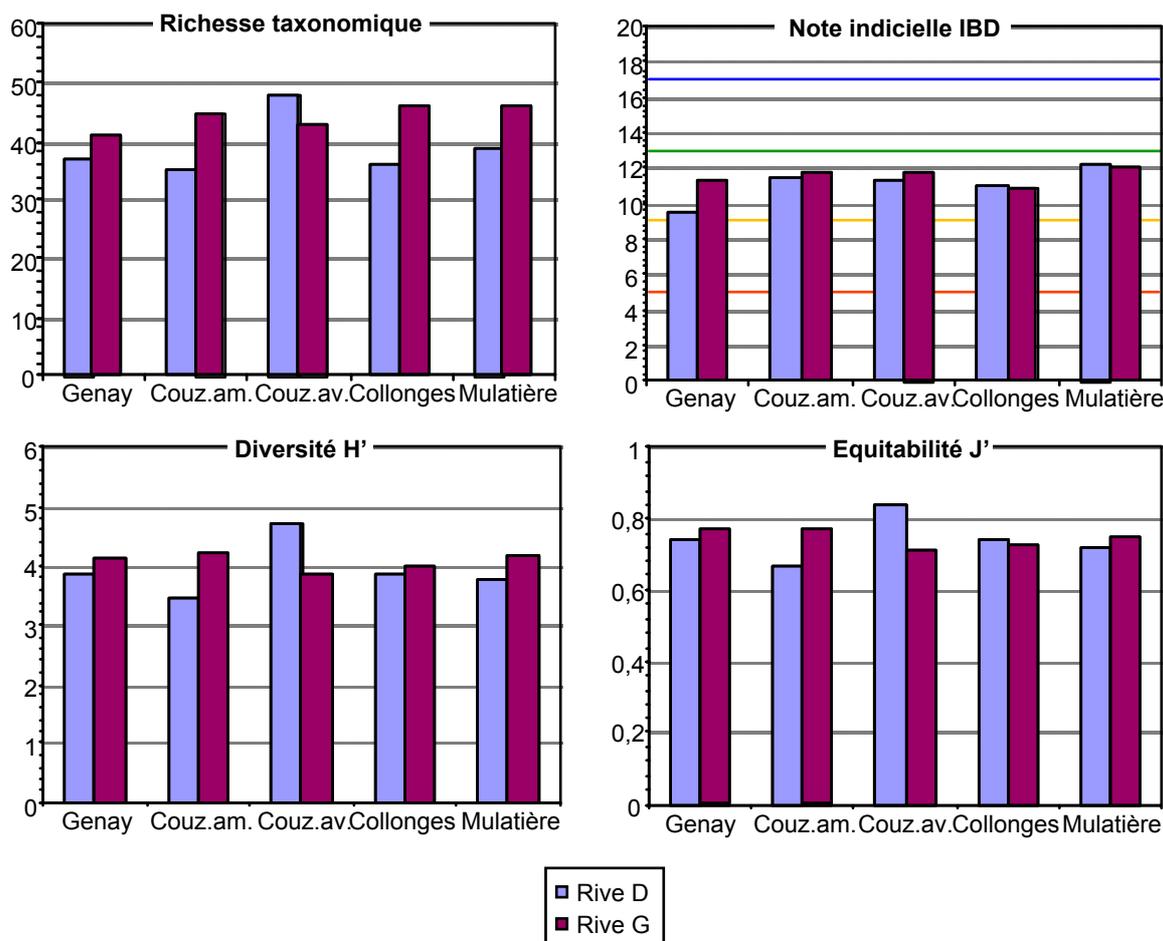


Figure 6.1. Evolution inter-stations de la richesse spécifique, de la note indicielle IBD et des indices de diversité et d'équitabilité des diatomées du périphyton.

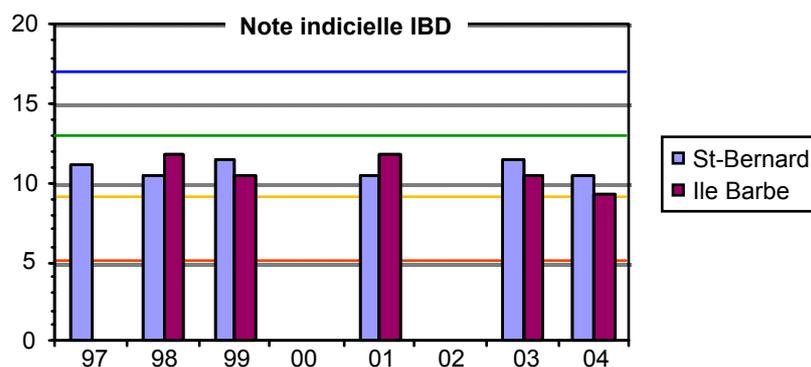


Figure 6.2. Evolution inter-annuelle de la note indicielle IBD aux deux stations de suivi RNB.

Par la suite, 8 espèces sont sub-dominantes (abondance comprise entre 2 et 5%), 5 autres espèces sont résidentes (abondance comprise entre 1 et 2%), et 11 espèces sub-résidentes (abondance < 1%) ont une abondance comprise entre 0,5 et 1%. 28 espèces, représentées par 1 à 2 individus, peuvent être considérées comme "accidentelles" sur le critère d'abondance.

La répartition de ces taxons dans les différents relevés, ainsi que leur **profil écologique** au sens de l'IBD (critères MOOX et salinité), sont représentés sur la figure 6.3. L'espèce dominante, *Achnanthes minutissima* (AMIN) est ainsi indicatrice d'une eau de bonne qualité et présente une

valeur saprobique (au sens de Leclercq *et al.*, 1996) caractéristique de l'oligosaprobie, c'est-à-dire qu'elle caractérise, en théorie, des eaux faiblement à modérément chargées en matière organique. Elle se rencontre donc essentiellement dans des milieux plutôt mésotrophes. Elle a pu être favorisée par l'épisode de hautes eaux qui s'est déroulé deux semaines auparavant (?). A l'opposé, *Nitzschia frustulum* (NIFR) indique une mauvaise qualité d'eau vis-à-vis des critères considérés, c'est un taxon à tendance polysaprobe, de milieu plutôt eutrophe. *Amphora pediculus* (APED) et *Navicula cryptotenella* (NCTE) se situent en position intermédiaire, caractérisant des eaux de moyenne qualité, tout en se classant parmi les taxons oligotrophes. D'un point de vue écologique, la basse Saône abrite donc des espèces diatomiques avec des profils et une sensibilité écologiques variés et étendus, avec aussi bien des espèces sensibles que des espèces plus tolérantes vis-à-vis des critères MOOX et salinité (i.e. lié à la conductivité).

Selon le critère d'**occurrence**, 10 taxons sont présents dans l'ensemble des relevés, 19 dans 75% d'entre eux et 31 dans plus de la moitié ("taxons constants"). 22 taxons sont considérés comme accessoires (fréquence comprise entre 25 et 50 % des relevés), les autres apparaissant de façon sporadique (< 25 % des relevés). 27 taxons sont présents dans 1 seul relevé. Les taxons les plus fréquents sont souvent les plus abondants, c'est en particulier le cas des taxons dominants cités précédemment. Les taxons d'occurrence 100% sont :

- *Achnanthes minutissima* Kutzing *v. minutissima* Kutzing (*Achnantheidium*) (AMIN) (pour mémoire, abondance = 21,6%)
- *Amphora pediculus* (Kutzing) Grunow (APED) (ab. = 14,7%)
- *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot (NCTE) (ab. = 9,9%)
- *Achnanthes delicatula* (Kutz.) Grun. *ssp. delicatula* Grunow in Cl. & Grun (ADEL) (ab. = 3,2%)
- *Nitzschia palea* (Kutzing) W. Smith (NPAL) (ab. = 2,4%)
- *Cocconeis placentula* Ehrenberg *var. euglypta* (Ehr.) Grunow (CPLE) (ab. = 2,1%)
- *Nitzschia dissipata* (Kutzing) Grunow *var. dissipata* (NDIS) (ab. = 2,0%)
- *Navicula tripunctata* (O.F.M.) Bory (NTPT) (ab. = 1,7%)
- *Gomphonema parvulum* Kutzing *var. parvulum f. parvulum* (GPAR) (ab. = 0,7%)

Le peuplement global est ainsi caractérisé par une trentaine de taxons relativement fréquents auxquels s'ajoute tout un cortège floristique plus ou moins localisé avec des taxons peu abondants voire accidentels.

## 6.4 - Répartition spatiale des espèces dominantes

Le tableau 6.III ci-dessous donne l'abondance relative et l'occurrence des principales espèces de diatomées. On remarque que sur l'ensemble des espèces dominantes sur la basse Saône, *Nitzschia frustulum* (NIFR), espèce plutôt indicatrice d'une mauvaise qualité d'eau vis-à-vis des critères MOOX et salinité (cf précédemment), n'a pas été rencontrée à Genay. A l'opposé, *Achnanthes minutissima* (AMIN), espèce plutôt indicatrice d'une bonne qualité d'eau, est dominante quelle que soit la station, à l'exception de Genay rive droite.

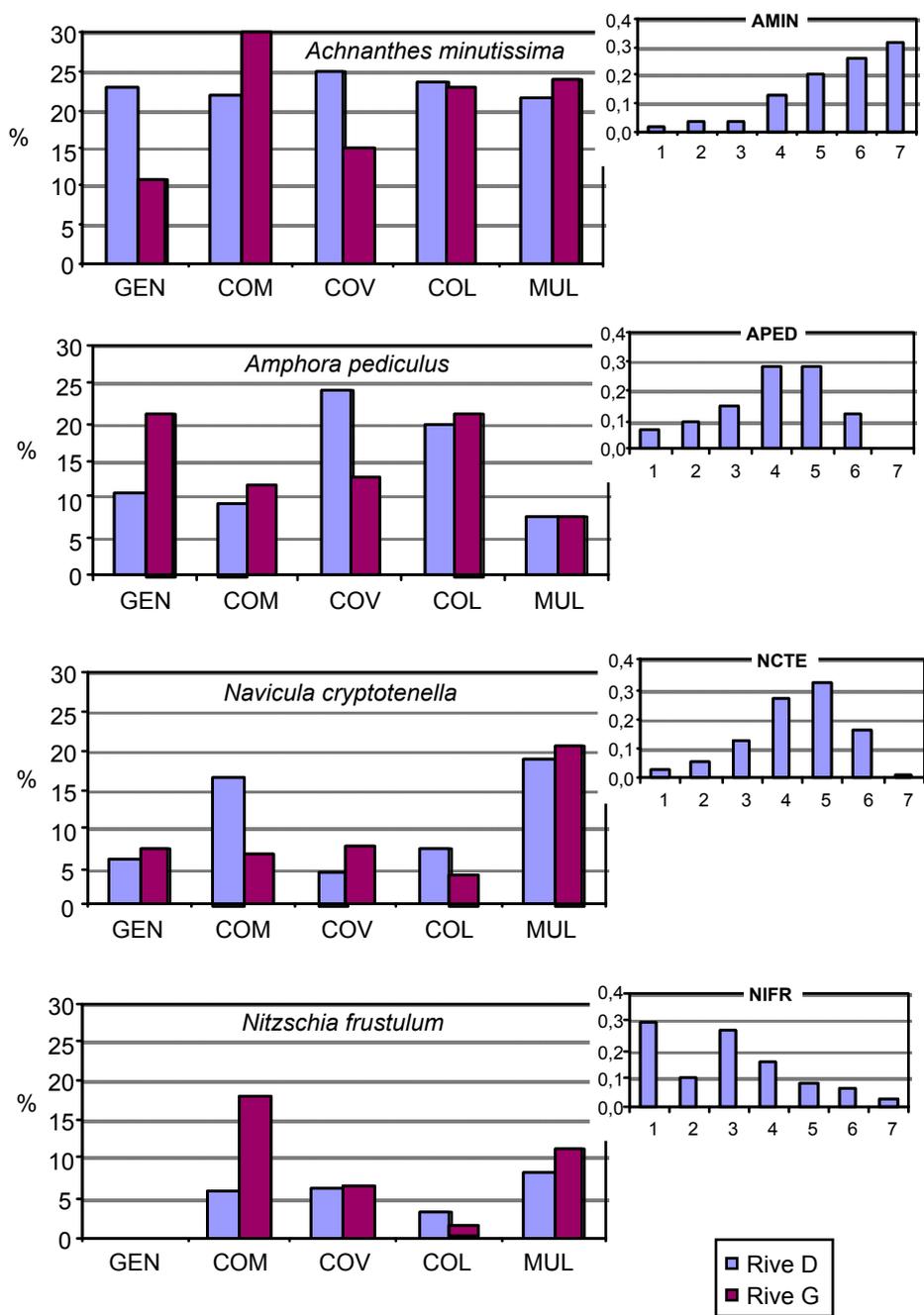


Figure 6.3. Répartition inter-stations des espèces dominantes (abondance totale  $\geq 5\%$ ), et indication de leur profil écologique au sens de l'IBD (classes de qualité croissante).

**Tableau 6.III.** Abondances relatives et occurrence des principales espèces de diatomées. En gras, les espèces dominantes ( $\geq 5\%$ ) à chaque station.

	Abond.	Occur.	Abondances relatives (%)									
	%	x/10	Gen-G	Gen-D	Com-G	Com-D	Cov-G	Cov-D	Col-G	Col-D	Mul-G	Mul-D
AMIN	<b>21,6</b>	<b>10</b>	<b>22,5</b>	<b>10,8</b>	<b>21,8</b>	<b>30,0</b>	<b>24,8</b>	<b>14,5</b>	<b>23,5</b>	<b>23,0</b>	<b>21,3</b>	<b>24,0</b>
APED	<b>14,7</b>	<b>10</b>	<b>10,8</b>	<b>21,0</b>	<b>9,5</b>	<b>11,8</b>	<b>24,3</b>	<b>12,8</b>	<b>19,8</b>	<b>21,3</b>	<b>7,8</b>	<b>7,8</b>
NCTE	<b>9,9</b>	<b>10</b>	<b>5,8</b>	<b>7,3</b>	<b>16,5</b>	<b>6,5</b>	4,3	7,5	<b>7,3</b>	4,0	<b>19,0</b>	<b>20,5</b>
NIFR	<b>6,1</b>	8			<b>6,0</b>	<b>18,0</b>	<b>6,5</b>	<b>6,8</b>	3,0	1,5	<b>8,0</b>	<b>11,3</b>
NAMP	3,8	7	<b>8,5</b>	<b>7,5</b>	<b>5,0</b>		0,5		<b>8,8</b>	<b>6,5</b>	0,8	
ADEL	3,2	<b>10</b>	<b>6,8</b>	0,3	4,0	3,0	<b>5,3</b>	1,5	2,8	3,3	3,0	2,3
RCUR	2,5	8	1,5	4,5	2,5	<b>8,3</b>	0,5		2,3	4,0	1,0	
NPAL	2,4	<b>10</b>	4,8	<b>9,0</b>	1,3	0,5	0,5	3,5	1,3	1,8	0,8	0,3
GLIG	2,3	8		<b>13,0</b>	0,8			1,5	1,8	4,3	1,0	0,5
ALIB	2,2	9	1,5		2,0	<b>5,0</b>	4,5	2,0	<b>5,0</b>	2,0	2,3	2,5
NINC	2,2	6	3,0	<b>5,5</b>		0,8	1,5		3,5	<b>7,8</b>		
CPLÉ	2,1	<b>10</b>	1,5	2,5	0,5	1,3	1,5	4,3	2,5	4,5	1,3	1,0
CPED	2,0	<b>10</b>	2,8	1,5	2,0	0,3	0,8	3,8	1,8	2,0	1,8	3,3
NDIS	2,0	<b>10</b>	1,3	1,0	3,0	1,0	3,0	2,8	2,3	0,8	3,5	1,3
CMEN	1,8	9		1,5	0,8	0,8	2,0	2,3	3,5	1,5	2,5	2,8
NTPT	1,7	<b>10</b>		1,3	2,0	1,8	2,3	1,5	0,5	0,8	3,3	
GACU	1,2	9	0,3		0,3	0,3	1,3	3,8	0,5	0,8	4,3	0,3

## 6.5 - Conclusions

Le peuplement de diatomées du périphyton de la basse Saône abrite une centaine de taxons et apparaît caractéristique d'un grand cours d'eau de plaine.

Si la richesse taxonomique distingue deux groupes de sites et que des différences existent entre les rives (i.e. les stations) d'un même site, la gamme des notes indicielles IBD unitaires est toutefois resserrée, comprise (à une exception) entre 11 et 12 unités, se situant ainsi en classe de qualité moyenne selon la grille du SEQ-Eau. La note par station s'échelonne de 9,5 pour la rive droite de Genay à 12,3 pour la rive droite de la Mulatière.

Quatre taxons sont dominants en terme d'abondance ( $\geq 5\%$ ). Ils se situent également parmi les plus fréquents et présentent des profils écologiques larges, globalement synonymes d'une qualité d'eau moyenne à bonne vis-à-vis des critères MOOX et salinité (conductivité), bien que l'un d'eux soit plutôt caractéristique de milieux eutrophes et à tendance polysaprobe.

L'ensemble de ces résultats (richesses taxonomiques, notes indicielles, espèces dominantes, profils écologiques) est ainsi en accord avec les caractéristiques physiques et chimiques de la basse Saône (grand cours d'eau de plaine, charge organique sensible).



## 7 - ETUDE DE L'ICHTYOFAUNE

### 7.1 - Protocole d'étude

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle des **échantillons ponctuels d'abondance** (EPA) (Nelva *et al.*, 1979 ; Persat & Olivier, 1991). A chaque point d'échantillonnage, les poissons sont identifiés, mesurés et remis à l'eau. Les caractéristiques physiques de l'habitat sont enregistrées sous forme de variables qualitatives.

Cette méthode est basée sur une étude comparative des échantillons et non sur des estimations de densités rapportées à la surface totale du milieu. Elle permet de mesurer les variations spatio-temporelles au sein du peuplement de poissons. Elle est particulièrement bien adaptée à l'étude des milieux ouverts et de grandes dimensions.

Une pêche est constituée d'un ensemble de **25 points d'échantillonnage** réalisés dans une station sur une rive donnée à une date donnée. Chaque point d'échantillonnage est effectué à bonne distance du précédent pour éviter le dérangement dû à la pêche. De fait, les points d'échantillonnage sont répartis sur un tronçon (station) d'environ 2 km. Le matériel utilisé est un générateur-transformateur de marque EFKO (modèle FEG 8000) qui délivre un courant continu dont l'intensité varie entre 3 et 5 ampères pour une tension variant entre 300 et 600 volts. Les pêches sont réalisées en bateau.

Les données recueillies sont comparées à celles effectuées annuellement depuis plus de 10 ans sur la Basse Saône par l'Université Lyon 1 dans le cadre du **suivi patrimonial** des populations piscicoles du Rhône et de la Saône (Persat *et al.*, 2001). Parmi les stations échantillonnées dans ce dernier cadre, la station de Collonges-l'Île Barbe (équivalent à la station 4) est intégrée à la présente étude.

Appliquée en fin de belle saison, la méthode a l'avantage de permettre une évaluation intéressante de la réussite de la reproduction des différentes espèces car elle privilégie les zones rivulaires et les poissons de petites tailles. Cela permet donc d'excellentes comparaisons d'une année sur l'autre, ou d'une station à l'autre, en intégrant ou en faisant abstraction de l'effet habitat.

### 7.2 - Résultats

#### 7.2.1 : Campagne 2006

Les pêches ont été effectuées plus tardivement qu'escompté en raison des délais d'instruction de ce projet. Nous avons opéré du 9 au 16 octobre, en descente de crue (cf Fig. 2.3), conditions hydrauliques non optimales, mais en bénéficiant heureusement d'un temps exceptionnellement chaud pour la saison, ce qui a évité de travailler en eaux froides, peu propices à l'efficacité de la pêche électrique.

Lors de cette campagne **22 espèces** ont été capturées, dont une observée pour la première fois dans le bassin rhodanien, l'ide mélanotte (*Leuciscus idus*), soit de 10 à 17 espèces selon les stations, ce qui reste correct pour un effort de pêche de ce type. La figure 7.1 donne un aperçu des abondances relatives des différentes espèces dans chaque station. Globalement, le peuplement de la Saône apparaît légèrement plus riche en amont du barrage de Couzon, ce qui correspond aux secteurs où les berges, moins artificialisées, offrent la plus grande diversité d'habitats.

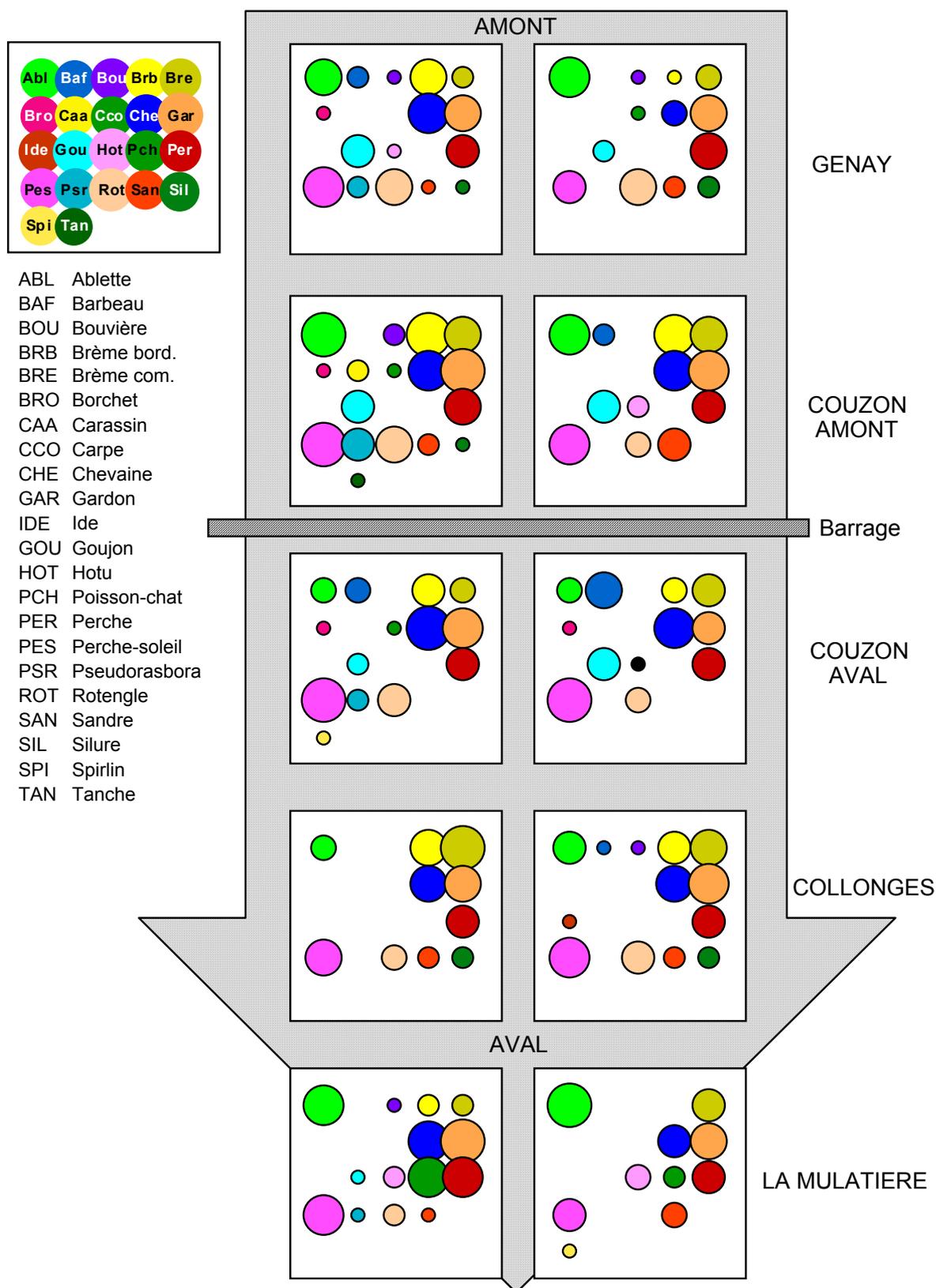
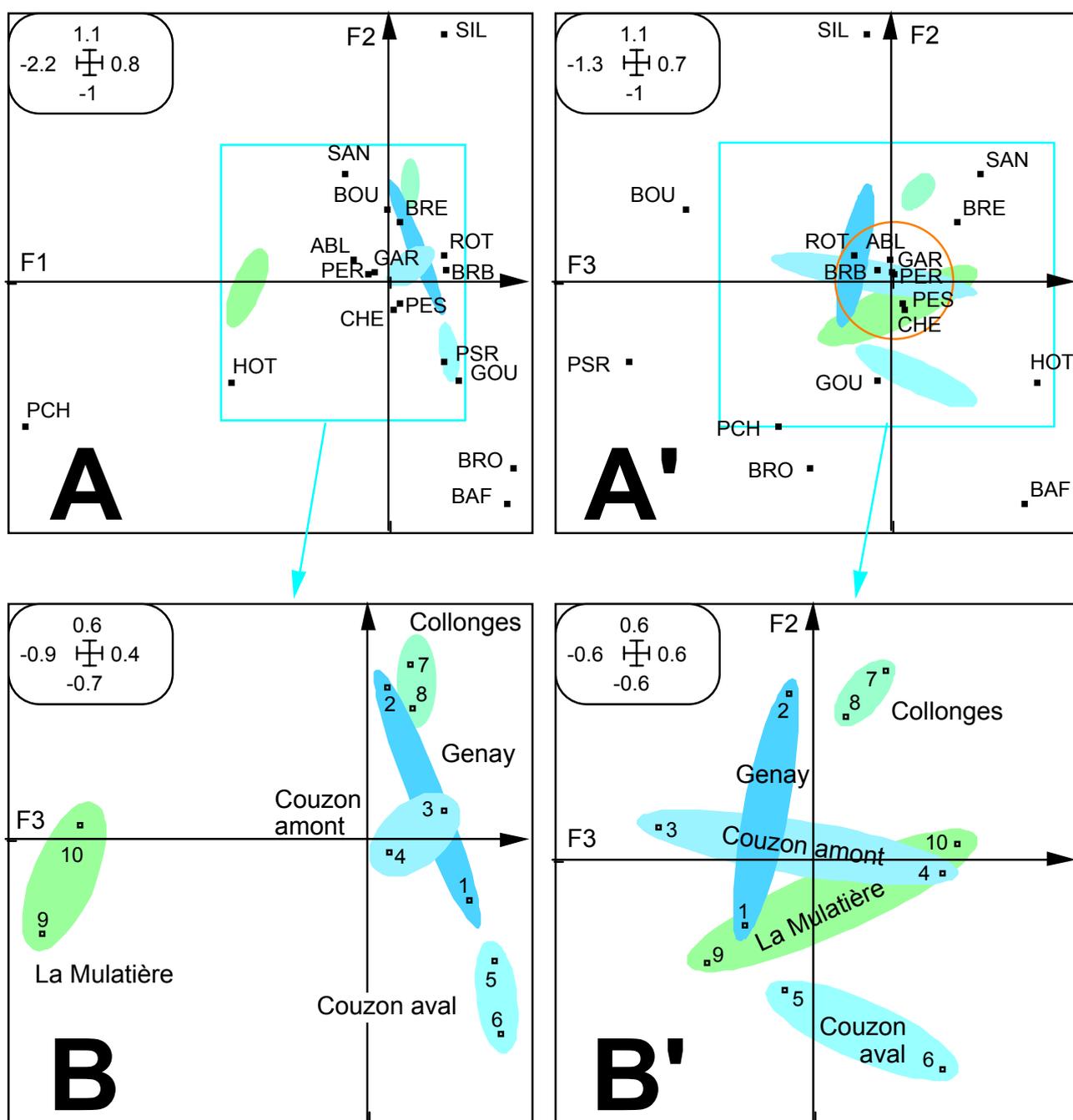


Figure 7.1. La faune piscicole de la Saône dans les cinq sites de la Courly : abondances relatives (en classes d'abondance d'ordre 2) de l'amont vers l'aval, en rive droite et rive gauche.



**Figure 7.2.** Analyses factorielles des correspondances sur les effectifs en classes d'abondance des 17 espèces les plus communes dans 10 stations (rives droites et gauches des 5 sites).

A et A' Plans factoriels F1 X F2 et F3 X F2 des espèces, avec en incrustation à la même échelle les plans correspondants des relevés. B et B' Plans factoriels des relevés regroupés par sites (ellipses).

L'interprétation de ces résultats est grandement facilitée par l'emploi de **l'analyse factorielle des correspondances** (AFC) qui permet de synthétiser l'information contenue dans ces données. L'AFC globale permet de voir les principales structurations, tandis que les AFC inter-sites et inter-stations permettent d'apprécier les contributions relatives de ces deux composantes sur la variabilité générale. Cette approche requiert de retirer des données les espèces rares dont la présence est peu significative car plutôt de l'ordre du hasard. Pour traiter les données nous n'avons donc conservé que 17 espèces. Le tableau ci-après résume l'information disponible.

Tableau 7.I - Résultats des analyses multidimensionnelles du tableau 17 espèces par 10 pêches.

Analyses	AFC simple	Inter-Sites	Inter-Rives
Inerties générale et spécifiques	0,349	0,245	0,038
% de l'inertie expliquée	100 %	70,2 %	10,8 %

Plus des deux tiers des différences dans le contenu faunistique des différentes pêches s'expliquent par l'effet sites, qui en l'occurrence se trouve conjugué ici avec l'effet date. Toutes les pêches ayant été effectuées dans un court laps de temps, l'effet date se réduit en principe au seul effet débit, que l'on ne saurait toutefois négliger étant donné que l'on a dû opérer sur une fin de crue. C'est pourquoi, les jours où les débits étaient le plus fort (les 9 et 10 octobre), nous avons pris soin de pêcher les deux stations dont les niveaux sont directement contrôlés par les barrages (amont de Couzon, et la Mulatière), ce qui nous a en fait permis d'opérer avec des niveaux inférieurs de près de 50 cm à la normale, les barrages étant largement ouverts pour laisser passer le flot.

L'effet rives apparaît quant à lui tout à fait anecdotique : il n'y a pas d'opposition systématique rive droite/rive gauche à l'échelle de la Saône lyonnaise, ce qui n'exclut pas des différences locales à l'échelle des stations.

Les graphes factoriels élaborés à partir des trois axes structurants principaux extraits par l'AFC nous permettent d'explicitier ces résultats (Figure 7.2). Dans ce genre d'analyse, les espèces les plus communes, où les relevés les plus ordinaires, se situent au centre des graphes, tandis que tout ce qui s'écarte plus ou moins de la norme se trouve rejeté plus ou moins en périphérie.

Le premier axe factoriel de l'analyse (F1) apparaît essentiellement déterminé par le poisson-chat, et secondairement le Hotu (Fig. 7.2 A) que l'on ne trouve guère qu'à La Mulatière, ce qui discrimine fortement cette station sur le même axe (Fig. 7.2 A). Le second axe factoriel (F2) discrimine d'un côté quelques espèces d'eau vive (barbeau, goujon) mais aussi le brochet et le pseudorasbora, plus présents en aval de Couzon ou en rive droite à Genay, et de l'autre essentiellement le silure, pour sa fréquence à Collonges et en rive gauche à Genay. Le troisième axe factoriel (Fig. 7.2 A') oppose les sandres, hotus, brèmes et barbeaux aux bouvières, pseudorasbora, brochets et encore poissons-chats de l'autre. Le graphe F3 X F2 (Fig. 7.2 A') résume en fait mieux la structure faunistique de la Saône, puisque le fond faunistique dominant et commun à toutes les stations se retrouve bien au centre du graphe (cercle orange) : en octobre 2006 l'ichtyofaune de la Saône lyonnaise était constituée essentiellement d'ablettes, gardons, perches, brèmes bordelières, rotengles, perches-soleil et chevaines. Tout ce qui s'en écarte traduit des différences locales. En l'occurrence, l'axe 3 traduit surtout des oppositions rives droites rives gauches dans les deux stations de Couzon, et à la Mulatière. Pour cette dernière, cela n'a rien d'étonnant vu le caractère hyper artificiel de la rive gauche occupée en grande partie par le Port Rambaud, et pour Couzon aval cela résulte sans doute aussi d'un habitat très différent entre les rives, abrupte et enrochée en rive droite, beaucoup plus plate et naturelle en rive gauche. Pour Couzon amont, la différence semble résulter essentiellement de la présence d'espèces peu fréquentes, la bouvière et le pseudorasbora, uniquement en rive droite. Les autres espèces ne faisant pas montre de préférences dans cette station, le contraste observé n'est probablement pas significatif.

### 7.2.2 : L'année 2006 au sein de la décennie 1998-2007

Cette analyse porte sur les données récoltées de 1998 à 2007 dans les stations de Fareins (amont Villefranche) et de Collonges, ce qui nous permet d'apprécier si l'année 2006 sort ou non de la normale, compte tenu de l'hydraulicité particulière qui l'a affectée, et des conditions de pêche juste sur une descente de crue. Les résultats sont consignés dans le tableau 7.II.

Tableau 7.II - Résultats des pêches effectuées sur les stations de Fareins et Collonges-l'île Barbe de 1998 à 2007.

		ABL	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAG	CCO	CHE	GAR	GOU	GRE	HOT	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	TAN
1998	Fareins	45			24	2				40	26	6				9	12		22			
	Collonges	2								35	49	4				3	4	1	1	4	2	11
1999	Fareins	181			22		1			47	8	21				2	21	13	21			2
	Collonges	329		1	9					41		5				1	13	9	4			8
2000	Fareins	65		1	23	1				31	22	8	2			22	3	1	66			1
	Collonges	61		2	7	1			2	36	40	4			6	2	11	1	6	2	4	5
2001	Fareins	116		2	8	5		1		123	31	1	3			30	12	1	6	1	1	1
	Collonges	246		3	190			1	2	124	52	45				16	1		29			9
2002	Fareins	25			19					44	48	60	1			26	6		35			1
	Collonges	86			48	2	1			8	94	37	29		5	2	18	5	17	5	6	57
2003	Fareins	34	1		78	25				12	35	926	12	1	1	22	89	3	55	2	2	3
	Collonges	52	1		87	1		10	5	118	523	77				4	329	19	115	1	3	27
2004	Fareins	15			11	12		1	2	36	198	4		2	21	26	5	1	11			1
	Collonges	7	2	1		7		7	1	22	335	9				30	28		4	2		4
2005	Fareins	99		3	82	3	2	1		41	41	2			2	7	9	16	95			1
	Collonges		7		5			1		18	74	8			36		9	1	1	3		4
2006	Fareins	145		1	4	21				45	75	3		1	10	29	27	2	22			1
	Collonges	17	1	1	43	104				39	73					23	78		14	5		4
2007	Fareins	3				2				9	27	4			5	23	1	1	6	1		3
	Collonges	33	2			1				10	19	6	3	1		10			1	1		1
TOTAL		1561	14	15	660	187	4	22	32	988	2604	308	10	4	86	287	676	74	531	27	42	125

L'analyse factorielle des correspondances permet là encore de synthétiser l'information utile (fig.7.3).

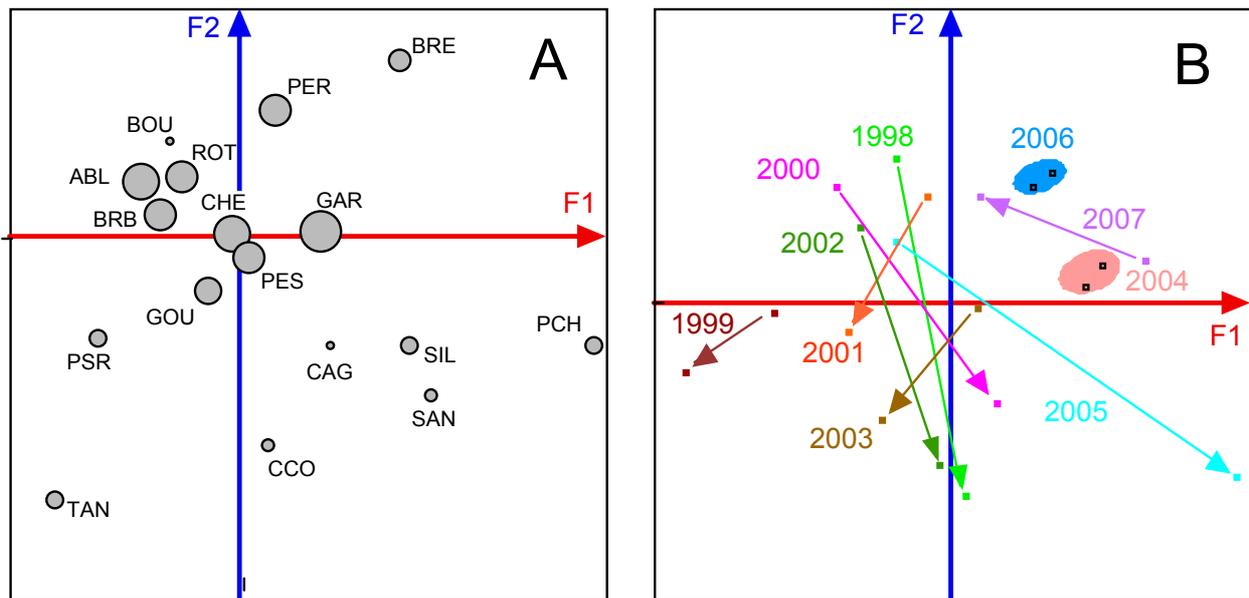


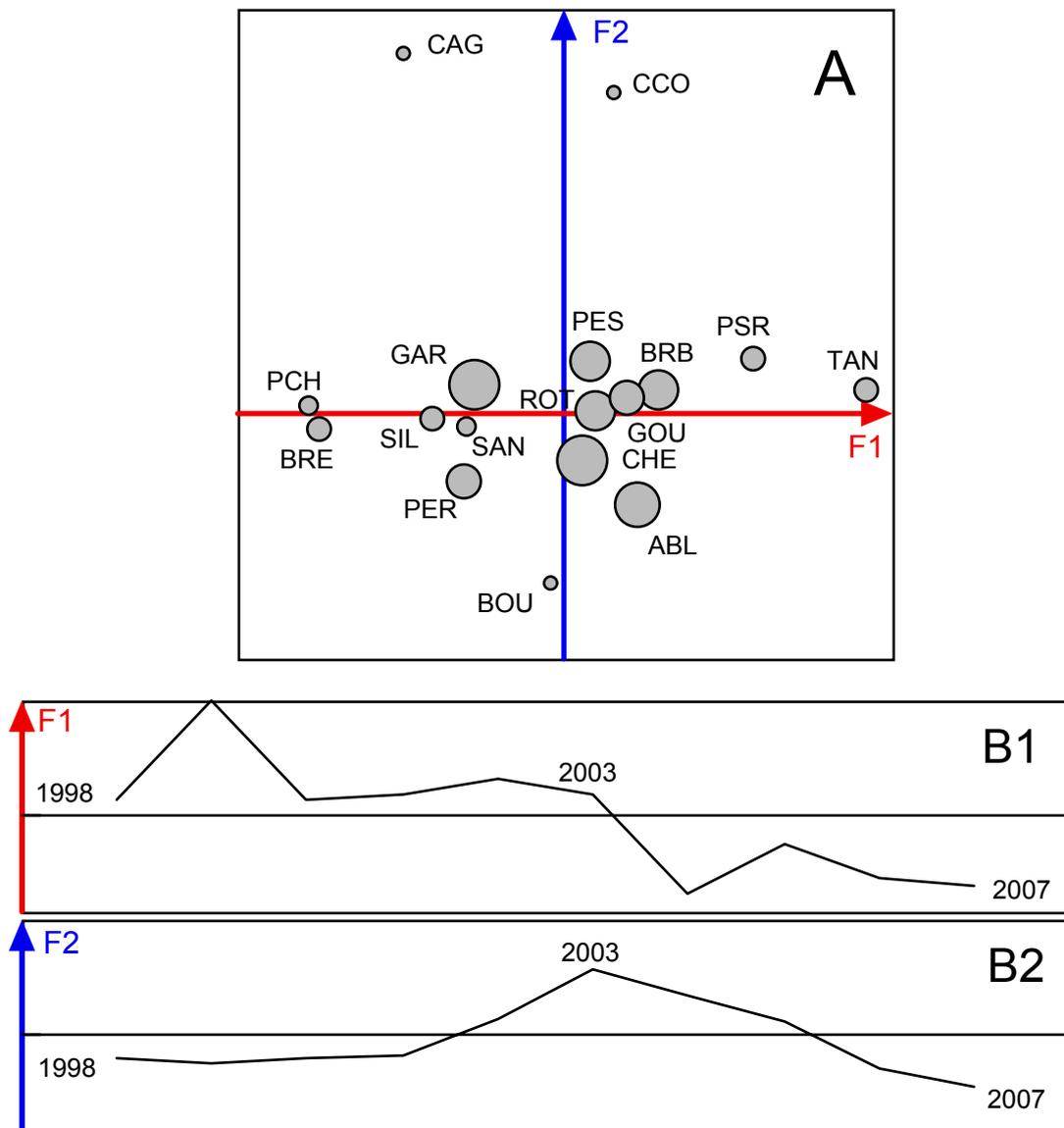
Figure 7.3 : Analyse Factorielle des Correspondances sur le contenu faunistique des stations de Fareins et Collonges-l'île Barbe de 1998 à 2007 : A - Contribution des espèces sur le plan factoriel F1x F2 de l'analyse, la taille des cercles indiquant leurs abondances relative (en log). B - Position des relevés sur ces mêmes axes : l'origine des flèches correspond à la station amont (Fareins) et l'extrémité à la station aval (Collonges-l'île Barbe).

Le cheveine et la perche-soleil, en tant qu'espèces se récoltant le plus régulièrement dans toutes les pêches sur la Saône se trouvent naturellement au centre de l'analyse (fig. 7.3 A), tandis que les espèces dont les distributions spatiales ou temporelles sont les plus irrégulières se retrouvent en périphérie. Il s'agit souvent d'espèces rares, et il convient donc de s'intéresser d'abord au comportement des espèces abondantes. Ainsi le premier axe de l'analyse est essentiellement déterminé par une opposition entre gardon et ablette qu'accompagnent respectivement le poisson-

chat, la brème commune, le silure et le sandre d'une part, la tanche, le pseudorasbora, la brème bordelière et le rotengle d'autre part.

Le deuxième axe de l'analyse oppose la brème commune et la perche d'un côté au goujon et à un cortège d'espèces rares (tanche, carpe, carassin, sandre silure et poisson-chat) de l'autre.

Le report des relevés sur le même plan factoriel (fig. 7.3 B) permet de voir que l'axe 1 correspond à une opposition entre les années 1998-2003 et les suivantes, tandis que l'axe 2 correspond surtout à un antagonisme entre les stations amont (Fareins) et aval (Collonges).



**Figure 7.4** : Analyse Factorielle des Correspondances inter-années: A - Contribution des espèces sur le plan factoriel F1xF2 de l'analyse, la taille des cercles indiquant leurs abondances relative (en log). B1 et B2 - Evolution temporelle de la position des relevés sur ces mêmes axes.

Tableau 7.III - Résultats des analyses multidimensionnelles du tableau 17 espèces par 20 pêches (10 années sur les stations de Fareins et Collonges-l'île Barbe).

Analyses	AFC simple	Inter-Années	Inter-Stations
Inerties générale et spécifiques	0,398	0,211	0,044
% de l'inertie expliquée	100 %	53,0 %	11,1 %

Les analyses inter-années et inter-stations permettent d'apprécier les contributions relatives des composantes temporelles et spatiales (tab. 7.III). L'effet station apparaît 5 fois moins important que l'effet année (11,1 contre 53).

Les résultats de l'analyse inter-années sont représentés dans la figure 7.4. Le gros du peuplement se répartit le long de l'axe 1 tandis que l'axe 2 oppose quelles espèces rares (carassin et carpe) à des espèces plus communes (ablette, perche) et une autre espèce rare, la bouvière.

La représentation de la position des relevés sur l'axe du temps illustre clairement l'évolution marquée entre avant et après 2003 (axe 1) et souligne la particularité de l'année 2003 sur l'axe 2.

Jusqu'en 2003, les ablettes, brèmes bordelières et goujons sont abondants, alors qu'ensuite on trouve surtout des gardons et des perches, alors que les tanches disparaissent et que les poissons-chats réapparaissent. Quant à l'année 2003, si elle a été favorable à la plupart des espèces (tab. 7.II), elle a surtout permis la reproduction des carassins et des carpes dans le chenal de la Saône. Ces espèces thermophiles ne se reproduisent généralement que dans les annexes abritées du courant où l'eau se réchauffe suffisamment, et en conséquence on ne trouve que rarement leur jeunes dans le chenal, tandis que les adultes y sont rarement accessibles à la pêche électrique car ils sont très méfiants et se tiennent en profondeur.

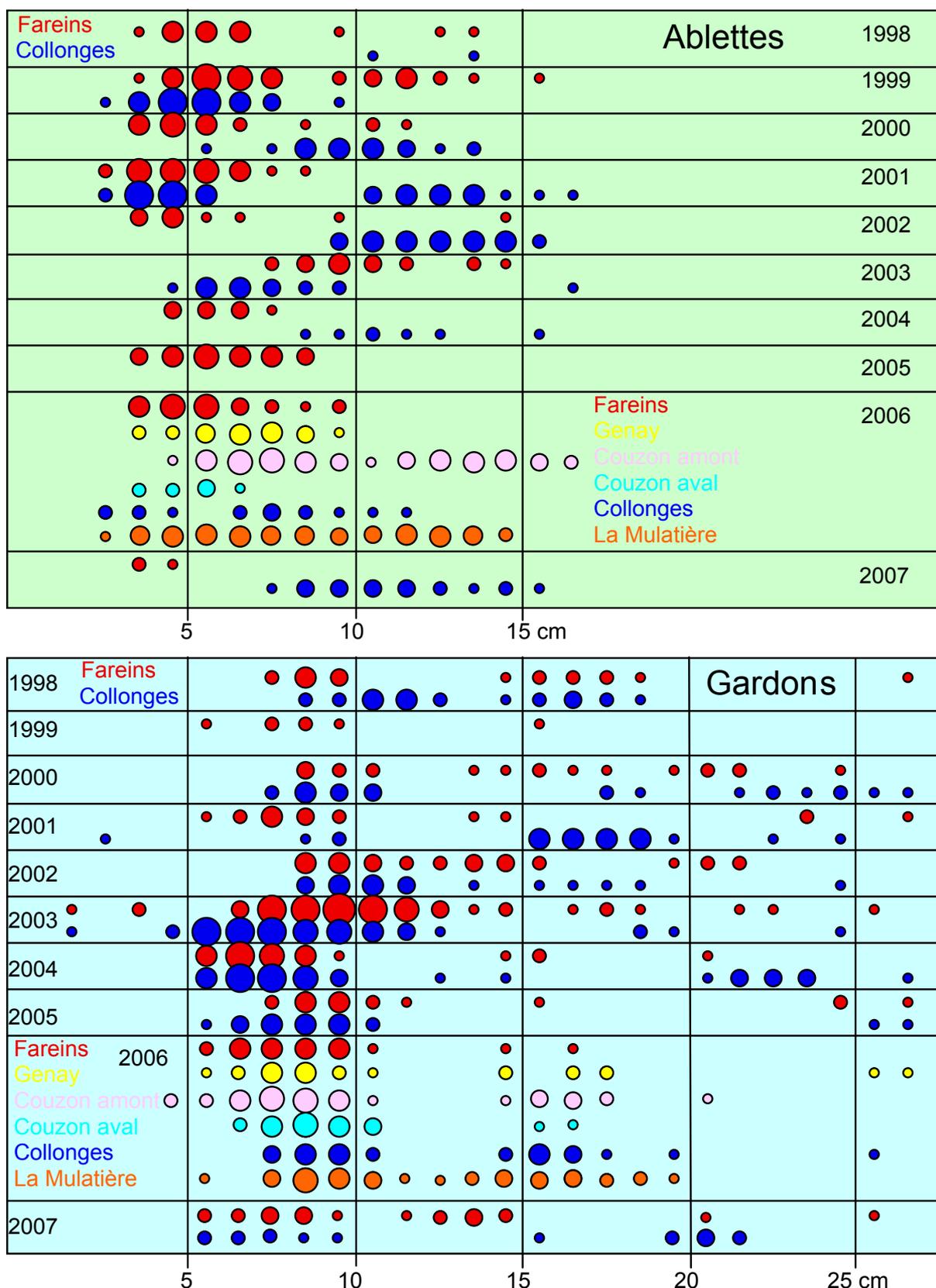
### 7.2.3 : Dynamiques comparées des ablettes et gardons

Les trois espèces dominantes dans nos relevés sont le gardon, l'ablette et le chevine. Si la dernière montre peu de variations d'une année sur l'autre ou d'un secteur à l'autre, les deux premières voient leurs effectifs fluctuer beaucoup plus. Il était donc intéressant de voir à quoi cela pouvait correspondre en examinant plus en détail les structures en classes de tailles observées.

L'aspect général de la figure 7.5 montre que l'on tend à avoir un peu plus d'ablettes en début de chronique tandis que les gardons dominent à partir de 2003. Globalement on distingue deux ensembles de tailles autour de 5 et 10 cm chez l'ablette et qui correspondent respectivement aux individus d'un et deux étés. Chez le gardon, on en perçoit trois autour de 8-10 cm, 13-18cm et 20-27 cm (1, 2 et 3 étés). Les modes sont cependant variables selon les années, mais aussi selon les stations. Certaines années, certaines classes d'âge peuvent même ne pas apparaître dans une station alors qu'elles abondent dans l'autre.

Chez l'ablette on n'a même pratiquement jamais la même image entre les stations la même année. Les juvéniles d'un été sont régulièrement observés à Fareins alors qu'ils manquent très souvent à Collonges. Même quand une classe d'âge n'est pas absente d'un côté, les tailles diffèrent souvent entre les stations. Avec 6 stations prospectées en 2006, le cas de l'ablette est bien cerné. La taille moyenne des juvéniles passe de 5 à 7 cm entre Fareins et l'amont du barrage de Couzon, puis retombe à 5cm en aval de Couzon. A Collonges, l'image devient paradoxale car l'on se retrouve avec 2 groupes de taille (3-4 cm et 7-8cm) sans que l'on puisse affirmer qu'il s'agit de deux classes d'âge différentes (a priori les poissons de deux étés devraient être dans la gamme 12-14 cm ainsi qu'ils apparaissent dans le relevé de Couzon amont). L'ablette étant capable de faire des pontes multiples, les deux groupes de taille pourraient correspondre à deux périodes de fraie bien espacées dans le temps. L'hypothèse alternative serait que les poissons de 7-8 cm seraient bien des individus de deux étés, mais à croissance très lente ainsi que l'indiquerait la petite taille de ceux de un été (3-4cm). La station de Collonges serait alors un milieu très peu propice aux jeunes ablettes. A la Mulatière, la structure de la population devient très homogène vraisemblablement par mélange de poissons en provenance du Rhône.

Le gardon présente des structures démographiques nettement plus stables, même si on y retrouve certaines tendances comme des croissances différentielles, ou l'absence de certaines classes d'âge certaines années. La série de relevés 2006 est beaucoup plus cohérente, et les tailles des classes d'âge sont à peu près équivalente entre les stations même si elles tendent à être légèrement plus faibles sur l'amont. L'année 2003 se caractérise par une abondance exceptionnelle de juvéniles dans une large gamme de taille, mais celle-ci apparaît plus faible à Collonges qu'à Fareins.



**Figure 7.5 :** Evolution des structures en classes de taille des ablettes et gardons dans les stations de Fareins et Collonges de 1998 à 2007 et les quatre stations additionnelles prospectées en 2006 (taille des cercles proportionnelle aux effectifs en classes d'abondance (log base 2) pour chaque classe de taille centimétrique).

L'année suivante est également une bonne année pour la reproduction du gardon, et cette fois-ci sans distinction de croissance entre Fareins et Collonges.

### **7.3 - Conclusions**

La campagne d'octobre 2006 nous permet de conclure que la faune piscicole de la Saône est relativement homogène le long de son parcours lyonnais, avec toutefois un certain appauvrissement en aval du barrage de Couzon, et de profonds changements après son parcours urbain lorsque l'on s'approche de la confluence avec le Rhône. En l'occurrence, il est vraisemblable que la faune locale dépende beaucoup de remontées en provenance de ce dernier, et que l'abondance du poisson-chat y soit en relation avec des rejets urbains diffus, soit par l'intermédiaire du réseau pluvial, soit directement depuis les quais.

Le peuplement est principalement sous la dépendance des variations inter-annuelles, essentiellement liées à l'hydrologie. On note toutefois une évolution assez marquée sur la dernière décennie, avec l'année 2003 comme transition. Cette évolution concerne plus précisément l'ablette dont un suivi démographique approfondi pourrait apporter des informations plus précises.

Malgré ces grosses variations inter-annuelles, on note des différences faunistiques entre les stations au sein de l'agglomération que l'on peut rapporter à un habitat contrasté. Ce contraste est plus longitudinal que transversal puisqu'il y a relativement peu de différences entre les rives, même quand leur physionomie est assez différente. Genay est représentatif de la Saône de plaine. Couzon est sous l'influence de la retenue du même nom, et en aval de la zone industrielle de Genay. Couzon aval et Collonges correspondent à une Saône étroite et courante, et La Mulatière est à l'aval du centre ville et sous l'influence du barrage de Pierre-Bénite et des échanges avec le Rhône.



## 8 - ETUDE DE LA CONTAMINATION DES POISSONS

### 8.1 - Problématique

Les **biomarqueurs de génotoxicité**, du fait du rôle central de l'ADN, support biochimique de l'hérédité et cible potentielle de nombreux contaminants d'origine anthropique, peuvent être considérés comme des **marqueurs précoces d'exposition**. Ils présentent un intérêt original au sein des différents biomarqueurs, du fait de la pérennisation possible du message toxique suite à l'exposition à des polluants majeurs de l'environnement comme par exemple les pesticides, les hydrocarbures et les métaux lourds. Il est admis qu'une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans les interactions des xénobiotiques avec le matériel génétique des organismes pourrait aider à définir les modifications plus complexes observables au niveau de l'écosystème. C'est dans l'optique de l'étude de biomarqueurs de phénomènes génotoxiques exprimés au niveau de la structure même de l'ADN, que nous avons effectué des mesures de cassures de brins d'ADN de différents types cellulaires, de délétions de bases et d'apparition de sites alcalilabiles qui représentent des lésions à forte probabilité d'apparition après exposition des organismes à des polluants majeurs de l'environnement, qu'ils soient mutagènes ou pas.

### 8.2 - Objectif

L'objectif est d'évaluer la **réponse génotoxique par rapport à la contamination** à laquelle sont soumis les poissons de la Saône au cours de son parcours lyonnais. L'espèce témoin est le **chevaine** (*Leuciscus cephalus*), sélectionné de longue date pour sa biologie très représentative et sa bonne disponibilité dans la plupart des cours d'eau. Il s'agit d'examiner les marqueurs de génotoxicité développés par les organismes, et de mettre en relation les niveaux observés avec les concentration en micro-polluants dans leurs tissus, et dans l'environnement tel qu'on pourra le percevoir à travers les analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments.

### 8.3 - Méthodologie

Les poissons étant des organismes très mobiles, seulement **trois stations** ont été retenues : Genay (amont Grand Lyon), aval Couzon (station intermédiaire), et la Mulatière (exutoire du système).

Des **échantillons de 30 chevaines** ont été collectés à chacune des trois stations lors des pêches électriques d'étude des peuplements piscicoles au mois d'octobre. Les poissons ont été mesurés et pesés et leur sang périphérique prélevé par ponction caudale. Des échantillons de muscle et de foie ont été prélevés sur chaque individu et poolés par station.

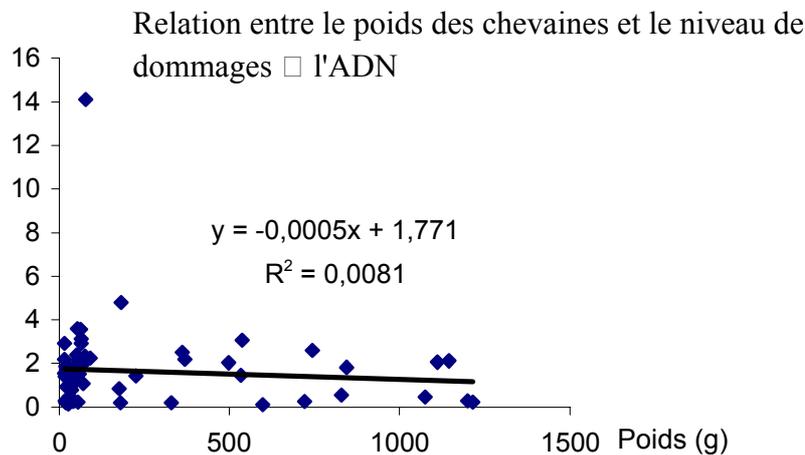
De retour au laboratoire, les échantillons sanguins ont été dilués dans un tampon de cryopréservation (tampon citrate pH 7,6) congelés dans l'azote liquide et stockés à  $-80^{\circ}\text{C}$ . L'**analyse des dommages à l'ADN** par la technique de l'essai des comètes en conditions alcalines a ensuite été réalisée sur la fraction érythrocytaire sanguine. Ce test est capable de mettre en évidence différentes sortes de dommages à l'ADN, à l'origine de cassures simple et double brins. Brièvement, les cellules incluses dans un gel d'agarose sont placées sur une lame de microscope et lysées pour éliminer le matériel extra nucléaire. L'ADN nu est ensuite soumis à un champ électrique en alcalines (pH >13). Les fragments d'ADN vont migrer de la cathode vers l'anode,

proportionnellement à leur taille. Après marquage au bromure d'éthidium les noyaux des cellules sont visibles sous microscope à épi fluorescence ; on distingue essentiellement deux types de figures, les noyaux ayant la forme d'une sphère, pour lesquels l'ADN est intègre, et des figures en forme de comètes, pour lesquelles l'ADN a été endommagé. Les petits fragments ayant migré plus vite forment la queue de la comète alors que les plus gros forment la tête. La quantification des dommages est réalisée par analyse d'images informatisée.

En support à ces analyses biologiques, des **analyses chimiques** de contaminants particulièrement impactants (métaux lourds chrome, cadmium et plomb ; PCBs) ont été réalisées sur les pools de foie, de muscle et de poisson entier. Elles ont été confiées au LDA 26 à Valence. Ces trois supports analytiques différents correspondent à des questions différentes : réponse écotoxique classique avec la mesure *in toto* sur poissons entiers, organe cible important pour le métabolisme avec le foie, problème sanitaire vis-à-vis du consommateur avec le muscle.

## 8.4 - Résultats

L'analyse de l'impact génotoxique global chez le poisson au niveau de chacune des stations investiguées dans le cadre de cette étude a été réalisée en mesurant le niveau d'endommagement de l'ADN nucléaire des globules rouges de chevaines échantillonnées sur ces sites. Les échantillons de chevaines analysés (N=30) à chaque station présentaient une variabilité de poids importante (compris entre 20 et 1300 g environ). La figure 8.1 montre l'**absence de relation existant entre le niveau d'endommagement de l'ADN et le poids des individus**. Ce résultat confirme ceux obtenus chez le chevin dans le cadre d'autres études sur le Rhône et la Moselle pour lesquels aucun lien entre l'âge des individus (corrélé au poids chez un organisme à croissance continue comme le poisson) et le niveau d'intégrité de l'ADN n'avait été mis en évidence.

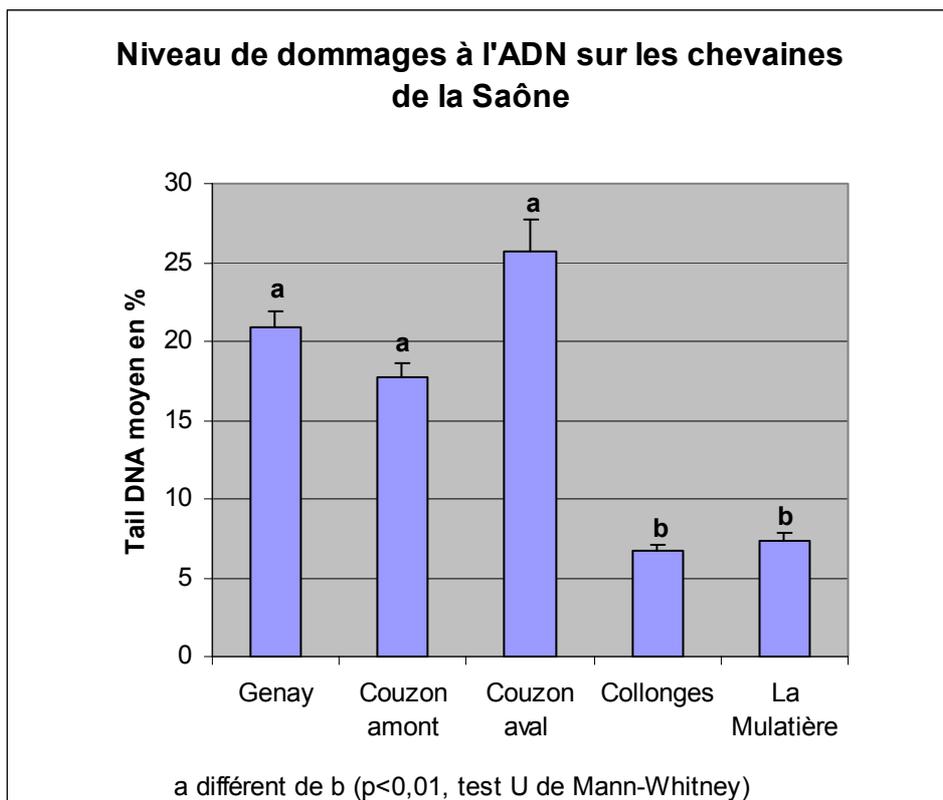


**Figure 8.1.** Relation entre le poids des chevaines et le niveau de dommages à l'ADN.

Ceci nous a permis d'analyser le niveau de génotoxicité à chaque station sans tenir compte du poids des individus. La figure 8.2 suivante illustre les résultats obtenus exprimés en valeur de tail moment pour chacune des stations (le tail moment est un paramètre descripteur de l'effet génotoxique qui correspond au produit de la longueur de la queue de la comète par la quantité d'ADN dans cette queue et qui est proportionnel au nombre de cassures de brins d'ADN suite à l'action du polluant). Initialement, cette analyse ne devait porter que sur trois stations, les deux extrêmes et celle du

milieu (Couzon aval). Toutefois, l'observation d'un contraste tout à fait inattendu entre Couzon aval et la Mulatière nous a conduit à traiter les deux autres stations intermédiaires pour bien s'assurer de la véracité de la tendance.

Il faut tout d'abord souligner que les valeurs de *tail moment* sont globalement faibles comparées à celles mesurées chez le cheveine dans d'autres hydrosystèmes contaminés du bassin du Rhône ou de la Moselle et attestent ainsi d'une pression génotoxique modérée (Devaux et al., 1998 ; Larno et al., 2001 ; Flammarion et al., 2002). Les résultats de la présente étude attestent ainsi d'une **pression génotoxique modérée**, ce qui est en accord avec les mesures de génotoxicité réalisées sur le cheveine lors d'une précédente étude sur la Saône aux stations d'Uchizy, Fareins et Collonges (Persat et al., 2002).



**Figure 8.2.** Niveau de dommages à l'ADN mesuré dans les érythrocytes de cheveine. a différent de b ( $p < 0.01$ , test U de Mann-Whitney)

Les dommages à l'ADN érythrocytaire sont significativement plus élevés dans les trois stations de l'amont. Ce résultat infirme donc l'hypothèse d'un éventuel gradient de toxicité croissante dans la Saône au cours de son périple urbain. La recherche de contaminants chimiques au niveau des tissus de chevaines, que ce soit au niveau des micropolluants métalliques tels que le cadmium, le chrome et le plomb ou des composés organiques persistants tels que les PCB (tableau 8.I), ne font pas ressortir de différences particulières entre les trois stations ayant fait l'objet d'analyses (Genay, Couzon aval et la Mulatière).

**Tableau 8.I.** Analyses chimiques en micropolluants métalliques et organiques réalisées dans les tissus de chevaines.

Stations	Genay			Couzon aval			Mulatière		
	Foie	Muscle	In toto	Foie	Muscle	In toto	Foie	Muscle	In toto
Matières sèches %	23,4	20,6	25,4	25,4	20,5	28	26,6	22,6	27,8
Cadmium mg/kg frais	0,13	<0,01	0,03	0,07	0,01	0,02	0,11	0,02	0,02
Chrome	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Plomb	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02
PCB28 µg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	2	2	2	2
PCB44	<1	<1	<1	<1	<1	2	1	<1	<1
PCB52	<1	2	2	2	4	4	5	3	5
PCB101	3	<1	5	4	1	9	7	5	6
PCB105	<1	<1	2	1	<1	3	2	2	2
PCB118	5	1	7	5	2	15	11	9	8
PCB138	9	2	14	7	2	26	14	13	19
PCB153	19	4	35	14	5	55	27	24	35
PCB170	2	<1	3	2	<1	5	3	2	4
PCB180	4	<1	6	3	1	15	7	7	6
PCB194	<1	<1	1	<1	<1	2	1	1	<1
PCB209	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Total PCBs	42	9	75	38	15	138	80	68	87

sont indiquées en grisé les valeurs qui se situent en dessous du seuil de quantification

Si l'on considère les **métaux**, les niveaux de contamination relevés sont peu différents entre les trois stations, mis à part pour le plomb qui n'est détecté que dans les poissons de la station Couzon aval. En ce qui concerne les concentrations en PCB dans le poisson entier, les concentrations restent voisines et il faut souligner leur faible valeur absolue qui signe un **niveau de contamination faible** par ces contaminants (toujours inférieur à 0,2 ppm). Il convient à ce titre de remarquer également que le tissu hépatique présente des niveaux de contamination faibles qui sont du même ordre de grandeur quelle que soit la station. Le foie est un des organes majoritairement impliqué dans le phénomène de détoxification (métabolisme et élimination des micropolluants), et peut donner naissance après biotransformation de certains micropolluants organiques à des composés génotoxiques susceptibles d'endommager l'ADN des organismes. Le résultat des analyses chimiques sur le foie ne permet donc pas de relier clairement les dommages à l'ADN observés chez les poissons et les concentrations des molécules analysées.

Les analyses réalisées dans le **muscle** de poisson quant à elles renseignent sur le niveau de risque sanitaire lié à la consommation possible de la chair de chevine par l'homme. On retrouve comme PCB-DL (PCB de type dioxine considérés comme dangereux pour la santé humaine) dans cette partie comestible du poisson les congénères de PCB 105 et /ou 118 à des valeurs de TEQ (toxique équivalent dioxine) faibles, respectivement de 0,1 pg/g (Genay), 0,2 pg/g (Couzon aval) et 1,1 pg/g (La Mulatière), la norme seuil étant de 3,0 pg/g de poids frais dans le muscle de poisson (JO 2006/88/CE de l'Union Européenne du 06/02/2006). Il n'y a donc pas de risque avéré au sens toxicologique lié à la consommation par l'homme de chevaines de la Saône, tout en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'un « instantané » ne présageant pas d'une quelconque évolution dans l'avenir de la qualité chimique de la Saône et de son impact sur les populations piscicoles en place.

## **8.5 - Conclusion**

En définitive, les contaminants analysés ne permettent pas d'expliquer le meilleur état sanitaire des chevaines dans les deux stations de l'aval. Tout se passe comme s'il existait un phénomène d'autoépuration de l'amont vers l'aval, épuration concernant des molécules autres que celles que nous avons dosées dans les poissons et dans les sédiments et pouvant être responsables de la réponse biologique mesurée. L'hypothèse d'un impact à l'amont par des molécules phytosanitaires du fait des cultures céréalières et viticoles en Saône amont doit être gardée à l'esprit. Pour s'en assurer, il serait nécessaire de pouvoir vérifier ce contraste d'impact génotoxique amont-aval à l'occasion d'une nouvelle campagne de pêche et de rechercher dans les tissus des poissons d'autres types de toxiques que ceux analysés ici (pesticides, résidus médicamenteux, agents tensio-actifs).



## 9 – ETUDE DES MACROPHYTES

### 9.1 - Introduction

Les macrophytes englobent toute la végétation aquatique, qui comporte des plantes immergées comme les myriophylles, vulgairement confondues à tort avec les algues, flottantes comme les nénuphars, ou dressées comme les roseaux. Dans un hydrosystème de grande dimension comme la Saône, ils constituent le principal compartiment biologique structurant de l'habitat rivulaire et représentent une ressource trophique et un habitat clé pour la vie de la rivière. Leur prise en compte est donc indispensable pour une bonne compréhension du fonctionnement de l'hydrosystème, Le recensement de la végétation aquatique était prévu en août 2007 mais a dû être reporté en septembre en raison des débits et de la turbidité trop élevés, rendant toute observation impossible. Par ailleurs, les crues ont gêné le développement de la végétation aquatique, réduisant de beaucoup son extension en 2007.

### 9.2 - Méthodologie

#### 9.2.1 - Stations étudiées

La végétation aquatique a été échantillonnée au niveau de 5 tronçons de la Saône sur lesquels d'autres compartiments biologiques (poissons notamment) sont également étudiés :

- entre Genay et Quincieux à l'extrémité nord du territoire du Grand Lyon, de part et d'autre du franchissement de la Saône par l'A46 ;
- entre Fleurieu-sur-Saône et Couzon-au-Mont-d'Or, immédiatement en amont du barrage ;
- entre Couzon-au-Mont-d'Or et Fontaines-sur-Saône, immédiatement en aval du barrage
- entre Collonges-au-Mont-d'Or et Caluire-et-Cuire, immédiatement en amont de l'île Barbe ;
- à La Mulatière, entre le pont Kitchener et la confluence avec le Rhône.

Chaque tronçon est découpé en 4 secteurs de 500 m de long, en prenant en compte 2 secteurs sur chaque rive de la Saône. A l'extrémité aval de la Saône dans le territoire du Grand Lyon, la présence du port Rambaud (berges bétonnées verticales), nous a conduit à sélectionner uniquement 3 secteurs dans ce tronçon : un secteur de 500 m en rive gauche de la Saône immédiatement en amont de la confluence avec le Rhône, deux secteurs de 750 m de long chacun en rive droite, entre le pont de la Mulatière et le pont Kitchener.

#### 9.2.2 - Variables mesurées

Les limites aval et amont de chaque secteur sont localisées précisément à l'aide d'un GPS et/ou en fonction des points kilométriques de la Saône.

Dans chaque secteur de 500 m de long (voire 750 m à l'aval), nous avons estimé :

- la taille des herbiers (longueur et largeur),
- l'inventaire des espèces présentes et le pourcentage de recouvrement de chaque espèce,
- la profondeur minimale et maximale dans les herbiers le jour de la mesure,
- la granulométrie du substrat (si le fond est visible),
- l'impact de l'ombrage des arbres de la ripisylve sur le développement de la végétation aquatique (largeur de la zone ombragée en particulier).



Les secteurs étant de taille restreinte (500, voire 750 m de long), l'abondance de chaque espèce végétale aquatique est estimée dans chacun d'eux à l'aide du double indice d'abondance – dominance de Braun-Blanquet (1932).

Tableau 9.I : Indice de Braun-Blanquet

Indice d'abondance	Indice de sociabilité
× : individu peu abondant et à recouvrement très faible	1 : individus isolés
1 : recouvrement < 5%	2 : petites touffes très espacées
2 : 5% ≤ recouvrement < 25 %	3 : touffes moyennes, espacées
3 : 25% ≤ recouvrement < 50 %	4 : grandes plaques discontinues
4 : 50% ≤ recouvrement < 75 %	5 : peuplement continu
5 : recouvrement ≥ 75 %	

### 9.2.3 - Dates d'échantillonnage

L'étude des macrophytes, initialement prévue en période d'étiage estival pendant l'été 2007, n'a pu être réalisée à ce moment là en raison d'un important épisode de hautes eaux, notamment en août 2007. Les relevés ont donc été réalisés les 26 et 27 septembre 2007, en période de relativement basses eaux.

### 9.2.4 - Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme cartographique : chaque espèce et son abondance relative est projetée sur la photographie aérienne du secteur. Un « code couleur » est affecté à chaque espèce (tableau ci-dessous). Les taxons les moins fréquents sont indiqués en blanc.

Tableau 9.II : Code et fréquence des espèces rencontrées dans l'ensemble des secteurs étudiés (la fréquence est le nombre de secteurs où chaque espèce est présente parmi les 19 secteurs étudiés)

Espèce	Code	Fréquence
Myriophyllum spicatum	Msp	18
Nuphar lutea	Nup	14
Ceratophyllum demersum	Cde	10
Potamogeton nodosus	Pno	8
Vallisneria spiralis	Vsp	6
Phragmites australis	Phr	4
Potamogeton pectinatus	Ppc	3
Iris pseudacorus	Iri*	2
Scirpus lacustris	Sci*	2
Acorus calamus	Aco*	1
Nymphaea alba	Nym*	1
Sparganium emersum	Sem*	1

\* : espèces indiquées en blanc sur les planches.



Genay — Secteurs 1 et 4

## 9.3 - Résultats

### 9.3.1 - Genay



Secteur 1 : RG, amont A46



Secteur 4 : RD, amont A46, RD île Beyne



Secteur 2 : RG, aval A46



Secteur 3 : RD, aval A46

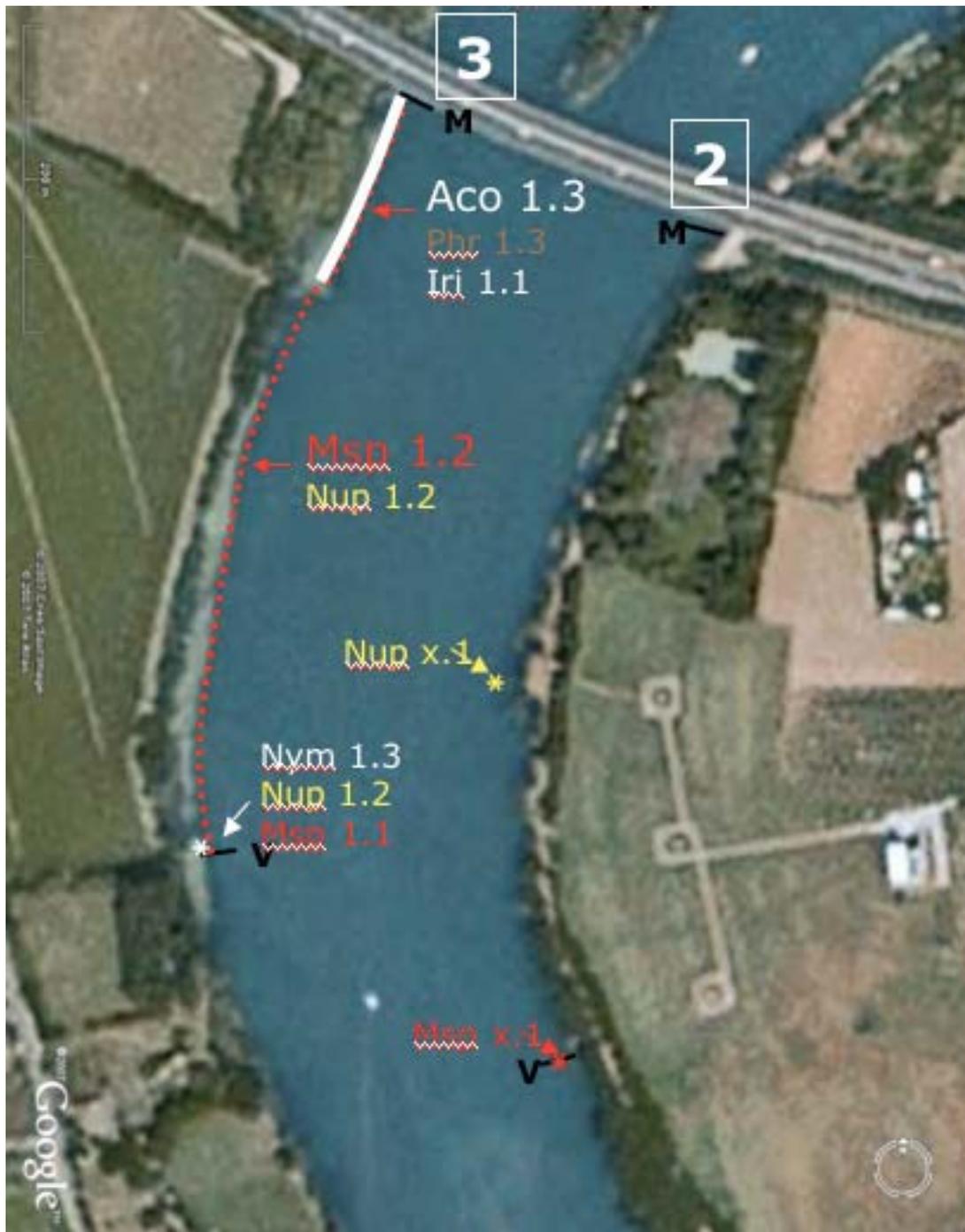
- Secteur 1 : rive gauche Saône, amont A46

Ce secteur est un des plus riches avec 5 espèces différentes. Le substrat est fin sur toute la zone rivulaire (90% de limon) et la ripisylve, présente sur tout le linéaire, fournit un ombrage limité (la zone ombragée est toujours inférieure ou égale à 5 m de large).

Le roseau (*Phragmites australis*) est l'espèce la plus abondante. Il constitue des bandes de plusieurs dizaines de mètre de long au milieu du secteur et à son extrémité amont. La roselière, dont la largeur est comprise entre 1,5 et 2 m, est toujours présente sur un substrat limoneux et jusqu'à une hauteur d'eau de l'ordre de 0,30 m.

*Myriophyllum spicatum* et *Nuphar lutea* sont également bien présents sur tout le linéaire de manière discontinue, toujours sur un substrat limoneux, jusqu'à des profondeurs maximales respectivement égales à 1,7 et 0,5 m.

*Vallisneria spiralis* est observé dans la roselière centrale jusqu'à une profondeur de l'ordre de 0,6 m (le fond et les herbiers sont non visibles au-delà). Une petite tache d'*Iris pseudacorus* est également présente dans cette zone en bordure de la Saône.



Genay — Secteurs 2 et 3

- Secteur 2 : rive gauche Saône, aval A46

Ce secteur est très pauvre, vraisemblablement à cause de la pente des rives relativement forte et de l'ombrage. La ripisylve, présente sur tout le linéaire (grands peupliers à l'aval, saules en amont) fournit un ombrage sur 5 m de large environ.

Nous avons observé uniquement deux espèces :

- un pied de *Myriophyllum spicatum* à l'extrémité aval, à environ 5 m du bord (limite de l'ombrage), sous une hauteur d'eau égale à 1,6 m et sur un substrat relativement grossier (graviers),

- un pied de *Nuphar lutea* au milieu du secteur, également à 5 m du bord, dans une hauteur d'eau égale à 1,8 m et sur du limon.

- Secteur 3 : rive droite Saône, aval A46

Ce secteur est un des plus riches avec 6 espèces différentes, malgré la présence d'une ripisylve importante sur une grande partie du linéaire qui fournit un ombrage sur 5 m de large. Les plages en pente douce et le substrat limoneux favorisent vraisemblablement le développement de la végétation aquatique. La ripisylve est moins dense à l'extrémité amont permettant le développement d'une roselière.

Les espèces les plus abondantes sont donc les héliophytes qui forment une roselière importante à l'extrémité amont du secteur :

- *Acorus calamus* est présent sur une bande de 1,5 m de large, jusqu'à une hauteur d'eau maximale de l'ordre de 0,4 m,
- *Phragmites australis* est observé en arrière de la bande d'acore, sur une largeur comprise entre 2 et 4 m et jusqu'à une profondeur égale à 0,2 m.

Un petit massif d'*Iris pseudacorus* est également présent dans la roselière, en bordure de la Saône.

Parmi les hydrophytes, *Myriophyllum spicatum* est présent sporadiquement tout le long du secteur en aval de la roselière, dans des hauteurs d'eau comprises entre 1,2 et 1,8 m, entre 20 à 30 m du bord.

*Nuphar lutea* forme des taches localement importantes, surtout à l'aval du secteur, toujours dans une hauteur d'eau de l'ordre de 0,6 m :

- on observe une touffe de 25 m de long et 5 m de large, à 25 m du bord, à l'extrémité aval du secteur. Cette espèce est associée à *Nymphaea alba*, qui forme une plus petite tache (10 m de long x 5 m de large, également à 25 m du bord mais sur un substrat plus sableux),
- une petite tache de *Nuphar lutea* (5 m de long x 2 m de large) est également présente au milieu du secteur, à environ 20 m du bord.

- Secteur 4 : rive droite Saône, amont A46 – rive droite île Beyne

Ce secteur est relativement diversifié (5 espèces présentes), mais les herbiers sont peu développés. La ripisylve fournit un ombrage sur 5 m de large surtout dans la moitié amont du secteur.

L'espèce la plus abondante est l'héliophyte *Phragmites australis*, qui constitue une petite roselière en bordure dans le tiers amont du secteur, dans une zone où la ripisylve est absente en raison du passage d'une ligne EDF. La roselière forme une bande de 2 m de large et se développe jusqu'à une profondeur de 0,5 m.

Les autres espèces rencontrées sont présentes ponctuellement uniquement :

- *Nuphar lutea* à l'extrémité aval et au milieu du secteur (tache de 1 m de long x 1 m de large) à environ 30 m du bord, sous une hauteur d'eau de l'ordre de 1 m sur un substrat limoneux. A l'aval, cette espèce est associée à *Myriophyllum spicatum* et *Ceratophyllum demersum* qui sont moins abondants,
- *Scirpus lacustris*, à l'extrémité amont du secteur, sur un substrat plutôt sableux. Cette espèce forme une petite tache (2 m x 2 m) à environ 10 m du bord et une hauteur d'eau de l'ordre de 1,7 m.



Couzon Amont — Secteurs 5 et 6

## 9.3.2 - Couzon amont



Secteur 5 : RG île Rontant



Secteur 6 : RD île Rontant



Secteur 7 : RG, amont Fleurieu



Secteur 8 : RG, amont immédiat barrage

D'une manière générale, la végétation est pauvre dans ce tronçon, avec seulement 2 à 3 espèces par secteur : *Nuphar lutea* est présent dans tous les secteurs, associé à *Myriophyllum spicatum* (absent dans le secteur 7). Trois autres espèces sont présentes sporadiquement : *Ceratophyllum demersum* autour de l'île Rontant dans les secteurs 5 et 6, *Phragmites australis* dans le secteur 7 et *Vallisneria spiralis* dans le secteur 8.

- Secteur 5 : rive gauche île Rontant

Dans ce tronçon, ce secteur est celui où la végétation est la plus abondante. Une vaste zone peu profonde à l'aval de l'île Rontant permet le développement d'herbiers à *Nuphar lutea* sur un substrat limoneux (plage d'environ 200 m de long pour une largeur moyenne de 100 m). En amont, la ripisylve (qui fournit un ombrage sur 5 à 10 m de large) et les pentes plus fortes limitent le développement de la végétation aquatique. *Myriophyllum spicatum* et *Ceratophyllum demersum* sont donc présents de manière très sporadique (quelques pieds isolés de chaque espèce), sur un substrat limoneux et sous une hauteur d'eau de l'ordre de 1,5 m.



Couzon Amont — Secteur 7



Couzon Amont — Secteur 8



- Secteur 6 : rive droite île Rontant

Dans ce secteur, la ripisylve fournit un ombrage important (jusqu'à 10 m de large en aval de la passerelle qui permet d'accéder à l'île, jusqu'à 20 m en amont), limitant vraisemblablement le développement des herbiers aquatiques. La végétation aquatique est donc réduite aux trois espèces également présentes sur l'autre rive de l'île Rontant :

- quelques pieds isolés de *Ceratophyllum demersum* sont observés, au niveau d'un embâcle situé à environ 50 m en aval de la passerelle, comme en amont de la passerelle,
- *Myriophyllum spicatum* est présent uniquement à l'extrémité aval du secteur (entre 5 et 10 m du bord, à une profondeur de l'ordre de 1,4 m sur un substrat limoneux),
- une petite plaque d'1 m<sup>2</sup> de *Nuphar lutea* a été rencontrée à proximité de l'extrémité amont du secteur, à 5 m du bord, une profondeur égale à 1,6 m et un substrat également limoneux.

- Secteur 7 : rive gauche Saône, amont Fleurieu

La ripisylve, continue tout le long de ce secteur, fournit un ombrage sur environ 5 m de large.

La végétation est rare, peu abondante et limitée à deux espèces :

- *Nuphar lutea* forme des petites taches, respectivement de l'aval vers l'amont à 10, 30 et 5 m du bord. La tache centrale est de l'ordre de 2 m<sup>2</sup> alors que les deux autres représentent seulement 1 m<sup>2</sup> chacune. Dans tous les cas, cette espèce est présente sous une hauteur d'eau de l'ordre de 0,6 m et sur un substrat limoneux,
- à l'extrémité amont on rencontre une petite phragmitaie (4 m de long x 0,5 m de large), sur un substrat plus grossier (galets et graviers) et qui s'étend jusqu'à une profondeur de 0,2 m.

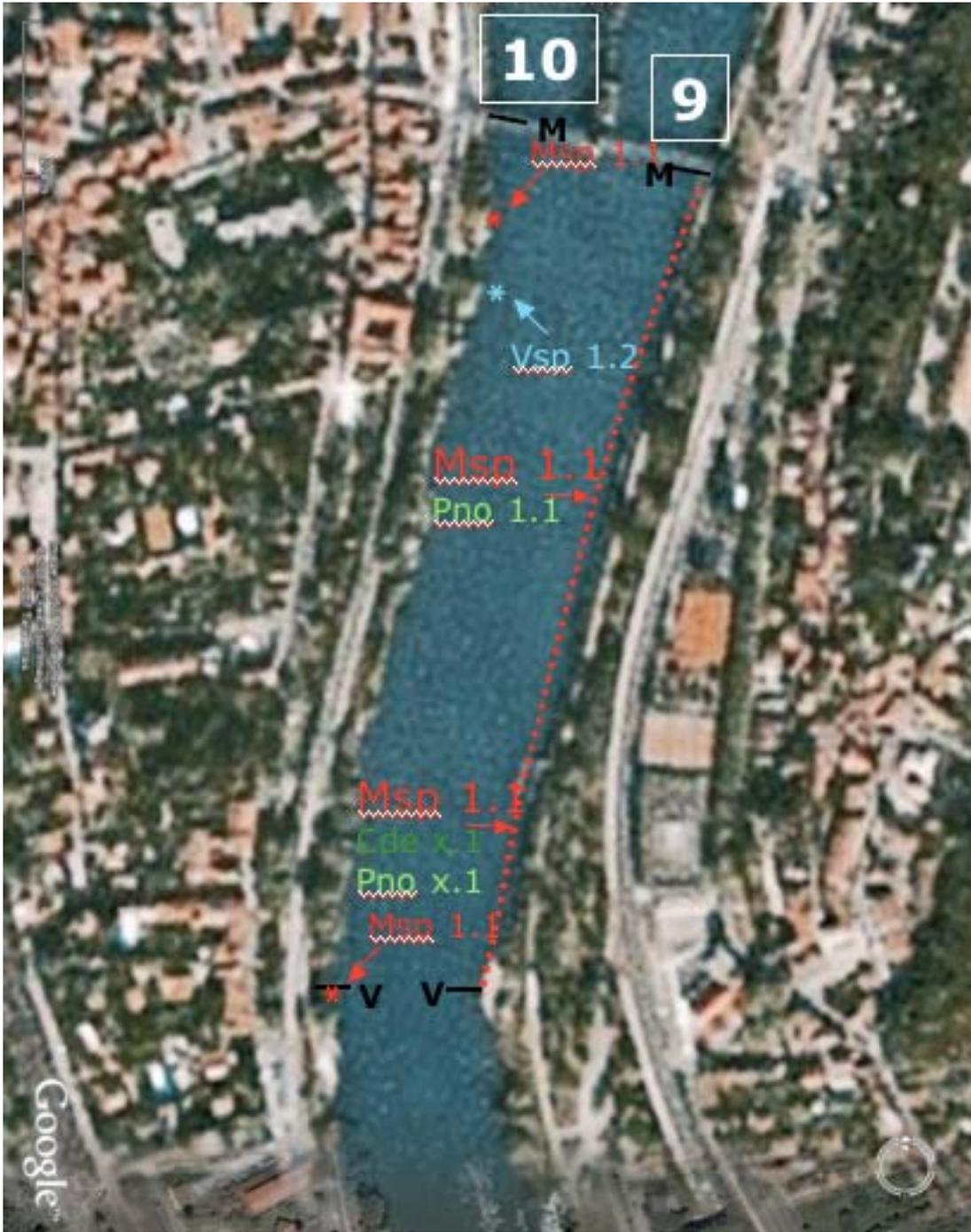
- Secteur 8 : rive gauche Saône, amont immédiat du barrage de Couzon

L'ombrage est relativement important (ombre sur 2 à 5 m de large) et la végétation est également rare et peu abondante dans ce secteur.

*Vallisneria spiralis* est bien représentée dans la zone centrale de ce secteur mais cette espèce reste peu abondante. Elle est présente sur une bande de 1 à 2 m de large, sous environ 1 m d'eau, à 15 m du bord et sur un substrat limoneux.

*Myriophyllum spicatum* est présent de manière très sporadique, dans la zone à vallisnérie et à l'extrémité amont du secteur.

Une petite tache de *Nuphar lutea* (1 m<sup>2</sup>) a été observée à l'extrémité aval du secteur, à 20 m du bord, une profondeur de l'ordre de 1 m et un substrat limoneux.



Couzon Aval — Secteur 9 et 10

## 9.3.3- Couzon aval



Secteur 9 : RG, aval immédiat barrage



Secteur 10 : RD, aval immédiat barrage



Secteur 11 : RG, Fontaines



Secteur 12 : RD, Fontaines

## Secteur 9 : rive gauche Saône, aval immédiat du barrage de Couzon

Ce secteur est peu diversifié, avec seulement 3 espèces. L'ombrage sur 5 m de large à l'aval du ponton, devient plus faible à l'amont (bande de 2 à 5 m de large).

*Myriophyllum spicatum* est présent de manière continue dans tout le secteur. Cette espèce forme des petites taches isolées, à 5 m du bord, sous une hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 0,6 m et sur un substrat grossier (graviers et galets à l'aval, blocs à l'amont).

La granulométrie du substrat limite vraisemblablement le développement des autres espèces qui sont très peu abondantes :

*Potamogeton nodosus* est présent de manière sporadique, surtout dans la partie amont,

*Ceratophyllum demersum* est anecdotique à l'aval du ponton (1 seul pied).

## Secteur 10 : rive droite Saône, aval immédiat du barrage de Couzon

Ce secteur est encore plus pauvre que le précédent, avec seulement deux espèces présentes de manière très sporadique. La ripisylve est bien développée et fournit un ombrage sur 5 à 10 m de large. Le substrat dominant reste grossier (graviers, galets et quelques blocs).



Couzon Aval — Secteur 11 et 12

Les espèces observées sont toutes présentes sur du limon et forment des petites taches (1 m<sup>2</sup>) : *Myriophyllum spicatum* à chaque extrémité, à 10 m du bord à l'aval et à 2 m du bord à l'amont, dans des hauteurs d'eau respectivement comprises entre 1 et 0,5 m, *Vallisneria spiralis* à proximité de l'extrémité amont, à 5 m du bord et une hauteur d'eau égale à 0,6 m.

Secteur 11 : rive gauche Saône, Fontaines

Dans ce secteur, la ripisylve est étroite et discontinue. Elle fournit un ombrage sur 10 m de large au maximum lorsqu'elle est présente.

Malgré ces conditions de milieu plutôt favorable au développement des herbiers, la végétation aquatique est rare (seulement 3 espèces).

*Myriophyllum spicatum* est présent tout le long du secteur mais de manière discontinue. Cette espèce forme des petites taches, entre 5 et 10 m du bord et une hauteur d'eau comprise entre 0,8 et 1,3 m. Cette espèce est présente sur un substrat relativement grossier (graviers et galets) à l'extrémité aval, plus fin en amont (sable).

Les deux autres espèces sont peu abondantes :

*Potamogeton nodosus* forme une tache d'environ 1 m<sup>2</sup> à chaque extrémité du secteur, à 5 m du bord et une hauteur d'eau de l'ordre de 1 m, sur un substrat relativement grossier (graviers et galets) à l'aval, sable à l'amont),

un pied de *Scirpus lacustris* est présent dans le tiers aval du secteur, à 5 m du bord et 0,8 m d'eau, sur du sable.

Secteur 12 : rive droite Saône, Fontaines

Contrairement aux autres secteurs de ce tronçon, ce secteur est relativement riche avec 5 espèces différentes. Malgré la présence d'une ripisylve discontinue et étroite, la plupart des espèces sont peu abondantes.

Seul *Myriophyllum spicatum* est observé tout le long du secteur, mais cette espèce est distribuée en pieds isolés, à 5 m du bord, une hauteur d'eau de l'ordre de 0,7 m et sur un substrat relativement grossier (graviers et galets).

Deux autres espèces sont rares et moins abondantes, dans la bande de myriophylle :

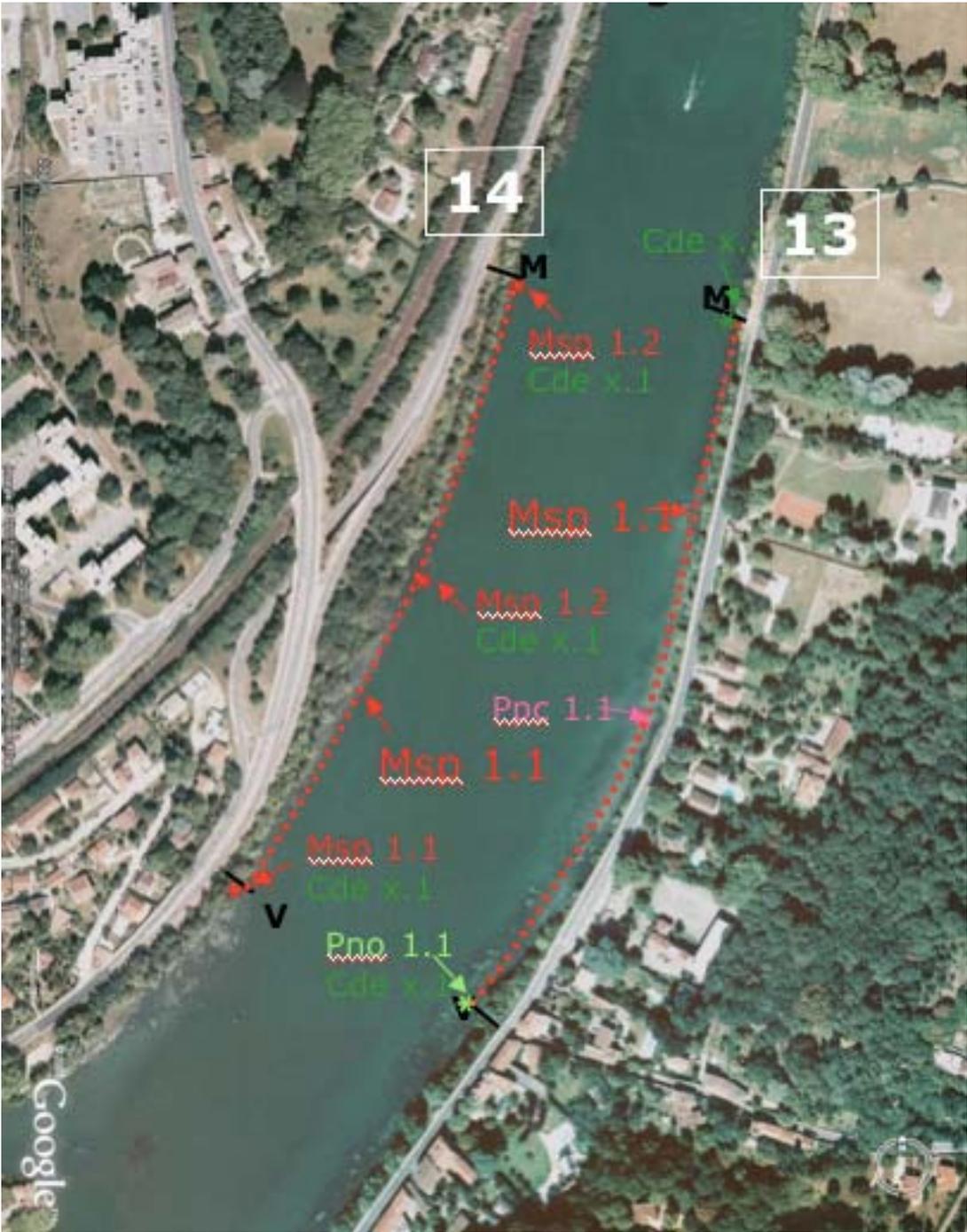
*Potamogeton nodosus*, plutôt à l'aval du secteur,

*Vallisneria spiralis* à l'amont du secteur.

Enfin, deux espèces sont présentes de manière très sporadique :

un pied de *Potamogeton pectinatus* dans le tiers amont du secteur, à 8 m du bord et une hauteur d'eau de l'ordre d'1 m, sur un substrat grossier (graviers et galets),

un pied de *Nuphar lutea* à moins de 100 m de l'extrémité amont du secteur, à 5 m du bord et 1 m d'eau, sur un substrat plus fin (présence de limon).



Collonges — Secteurs 13 et 14

## 9.3.4 - Collonges



Secteur 15 : RG, amont Collonges



Secteur 16 : RD, amont Collonges



Secteur 13 : RG, aval Collonges



Secteur 14 : RD, aval Collonges

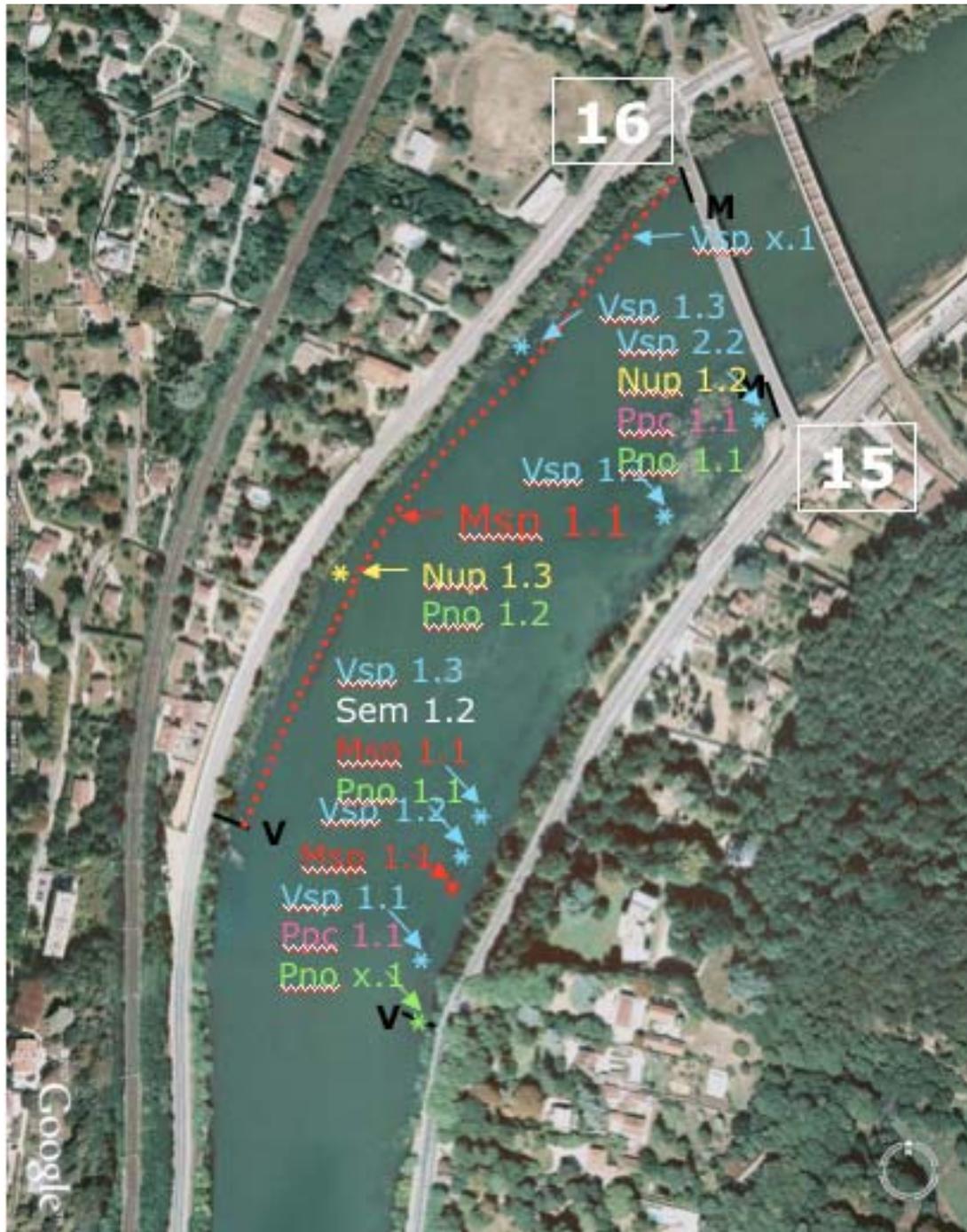
Secteur 13 : rive gauche Saône, aval Collonges

La ripisylve continue fournit un ombrage sur 5 m de large environ. La végétation est moyennement diversifiée (4 espèces) et les plantes sont toujours observées au-delà de la zone d'ombre.

*Myriophyllum spicatum* est présent de manière discontinue tout le long du secteur, mais forme des taches localement importantes (quelques dizaines de mètres de long sur 2 m de large au maximum), entre 8 et 10 m du bord, une hauteur d'eau comprise entre 1,2 et 1,5 m et sur un substrat fin (limon et sable très localement).

Les autres espèces sont rares et peu abondantes :

un pied de *Ceratophyllum demersum* a été observé à chaque extrémité du secteur, dans les herbiers à myriophylle, associé à une petite tache de *Potamogeton nodosus* à l'aval, une petite tache de *Potamogeton pectinatus* est présente vers le milieu du secteur, en bordure de la Saône sous une hauteur d'eau égale à 0,2 m et un substrat relativement grossier (mélange de sable et graviers).



Collonges — Secteurs 15 et 16

Secteur 14 : rive droite Saône, aval Collonges

La ripisylve continue fournit un ombrage sur 5 à 10 m de large dans l'ensemble de ce secteur, limitant le développement des herbiers.

La végétation aquatique est donc rare. *Myriophyllum spicatum* est présent tout le long du secteur, mais forme de petites taches (souvent 1 m<sup>2</sup>, mais jusqu'à 20 m de long x 5 m de large au milieu du secteur), entre 10 et 25 m du bord, une hauteur d'eau de l'ordre de 1,5 m et un substrat limoneux. Trois pieds de *Ceratophyllum demersum* ont été observés dans les herbiers à myriophylle.

Secteur 15 : rive gauche Saône, amont Collonges

Malgré la présence d'une ripisylve continue qui fournit un ombrage sur 5 m de large, ce secteur est un des plus riches avec 6 espèces différentes. La végétation reste cependant peu abondante et discontinue (taches isolées sur un substrat plutôt sableux).

*Vallisneria spiralis* est l'espèce la plus fréquente, surtout à l'extrémité amont du secteur, sur une plage sablo-limoneuse bien éclairée. Cette espèce forme des herbiers de quelques m<sup>2</sup>, entre 3 et 10 m du bord et sous des hauteurs d'eau comprises entre 0,5 et 1 m.

D'autres espèces sont présentes de manière plus sporadique (2 à 3 taches pour chaque taxon) :

*Potamogeton nodosus* sur la plage amont, au niveau du tiers aval et à l'extrémité aval du secteur, dans ou autour des herbiers à vallisnérie,

*Potamogeton pectinatus* aux deux extrémités du secteur, à 10 m du bord et une hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 1 m,

*Myriophyllum spicatum* à l'aval du secteur, dans ou autour des herbiers à vallisnérie,

Deux autres espèces ont été observées une seule fois :

*Nuphar lutea* sur la plage à l'extrémité amont du secteur,

*Sparganium emersum* dans un herbier à vallisnérie, à 5 m du bord et sous 1 m d'eau.

Secteur 16 : rive droite Saône, amont Collonges

La ripisylve fournit un ombrage continu sur 5 m de large dans l'ensemble de ce secteur.

La végétation est peu diversifiée et peu abondante.

*Myriophyllum spicatum* est l'espèce la plus fréquente. Elle forme de petites taches (de l'ordre de 1 m<sup>2</sup>), sous des hauteurs d'eau comprises entre 0,9 et 1,7 m et un substrat plutôt fin (sable essentiellement).

Deux autres espèces forment chacune une tache relativement importante :

*Nuphar lutea*, sur 4 m de long x 1 m de large vers le milieu du secteur, à 5 m du bord, sous une hauteur d'eau de 0,7 m et sur un substrat limoneux,

*Vallisneria spiralis* est abondante à l'amont du secteur où elle forme localement une tache de 20 m de long x 2 m de large, à seulement 4 m du bord, une hauteur d'eau égale à 0,5 m et un substrat composé d'un mélange de sable et graviers.

Une petite tache de *Potamogeton nodosus* a été observée dans l'herbier à nénuphar.



Mulatière — Secteur 17

## 9.3.5 - La Mulatière



Secteur 17 : RG, aval pont de la Mulatière



Secteur 18 : RD, amont pont de la Mulatière



Secteur 19 : RD, aval pont Kitchener

## Secteur 17 : rive gauche Saône, aval pont de la Mulatière

Ce secteur est le seul en rive gauche de la Saône dans ce tronçon où la végétation aquatique est présente de manière significative. Plus en amont, les aménagements du port Rambaud (quais) limitent le développement des herbiers.

Malgré l'absence de ripisylve, la végétation aquatique reste relativement peu diversifiée. Les herbiers sont absents en amont du pont autoroutier.

*Myriophyllum spicatum* est présent tout le long du secteur mais forme de petites taches discontinues. Il est rencontré entre 1 et 5 m du bord, jusqu'à 2 m de profondeur et sur un substrat plutôt limoneux. *Ceratophyllum demersum* est également présent de manière éparse dans la bande à myriophylle.

Les autres espèces rencontrées sont rares et peu abondantes :

*Nuphar lutea* a été observé à l'extrémité aval du secteur à 2 m du bord,

*Potamogeton nodosus* forme des petites taches de 1 m<sup>2</sup> plutôt à l'amont du secteur, entre 2 et 3 m du bord, sous 1,6 m d'eau et sur un substrat limoneux.



Mulatière— Secteur 18

Secteur 18 : rive droite Saône, amont pont de la Mulatière

La ripisylve fournit un ombrage continu dans ce secteur, sur 2 à 5 m de large, mais il est plus important en aval de la péniche (située légèrement en amont du milieu du secteur) qu'en amont. Malgré ces conditions de milieu plutôt favorables au développement des herbiers aquatiques, la végétation reste peu diversifiée (3 espèces seulement) et peu abondante.

Les trois espèces rencontrées forment des herbiers discontinus mais présents tout le long du secteur :

*Myriophyllum spicatum* est l'espèce la plus fréquente, observée entre 2 et 5 m du bord, sous des hauteurs d'eau comprises entre 1,5 et 2 m et un substrat limoneux ou sableux,

*Nuphar lutea* est observé entre 1 et 5 m du bord, sous des hauteurs d'eau équivalentes, mais toujours sur un substrat limoneux,

*Ceratophyllum demersum* est présent de manière plus sporadique (pieds isolés dans les herbiers à myriophylle et nénuphar).

Secteur 19 : rive droite Saône, aval pont Kitchener

La ripisylve est très clairsemée dans ce secteur et fournit donc un ombrage faible (2 m de large au maximum le plus souvent, localement 5 m à l'amont). La végétation reste néanmoins peu diversifiée (4 espèces) et souvent peu abondante.

*Myriophyllum spicatum* est l'espèce la plus fréquente, mais elle forme de petites taches, entre 2 et 5 m du bord voire jusqu'à 10 m du bord à l'amont du secteur, sous des hauteurs d'eau variant entre 1 et 1,9 m et sur un substrat limoneux. Elle est présente de manière quasiment continue dans le quart aval du secteur et plus discontinue en amont.

*Nuphar lutea* est présent de manière plus sporadique mais cette espèce forme des taches localement importantes : entre la péniche amont et l'extrémité amont du secteur, le nénuphar est observé de manière quasiment continue à 8 m du bord sous des hauteurs d'eau comprises entre 1 et 1,5 m, alors que le myriophylle devient moins fréquent.

Deux autres espèces sont plus rares :

*Ceratophyllum demersum* dans les herbiers à nénuphar à l'extrémité aval du secteur,

*Potamogeton nodosus* forme une tache de 1 m<sup>2</sup>, vers l'extrémité amont du secteur, autour des herbiers à nénuphar et myriophylle, à environ 10 m du bord et sous 0,8 m d'eau.



Mulatière — Secteur 19

## 9.4 - Eléments de synthèse

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des espèces végétales aquatiques rencontrées, classées par fréquence décroissante dans l'ensemble des 19 secteurs échantillonnés.

*Myriophyllum spicatum* est l'espèce la plus fréquente (présente dans tous les secteurs sauf en rive gauche de la Saône en amont de Fleurieu ; secteur 7). Elle reste néanmoins généralement peu abondante en 2007, après un important épisode de hautes eaux.

*Nuphar lutea* est un peu moins fréquent, mais est localement très abondant (notamment dans une vaste zone peu profonde en rive gauche de l'aval de l'île Rontant, dans le tronçon amont de Couzon ; secteur 5).

*Ceratophyllum demersum* est une espèce relativement fréquente (rencontrée dans un peu plus de la moitié des secteurs) mais cette espèce non enracinée reste toujours peu abondante, vraisemblablement à cause de l'hydrologie défavorable à son développement en 2007.

*Vallisneria spiralis* est localement fréquente (en rive gauche à l'amont immédiat du barrage de Couzon ; secteur 8) ou abondante ponctuellement (en rive gauche à l'amont de Collonges ; secteur 15) mais reste une espèce plus rare à l'échelle de l'ensemble du territoire du Grand Lyon.

Les héliophytes *Phragmites australis* et, dans une moindre mesure *Acorus calamus*, sont fréquents à l'amont à l'amont du territoire du Grand Lyon (Massieux) et plus rares ou absents ensuite.

Les autres espèces observées sont rares et peu abondantes en 2007.

Tableau 9.III : Espèces rencontrées, classées par fréquence décroissante

Espèce et code	Tronçons et secteurs																		
	Massieux				Couzon amont				Couzon aval				Collonges				La Mulatière		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18b	19b
<i>Myriophyllum spicatum</i> Msp	XX	x	XX	x	XX	x		XX	XX	x	XX	XX	XX	XX	x	XX	XX	XX	XX
<i>Nuphar lutea</i> Nlu	x	x	x	x	X	x	x	x				x			x	x	x	XX	XX
<i>Ceratophyllum demersum</i> Cde				x	x	x			x				x	x			x	x	x
<i>Potamogeton nodosus</i> Pno									x		x	x	x		x	x	x		x
<i>Vallisneria spiralis</i> Vsp	x							XX		x		x			X	x			
<i>Phragmites australis</i> Phr	X		X	X			x												
<i>Potamogeton pectinatus</i> Ppc												x	x		x				
<i>Iris pseudacorus</i> Iri	x		x																
<i>Scirpus lacustris</i> Sci				x							x								
<i>Acorus calamus</i> Aco			X																
<i>Nymphaea alba</i> Nym			x																
<i>Sparganium emersum</i> Sem															x				

XX : espèce fréquente sur le secteur considéré

X : espèce localement abondante

x : espèce rare et peu abondante

D'une manière générale, le cortège floristique observé en 2007 reste typique de la Saône. Il s'agit de plantes de milieux plutôt eutrophes. Indépendamment de la réduction générale de l'abondance de toutes les espèces en 2007, les espèces qui n'ont pas été rencontrées sont les plantes non enracinées du type lentilles d'eau (*Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza*) ou les algues filamenteuses, qui ont vraisemblablement été balayées par le courant. Les éventuels changements de la qualité de l'eau de la Saône ne sont pas susceptibles d'avoir un impact sur les différentes espèces végétales rencontrées en 2007, globalement peu sensibles à ce paramètre.

## 9.5 - Discussion

Lorsque les rives de la Saône sont en pente douce, on peut observer des herbiers aquatiques denses mais deux facteurs physiques majeurs conditionnent leur développement :

- l'ombrage de la ripisylve semble être le principal facteur limitant la croissance des plantes aquatiques. En effet, les herbiers sont souvent observés dans des hauteurs d'eau faibles mais au-delà de la zone ombragée,
- l'absence de sédiments fins (y compris entre des éléments plus grossiers tels que des galets) empêche le développement de la plupart des espèces (sauf les plantes non enracinées telles que *Ceratophyllum demersum*). Les herbiers les plus denses sont en effet observés sur des plages limoneuses ou sablo-limoneuses.

Concernant l'hydrologie de la Saône en 2007, l'épisode de hautes eaux estivales est très marqué un peu plus au nord : pic à 1110 m<sup>3</sup>/s dans la Saône à Mâcon le 13 août 2007 ; ligne d'eau dépassant de près de 3 m le niveau d'étiage mi-août à Belleville-sur-Saône. Ces hautes eaux ont fortement réduit le développement de la végétation aquatique dans les îlots de Belleville-sur-Saône cet été (réduction générale de l'abondance de toutes les espèces ; disparition des lentilles d'eau). Si les niveaux d'eau de la Saône varient peu dans Lyon (régulés par le barrage de Pierre-Bénite), les observations montrent par contre des vitesses de courant élevées et une forte turbidité en août 2007. Il est probable que cet épisode hydrologique inhabituel en cette saison a eu des conséquences sur tous les compartiments (physico-chimie, faune et flore).

Par rapport aux plantes aquatiques, cette hydrologie inhabituelle pendant la période de croissance de la végétation peut expliquer la réduction des herbiers en 2007 et notamment :

- l'absence de lentilles d'eau (*Lemna minor* et *Spirodela polyrrhiza*),
- la faible abondance de *Ceratophyllum demersum* (plante non enracinée ou faiblement enracinée),
- les petites dimensions des herbiers à *Nuphar lutea* en particulier (les vitesses du courant élevées et la turbidité importante ayant probablement réduit son développement).

Par ailleurs, aucun herbier aquatique n'a été vu à des profondeurs importantes cette année : dans la plupart des herbiers répertoriés, la limite inférieure de la colonisation était bien visible. Cela est probablement dû à la turbidité engendrée par les crues. et / ou à l'impact de la navigation fluviale ?

En résumé, l'année 2007 n'était vraiment pas la meilleure année pour faire des relevés de macrophytes aquatiques (sur la Saône comme sur le Rhône). Si on avait pu prévoir l'hydrologie, ou moduler le calendrier des opérations, il est évident que l'on aurait choisi une autre année.

D'après les photographies aériennes disponibles sur Google Earth ou Géoportail, prises avant 2007, les herbiers aquatiques sont localement nettement plus développés les années antérieures. En particulier en rive gauche à l'aval immédiat du pont de Collonges, dans une zone peu profonde (plage en pente douce). En 2007, les herbiers sont fortement réduits dans cette zone et restreints aux zones peu profondes (1 m d'eau maximum). En rive droite de la Saône au niveau de la Mulatière, les photographies aériennes indiquent une bande quasiment continue, de couleur vert clair. Il pourrait s'agir d'espèces non enracinées (algues filamenteuses et lentilles d'eau du type *Spirodela polyrrhiza*) absentes en 2007, ou encore d'herbiers à *Nuphar lutea* (fortement réduits en 2007). Il est difficile d'aller plus loin étant donné la définition des photographies aériennes (un herbier de 1 m<sup>2</sup> fait seulement 0,3 mm sur les planches photographiques au format A4).

Les zones les plus favorables au développement des herbiers aquatiques, en 2007 comme les années précédentes, sont les plages en pente douce, bien éclairées et à sédiments fins. Pour les hélophytes, il faut des berges en terre également bien éclairées. La forte régression des hélophytes (*Phragmites australis*, *Iris pseudacorus* ou encore *Acorus calamus*) entre le secteur de Genay où ils sont abondants et les secteurs situés plus en aval, traduit bien l'impact de l'ombrage et des aménagements de berge en génie civil (enrochements, voire béton) associés à une réduction générale de la largeur du lit mineur. Les hélophytes sont également très sensibles au batillage (d'où par exemple la très faible abondance des roselières autour de l'île du Beurre et de la Chèvre sur le Rhône en amont de Condrieu). Sur la Saône, il conviendrait de préserver les zones à hélophytes là où elles sont encore présentes, notamment à l'amont du territoire du Grand Lyon. Il pourrait être utile d'évaluer l'impact du motonautisme (scooters des mers) sur les hélophytes (et les herbiers d'hydrophytes), mais cela nécessiterait un suivi à long terme.



## 10 - ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE LA COLONNE D'EAU

### 10.1 - Objectifs

Les différents compartiments étudiés précédemment correspondent à des enregistrements de la qualité environnementale de la Saône intégrant des échelles de temps plus ou moins longues (de quelques semaines pour les invertébrés benthiques, à peut-être plusieurs décennies pour les sédiments). L'étude de la masse d'eau s'attache quant à elle à suivre son évolution en temps réel : elle implique d'effectuer les mesures et prélèvements selon un pas de temps adapté à la dynamique rapide de cette composante, en l'occurrence hebdomadaire dans ce cas.

Par ailleurs, le nombre de stations à suivre pour évaluer le changement possible de la qualité de l'eau durant la traversée de l'agglomération lyonnaise va grandement dépendre du débit, à la fois comme facteur de dilution des rejets de l'agglomération, et comme déterminant du temps de transit des eaux. A l'étiage, comme en 2003, l'eau peut mettre près d'une semaine pour traverser l'agglomération. En crue, cela ne lui prend que quelques heures. Dans le premier cas, il convient de retenir les cinq stations définies précédemment, car d'importants changements ont le temps de s'opérer entre chacune d'entre elles. Dans le second cas, les grands volumes d'eau impliqués et leur transit rapide ne laissent guère de temps pour exprimer des changements notables : les stations intermédiaires n'ont alors plus d'intérêt et seules les deux stations extrêmes, à l'entrée de l'agglomération (Genay) et à la fin de son parcours (La Mulatière) seront conservées. En débit moyen, une station intermédiaire est souhaitable. Dans cette logique, il a été retenu comme débits de référence à Couzon, les débits semi-permanents ( $280 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et trois-quarts permanents ( $140 \text{ m}^3/\text{s}$ ) comme éléments déterminant du nombre de stations à suivre : 5 en dessous de  $140 \text{ m}^3/\text{s}$ , 3 entre  $140$  et  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  et 2 au-delà.

L'hydraulicité exceptionnellement forte de la saison 2007 fait que l'on ne s'est trouvé en situation d'étiage qu'en début de chronique, en avril, et que l'on n'a retrouvé provisoirement des débits modérés que début août et après la mi-septembre.

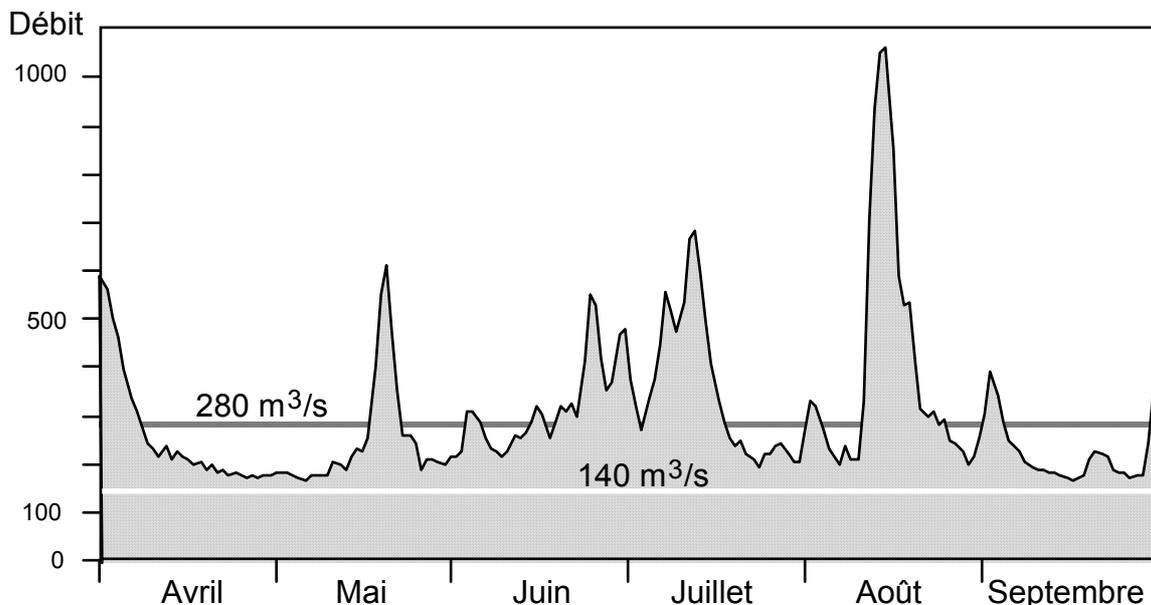


Figure 10-1 : Débits de la Saône durant la Phase II de suivi de la masse d'eau

Dans la pratique, pour savoir combien de stations prendre en compte à chaque campagne, nous nous sommes servi des débits disponibles en temps réel sur les serveurs de la CNR ou de la DIREN. Ces débits se sont avérés à terme légèrement inférieurs à ceux officiellement validés par la DIREN en fin d'année. De fait, les campagnes à 3 ou 5 stations ont été effectuées à des débits légèrement supérieurs aux débits de référence que nous nous étions fixés.

## 10.2 - Suivi de la qualité physicochimique des eaux de la Saône d'avril à septembre 2007

### 10.2.1 - Matériel et méthodes

Les analyses ont été réalisées aux différentes stations précédemment définies par prélèvement direct en bateau sous la surface dans la veine d'eau principale. Ces analyses avaient comme objectifs, d'une part, de positionner la qualité de l'eau par rapport aux référentiels existants aux environs des sites, d'autre part, de faire ressortir ce qui vient du fond géochimique normal de ce qui est lié à des altérations anthropiques.

Les différents paramètres analysés recouvrent les principales classes d'altérations définies par le SEQ-Eau et susceptibles de conditionner et/ou d'altérer la dynamique planctonique, à savoir :

- les matières azotées hors nitrates (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>) ;
- les nitrates NO<sub>3</sub> ;
- les matières phosphorées (PO<sub>4</sub>) ;
- les particules en suspension (MES, turbidité et transparence au disque de Secchi) ;
- la température ;
- l'acidification (pH) ;
- la minéralisation (estimation globale au travers de la conductivité) ;
- les effets des proliférations végétales (chlorophylle a et phéopigments).

Les mesures de température, oxygène dissous, pH, conductivité, transparence ont été réalisées sur le terrain par nos soins (sonde multiparamètres WTW 197i), tandis que les autres analyses ont été confiées à un laboratoire expert, le laboratoire CARSO-LSEH de Lyon.

Les échantillons sont conservés dans un premier temps en enceinte réfrigérée jusqu'à leur remise en fin d'après-midi au laboratoire d'analyse.

Les techniques d'analyses sont les suivantes, en accord avec les normes analytiques correspondantes :

- Electrométrie pour la température, la conductivité et le pH (sondes WTW) ;
- Electrochimie pour l'oxygène dissous (sonde WTW) ;
- Injection en flux continu (FIA) pour NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub> (NF EN ISO 13995 et 11732, ISO 15681-1) ;
- Chromatographie ionique pour NO<sub>3</sub> (NF EN ISO 10304) ;
- Gravimétrie pour les MES (NF EN 872) ;
- Néphélométrie pour la turbidité (NF EN ISO 7027) ;
- Spectrophotométrie pour la chlorophylle a et les phéopigments (NF T90-117).

Parallèlement à ces mesures de surface, un profil vertical a été réalisé tous les mètres en période de basses eaux à chacune des stations pour les paramètres température, oxygène, pH et conductivité afin de mettre en évidence d'éventuels phénomènes de stratification.

## 10.2.2 - Résultats

Les résultats des analyses d'eau sont consignés dans le tableau 10.I et dans la figure 10.2.

L'examen du tableau permet de voir d'entrée que nous nous sommes trouvés en 2007 dans une situation de qualité d'eau assez exceptionnelle pour la Saône puisque, en dehors de la turbidité et de la transparence naturellement fortement altérées naturellement par les crues, le seul paramètre déclassant est les nitrates qui dépassent légèrement les 10 mg/l quelques semaines par an, tout en restant très proches de cette limite le reste du temps.

L'année 2007 se caractérise par une montée rapide et précoce des températures de l'eau suite à un mois d'avril très sec et excessivement chaud (fig. 10.2). Par contre, elles se stabilisent ensuite à un niveau modeste suite à la dégradation du temps et aux débits élevés qui vont perdurer durant toute la belle saison. De fait, l'essentiel du cycle saisonnier apparaît escamoté. En dehors de l'impact ponctuel des crues, l'information apparaît assez confuse, mais dans l'ensemble il ne semble pas y avoir de différences significatives entre les stations, à part une transparence nettement plus grande de l'eau à La Mulatière en début de chronique.

L'analyse en composante principale permet de dégager les tendances générales (fig. 10.3). Les deux premiers axes de l'analyse émergent de l'ensemble (fig. 10.3 A), et le cercle des corrélations des différentes variables sur ces deux axes permet de voir les liens entre les différents paramètres (fig. 10.3 B). L'ambiguïté des résultats apparaît directement avec l'orthogonalité des facteurs température et débit qui s'expriment sur les deux axes à la fois (à 45° par rapport aux axes F1 et F2). Les vecteurs de ces deux paramètres, déterminant en hydrobiologie, s'orientent normalement en directions opposées (forte corrélation négative), les températures croissant habituellement avec la baisse du débit à la belle saison. Ici, leurs orientations orthogonales indiquent qu'il n'y a pas la moindre corrélation entre ces deux paramètres, ce qui explique que tout le reste soit assez confus. On note toutefois que la turbidité, les matières en suspension et la silice sont logiquement corrélés au débit, tandis que la conductivité, la teneur en nitrate et la transparence le sont négativement. Les paramètres plus biologiques sont quant à eux très reliés à la température, ammoniacque, nitrites et phéopigments répondant aux températures élevées, la chlorophylle, le pH, l'oxygène, étant associées aux basses températures.

Le report des relevés (toutes stations confondues) sur ces deux axes (fig. 10.3 C) permet de suivre l'évolution temporelle de la situation. En l'absence de cycle saisonnier, ce sont les périodes de basses eaux d'avril et septembre qui se distinguent de l'ensemble. Le début du printemps se caractérise par une plus forte teneur en azote (en négatif sur l'axe 2), tandis que la fin du printemps se distingue par des concentrations plus élevées en phosphates. Il s'agit toutefois de distinctions très subtiles puisque l'on a vu sur le tableau 10.I que toute cela restait dans une amplitude de variation excessivement étroite.

Exprimés sur l'axe temporel (fig. 10.3 D), les relevés des deux stations amont et aval suivent une évolution à peu près similaire, traduisant le peu d'impact de l'agglomération durant cette période d'étude. Quant aux variations exprimées, elles ressortent plus de la puissance de l'analyse que de leur importance réelle.

Tableau 10.I : Relevés physicochimiques sur les cinq stations d'étude, stations amont et aval relevées stations 2 et 4 seulement pour les débits inférieurs à 140m3/s : les couleurs correspondent aux

Station : GEN-1		5-avr	12-avr	19-avr	26-avr	3-mai	10-mai	15-mai	24-mai	31-mai	7-juin	14-juin	21-juin
Heure		12h20	10h00	10h15	9h15	9h30	9h30	9h10	10h15	10h15	10h15	10h25	10h20
D'bit (m3/s)		415	240	145	120	120	120	240	280	220	250	310	380
Température air (°C)		13,4	20,4	16,0	21,8	15,2	17,0	15,8	23,5	17,5	21,2	24,3	22,7
Température eau (°C)		10,6	13,8	17,2	19,6	19,9	19,4	17,8	19,4	19,3	19,6	22,2	22
Conductivité (µS)		417	426	450	473	498	516	496	442	433	423	437	425
pH (u. pH)		8,0	8,0	8,0	7,8	7,9	7,8	7,8	7,7	7,9	7,8	7,8	7,8
O2 dissous (mg/l)		10,1	10,2	9,5	7,8	7,7	7,4	7,0	7,9	7,6	7,5	7,5	7,5
O2 saturation (%)		91	99	99	87	90	81	74	87	83	84	88	84
Transparence (cm)		140	130	140	200	160	160	70	120	130	50	75	60
Turbidité (NTU)		7,5	6,1	11	2,6	5,8	9,1	23	11	10	56	8,4	35
Matières en suspension (mg/l)		8,8	6,0	7,4	2,6	4,2	4,2	13	7	10	17	14	13
Chlorophylle a (µg/l)		1,0	4,02	1,52	0,59	1,46	2,13	1,3	1,12	0,93	<1	1	<1
Phéopigments (µg/l)		0,94	2,88	2,0	4,15	2,74	1,72	4,03	2,49	4,2	5	2	6
Ammonium (mg/l NH4)		<0,05	<0,05	0,06	0,06	0,14	0,09	0,2	0,07	0,09	0,06	<0,05	0,06
Nitrites (mg/l NO2)		0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,04	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,09
Nitrates (mg/l NO3)		9,9	9,5	9,7	9,8	9,1	8,5	8,5	11	11	8,9	7,9	10,6
Orthophosphates (mg/l PO4)		0,081	0,081	0,087	0,095	0,162	0,146	0,225	0,173	0,169	0,182	0,111	0,246
Silice (mg/l SiO2)		3,4	2,5	2,5	2,1	2,9	3,2	3,5	4,3	5	6,7	5,3	6
Station : COM-2		5-avr	12-avr	19-avr	26-avr	3-mai	10-mai	15-mai	24-mai	31-mai	7-juin	14-juin	21-juin
Heure					11h	11h	10h30						
D'bit (m3/s)					120	120	120						
Température air (°C)					19,4	15,3	20,0						
Température eau (°C)					19,4	19,9	19,3						
Conductivité (µS)					479	484	512						
pH (u. pH)					7,7	7,7	7,6						
O2 dissous (mg/l)					8,1	7,7	6,9						
O2 saturation (%)					89	86	76						
Transparence (cm)					220	120	200						
Turbidité (NTU)					2,4	5,6	5,7						
Matières en suspension (mg/l)					2	4	3,8						
Chlorophylle a (µg/l)					1,7	1,3	1,35						
Phéopigments (µg/l)					3,53	2,37	2,13						
Ammonium (mg/l NH4)					<0,05	0,13	0,09						
Nitrites (mg/l NO2)					0,05	0,05	0,05						
Nitrates (mg/l NO3)					9,8	9,4	8,8						
Orthophosphates (mg/l PO4)					0,1	0,17	0,144						
Silice (mg/l SiO2)					2,1	2,7	3,2						
Station : COV-3		5-avr	12-avr	19-avr	26-avr	3-mai	10-mai	15-mai	24-mai	31-mai	7-juin	14-juin	21-juin
Heure			11h10	11h15	11h	12h15	11h45	11h	11h45	11h45	11h30		
D'bit (m3/s)			240	145	120	120	120	240	280	220	250		
Température air (°C)			21,4	17,7	19,4	19	20,8	15,2	24,6	17,1	24,4		
Température eau (°C)			13,9	17,2	19,4	20	19,5	18,4	19,4	19,6	19,9		
Conductivité (µS)			426	456	479	482	512	534	448	430	441		
pH (u. pH)			8,0	7,8	7,7	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8		
O2 dissous (mg/l)			10,2	10,8	8,1	7,3	7,6	7,6	8,6	8,4	8,2		
O2 saturation (%)			99	107	89	82	83	81	95	92	92		
Transparence (cm)			130	190	220	140	215	150	160	150	80		
Turbidité (NTU)			5,7	5,5	3,2	4,7	5,5	12	13	7,4	39		
Matières en suspension (mg/l)			5,6	4	2,6	3	2,4	7,4	7,6	6,6	12		
Chlorophylle a (µg/l)			1,24	0,5	0,73	0,62	0,51	0,57	1,57	0,84	1,01		
Phéopigments (µg/l)			0,91	3,68	5,17	4,03	3,51	3,74	2,01	3,6	2,07		
Ammonium (mg/l NH4)			<0,05	0,06	<0,05	0,09	0,06	0,10	0,07	0,10	0,08		
Nitrites (mg/l NO2)			0,03	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07		
Nitrates (mg/l NO3)			9,4	9,8	9,7	9,4	8,8	8,3	10,9	11,5	9,1		
Orthophosphates (mg/l PO4)			0,082	0,058	0,114	0,163	0,151	0,159	0,186	0,221	0,185		
Silice (mg/l SiO2)			2,5	2,2	2,1	2,9	3,8	3,2	4,6	5,3	5,0		
Station : COL-4		5-avr	12-avr	19-avr	26-avr	3-mai	10-mai	15-mai	24-mai	31-mai	7-juin	14-juin	21-juin
Heure					14h	13h45	13h45						
D'bit (m3/s)					120	120	120						
Température air (°C)					22	19,1	22,0						
Température eau (°C)					19,7	20,2	20						
Conductivité (µS)					494	483	528						
pH (u. pH)					7,9	7,7	7,8						
O2 dissous (mg/l)					8,6	7,5	7,6						
O2 saturation (%)					95	83	84						
Transparence (cm)					270	280	270						
Turbidité (NTU)					1,9	2,2	3,9						
Matières en suspension (mg/l)					<2,0	<2,0	2,4						
Chlorophylle a (µg/l)					0,27	1,84	1						
Phéopigments (µg/l)					1,43	3,05	1						
Ammonium (mg/l NH4)					<0,05	0,09	0,07						
Nitrites (mg/l NO2)					0,06	0,06	0,05						
Nitrates (mg/l NO3)					9,9	9,5	8,8						
Orthophosphates (mg/l PO4)					0,107	0,156	0,154						
Silice (mg/l SiO2)					2,2	2,7	3,2						
Station : MUL-5		5-avr	12-avr	19-avr	26-avr	3-mai	10-mai	15-mai	24-mai	31-mai	7-juin	14-juin	21-juin
Heure			10h30	12h45	14h15	15h30	15h15	15h30	13h15	14h	14h15	14h	13h30
D'bit (m3/s)			415	240	145	120	120	120	240	280	220	250	310
Température air (°C)			14,4	24,2	19,3	22	21,3	22,5	17,7	27,1	18,1	26	25,8
Température eau (°C)			10,5	13,9	17,7	20,2	20,3	20,3	18,6	19,4	19,6	20,2	22,4
Conductivité (µS)			425	435	463	483	498	529	542	463	439	450	441
pH (u. pH)			8,0	7,9	7,9	7,8	7,8	7,7	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9
O2 dissous (mg/l)			10,7	10,3	10,2	9,3	8	7,6	7,7	8,4	7,8	8	7,6
O2 saturation (%)			97	101	109	104	90	85	83	92	87	89	89
Transparence (cm)			125	200	290	300	280	400	90	195	190	110	110
Turbidité (NTU)			7,7	3,8	3,9	1,7	1,4	2	16	11	3,5	27	3,3
Matières en suspension (mg/l)			9,4	3,2	2,6	<2,0	<2,0	<2	7,2	5,6	4,2	8	10
Chlorophylle a (µg/l)			1,23	1,67	0,36	0,65	1,76	1,03	0,66	1,43	<0,1	0,65	1
Phéopigments (µg/l)			0,71	1,16	2,73	8,65	2,23	1,05	2,18	1,33	3,34	1,27	1
Ammonium (mg/l NH4)			<0,05	<0,05	0,05	0,08	0,06	0,1	0,09	0,09	0,11	0,08	0,07
Nitrites (mg/l NO2)			0,04	0,03	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06
Nitrates (mg/l NO3)			9,9	9,6	14,7	10	9,6	9,1	8,3	11	12,7	8,9	6,6
Orthophosphates (mg/l PO4)			0,098	0,103	0,085	0,1	0,132	0,177	0,172	0,196	0,229	0,231	0,223
Silice (mg/l SiO2)			3,7	2,7	2,3	2,3	2,7	3,6	3,4	4,6	5,2	6	5,7



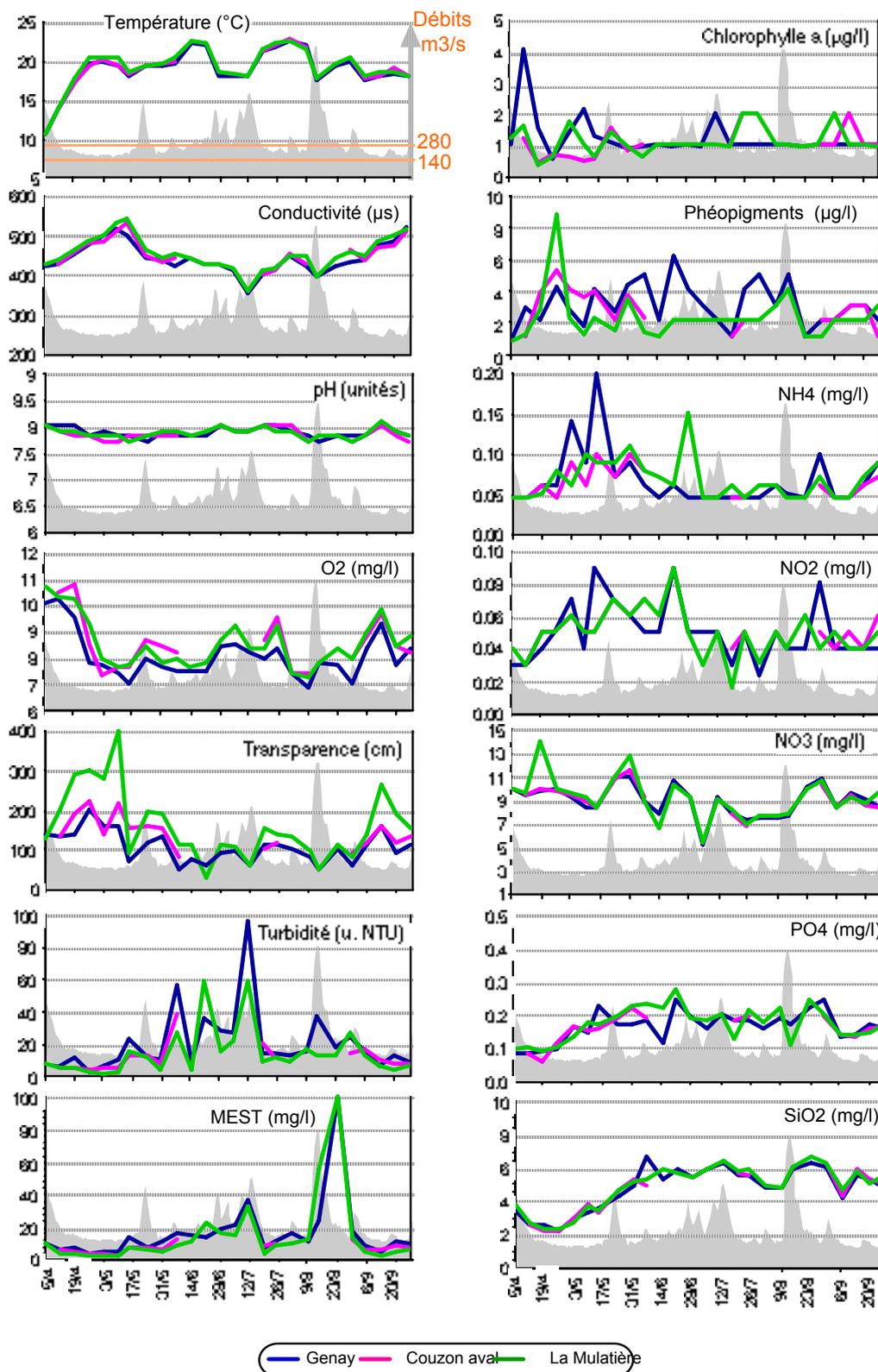


Figure 10-2 : Evolution temporelle des résultats des campagnes d'analyses physico-chimiques hebdomadaires. L'évolution du débit est figurée en arrière plan pour chaque paramètre.

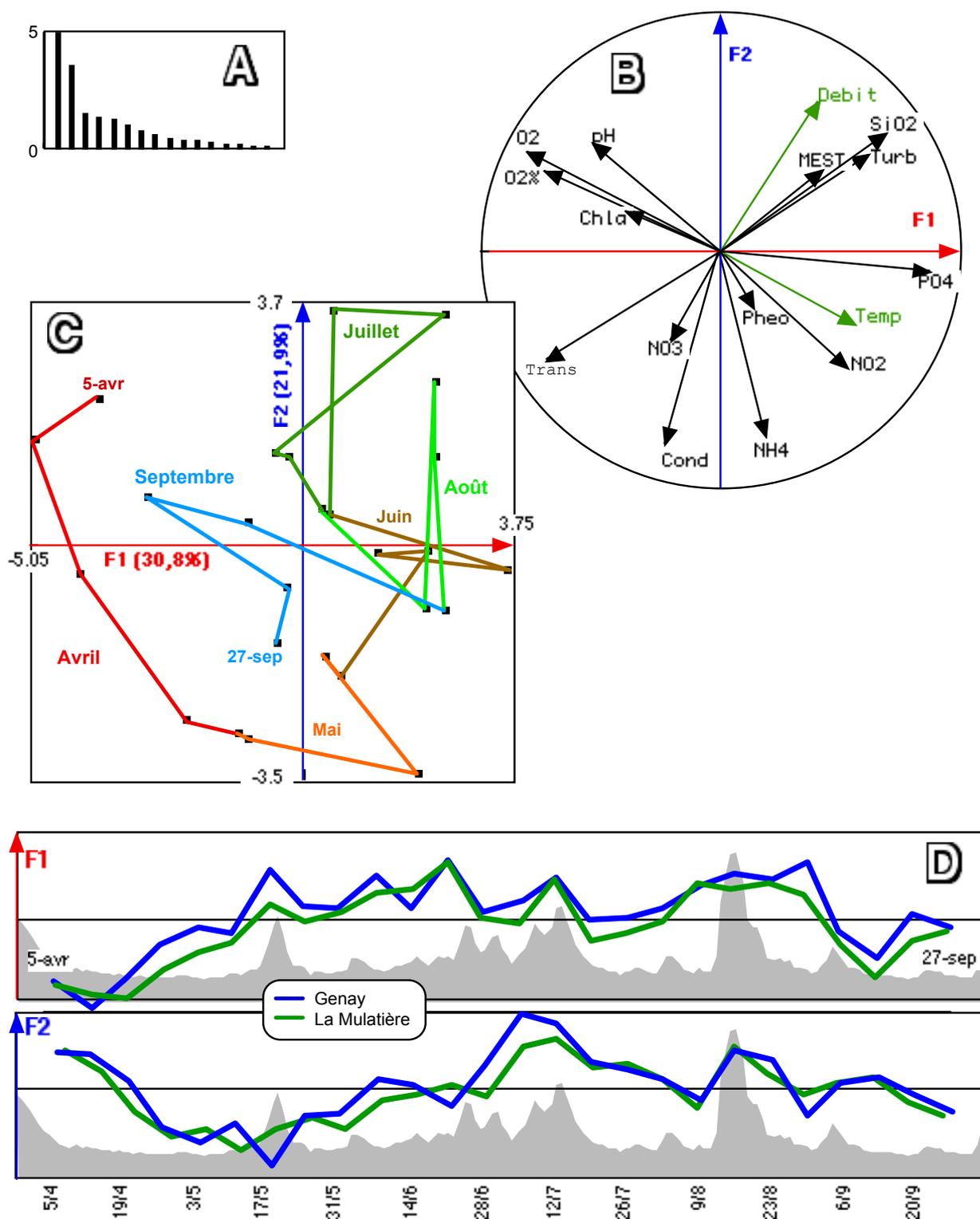


Figure 10-3 : ACP normée des variables de milieu sur le tableau des valeurs moyennes Genay-La Mulatière 26 relevés x 16 variables. **A** - Graphe des valeurs propres. **B** - Cercle de corrélation des variables sur les axes 1x2. **C** - Carte factorielle des relevés sur les axes 1x2. **D** - Coordonnées factorielles des relevés de chacune des stations projetés en individus supplémentaires sur les deux premiers axes. L'évolution temporelle du débit est figurée en gris en arrière plan.

L'analyse des variations verticales (fig. 10.4) montre que sur cette période, il n'y a pas de différences sensibles entre la surface et le fond. Tout juste perçoit-on une légère baisse du pH et de l'oxygène à proximité du fond, ce qui correspond à une réduction de la photosynthèse due à la turbidité, mais largement compensée par le brassage de la colonne d'eau engendré par les débits élevés. Là encore, et pour les mêmes raisons, les différences entre stations amont et aval sont anecdotiques en 2007.

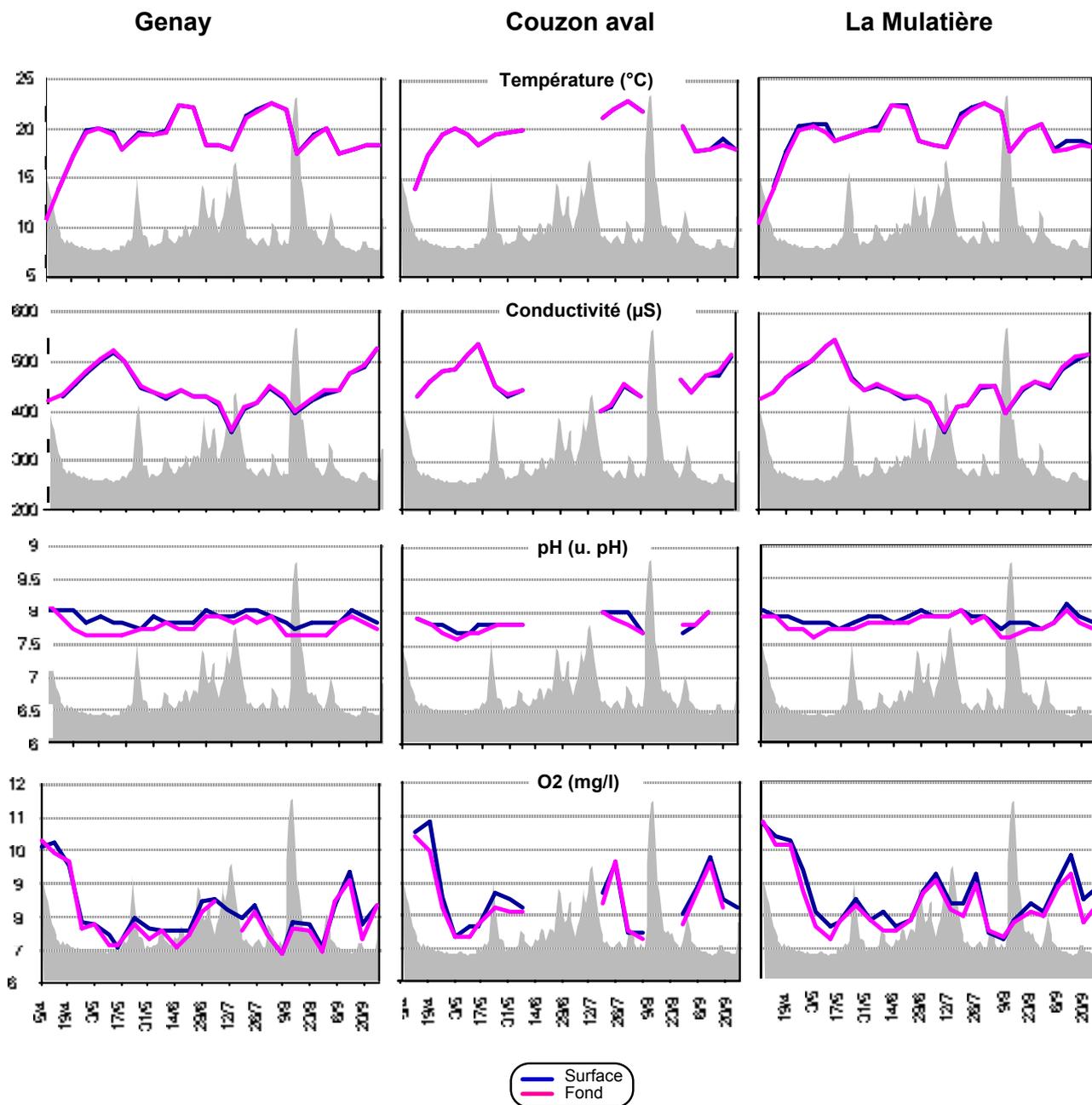


Figure 10-4 : Evolution temporelle des valeurs de surface et de fond des profils verticaux aux 3 stations. Fond respectivement à -10 m, -4 m et -8 m à GEN, COV et MUL.

### 10.2.3 - Conclusions

Dans le contexte de forte hydraulité qui a prévalu durant toute la belle saison 2007, la qualité des eaux de la Saône est apparue bonne, voire excellente pour un grand cours d'eau de plaine. Cela pourrait être presque perçu comme un état de référence avant toute intervention humaine, quoique la charge en nutriments reste supérieure à ce que procure la nature en temps ordinaire.

Le tableau 10.II fournit les moyennes des valeurs relevées lors des trois campagnes de suivi hebdomadaire effectuées par l'Université de Lyon sur la basse Saône en 1997, 1998 et 2007, et les met en rapport avec les données disponibles auprès de l'Agence de l'Eau. Les débits correspondent aux moyennes des valeurs observées aux dates de prélèvements, et ne prennent donc pas nécessairement en compte les pics de crue. 2007 fait partie des années humides sans plus (c'est surtout la répartition des crues qui sort de l'ordinaire). Le bilan photosynthétique est faible avec relativement peu de chlorophylle et donc d'oxygène dissous, et en corollaire une quantité proportionnellement importante de phéopigments, produits de la dégradation de la chlorophylle. La charge en nitrates reste significative, mais il semble que la baisse des orthophosphates soit une tendance assez solide sur la dernière décennie, ce qui démontre que les efforts réalisés au niveau des rejets ont un effet bénéfique.

Tableau 10.II : Etat moyen de la Saône à la belle saison de (moyennes des relevés effectués à la belle saison sur la Saône aval : en blanc par l'Université et en jaune par l'Agence de l'Eau)

	Années		1997	1997	1998	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007
<i>Paramètres</i>																
Débit			202	233	317	404	384	211	469	196	115	167			299	260
Température eau			19,8	19	18,5	18,8	19	19	17,7	17,9	21,6	19,9	18	20,2	18,9	18,3
Conductivité			467	555	506	555	492	494	501	512	606	573	558	507	429	516
pH			7,75	8,1	8,1	8	8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	8	8,1	7,87	8
O2 dissous			8,6	8,4	9,7	8,6	8,6	8,3	8,5	8	7,4	9	9	8,4	8,05	8,6
O2 saturation				92	96	93	94	91	92	84	81	101	94	94	87	94
Transparence			180		1,55										106	
Chlorophylle a				2,4	5,7	2	1,6	1,2	2,6	2,3	3,8	0,9	1,2	3,8	1,08	1,6
Phéopigments				7,1	3,8	2,4	2,7	1,2	0,8	0,5	0,7	4,5	2,8	4,9	2,97	3,2
Nitrates			6,5	8,5	7,8	8,3	8,4	7,4	8,7	6,5	3,4	6,7	8,8	10,6	8,92	9,4
Orthophosphates			0,41	0,26	0,39	0,26	0,23	0,22	0,25	0,21	0,21	0,20	0,20	0,16	0,16	0,17

On peut considérer l'année 2007 comme un bon état de référence pour une année pluvieuse, mais cela ne préjuge pas de ce qui peut se passer en année "normale" et encore moins en année sèche. Dans de telles conditions, l'impact de l'agglomération lyonnaise n'est pas perceptible au niveau des paramètres physico-chimiques classiques.

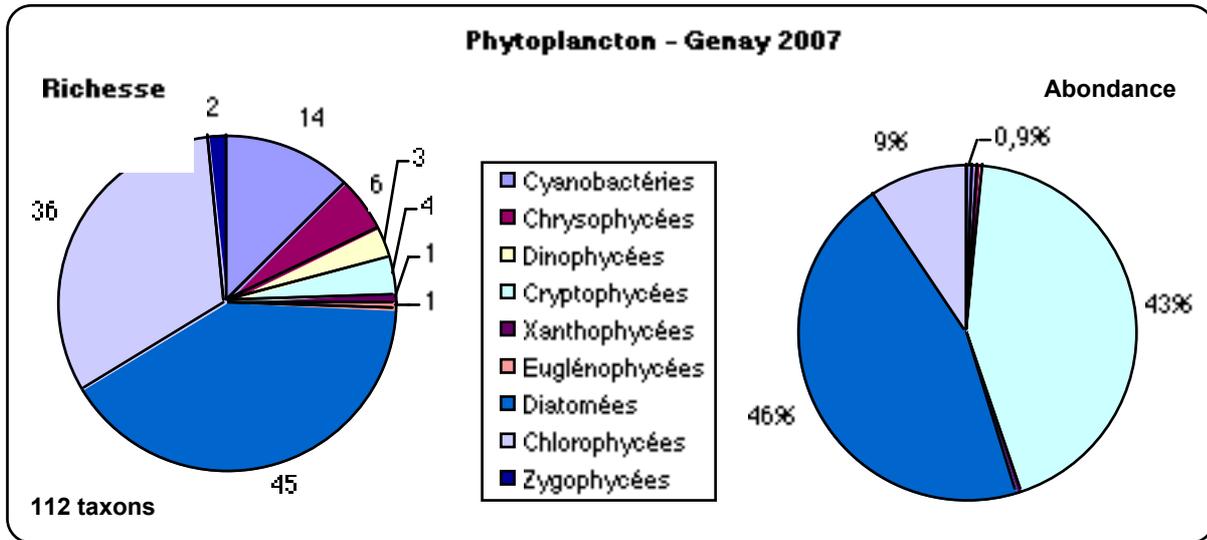


Figure 10.5 - Richesse taxonomique et abondance relative des groupes floristiques du phytoplancton

Tableau 10.III Abondance et occurrence des principaux taxons du phytoplancton échantillonnés en 2007 à la station de Genay

Taxon	Abondance (%)	Occurrence (x/26)	
Rhodomonas minuta var. nannoplanctonica	38,16	25	Taxons dominants
<u>Diatomées Centriques non différenciées</u>	<u>21,49</u>	<u>25</u>	
Skeletonema subsalsum	4,87	23	Taxons sub-dominants
Cryptomonas sp.	4,62	21	
Aulacoseira granulata var. angustissima	2,99	8	
Cyclostephanos dubius	2,71	13	
Chlorophycées indéterminées	2,21	20	
<u>Navicula sp.</u>	<u>2,11</u>	<u>20</u>	
Nitzschia sp.	1,55	22	Taxons résidants
Flagellés	1,34	10	
Stephanodiscus neoastraea	1,14	10	
<u>Melosira varians</u>	<u>1,12</u>	<u>11</u>	
Cocconeis placentula	0,74	10	Taxons sub-résidants □0,5%
Navicula capitatoradiata	0,74	8	
Scenedesmus quadricauda	0,71	12	
Hyaloraphidium contortum	0,69	12	
Navicula lanceolata	0,63	7	
Phacotus lendnerii	0,56	12	
Surirella brebissonii	0,51	10	
Rhoicosphenia abbreviata	0,51	5	

## 10.3 - Suivi du développement planctonique

Compte tenu de l'ampleur du travail nécessité par l'étude du plancton, et donc de son coût, il était prévu d'effectuer tous les prélèvements, mais de n'en dépouiller qu'une fraction, la sélection devant s'opérer après coup et porter sur les campagnes de mesure et les stations jugées les plus pertinentes d'après l'hydrologie et les résultats physico-chimiques.

Dans le contexte hydrologique de l'année 2007, il est apparu inutile de s'intéresser à plusieurs stations sauf aux périodes de basses eaux de début mai (campagne du 10 mai) et de début août (campagne du 8 août). Nous avons par contre décidé de dépouiller tous les relevés de la station de Genay afin de disposer d'une chronique hebdomadaire complète de la dynamique planctonique de la Saône à son entrée dans l'agglomération.

### 10.3.1 - Phytoplancton

#### 10.3.1.1 - Matériel et méthode

Un prélèvement intégré de 30 litres d'eau au total est réalisé à l'aide d'une bouteille à prélèvement de type Van Dorn (10 litres prélevés à 1 m sous la surface, 10 autres prélevés à mi profondeur et les 10 derniers à 1 m au dessus du fond). Les trois prélèvements sont mélangés et un échantillon de 100 ml d'eau est prélevé au sein de ces 30 litres, fixé au lugol, et conservé à l'abri de la lumière. L'utilisation de l'eau brute permet de récolter tous les organismes contenus dans l'échantillon, quelles que soient leurs tailles, alors qu'un tamisage sélectionnerait automatiquement une classe d'individus en fonction de la maille du filet.

Le niveau de détermination est autant que possible celui de l'espèce. Le dénombrement est exprimé en nombre de cellules par ml pour chaque taxon.

#### 10.3.1.2 - Résultats

Le tableau 10.IV compile l'ensemble des données qui sont résumées dans la figure 10.5 et le tableau 10.V.

En terme de richesse (biodiversité), avec 112 taxons répertoriés le peuplement est dominé par les Diatomées et les Chlorophycées, qui représentent près des trois-quarts des espèces observées (fig. 10.5). Les Cyanobactéries sont les mieux représentées au sein des groupes floristiques secondaires. En terme d'abondance, cette diversité apparaît très relative puisque le peuplement est largement dominé par trois groupes : les Diatomées, les Chlorophycées et surtout les Cryptophycées en raison de l'abondance extrême de la seule minuscule *Rhodomonas minuta* au printemps.

Le tableau 10.V permet cependant de voir que des espèces relativement peu abondantes sont néanmoins très fréquentes, telles que *Skeletonema subsalsum*, *Cryptomonas* sp., les *Navicula* ou les *Nitzschia* qui apparaissent dans la plupart des prélèvements.

Exception faite de l'abondance très provisoire de *Rhodomonas minuta* au printemps, la quantité d'algues présente est très faible et traduit bien l'impossibilité pour elles de se développer dans ces conditions de forte hydraulité.

Tableau 10.IV : Suivi hebdomadaire de la composition du phytoplancton à l'entrée de l'agglomération (Genay) d'avril à septembre 2007

Classe	Taxons	GEN1 05/04	GEN1 12/04	GEN1 19/04	GEN1 26/04	GEN1 3/05	GEN1 10/05	GEN1 15/05	GEN1 24/05	GEN1 31/05	GEN1 07/06	GEN1 14/06	GEN1 21/06	GEN1 28/06	GEN1 05/07	GEN1 12/07	GEN1 19/07	GEN1 25/07	GEN1 01/08	GEN1 09/08	GEN1 14/08	GEN1 23/08	GEN1 30/08	GEN1 06/09	GEN1 13/09	GEN1 20/09	GEN1 27/09		
Cyanobact'ries	Anabaena flos aquae														8														
Cyanobact'ries	Anabaena circinalis																						4			4			
Cyanobact'ries	Anabaena solitaria							8																		4			
Cyanobact'ries	Aphanocapsa cf. holsatica													8															
Cyanobact'ries	Aphanizomenon flos aquae		8																							4			
Cyanobact'ries	Aphanizomenon flos aquae f. gracile														4														
Cyanobact'ries	Aphanizomenon issatchenkoi																								4				
Cyanobact'ries	Chroococcus sp.																								4				
Cyanobact'ries	Microcystis aeruginosa																					8							
Cyanobact'ries	Oscillatoria sp.			4												8	8	8											
Cyanobact'ries	Pseudanabaena acicularis								16					8													4		
Cyanobact'ries	Pseudanabaena sp.																										4		
Cyanobact'ries	Pseudanabaena limnetica		8																								4		
Cyanobact'ries	Pseudanabaena mucicola														8														
Chrysophyc'es	Codosiga botrytis												8																
Chrysophyc'es	Dinobryon elegantissimum					4						8																	
Chrysophyc'es	Dinobryon divergens																			8									
Chrysophyc'es	Dinobryon sociale	8		4																									
Chrysophyc'es	Dinobryon sociale var. stipitatum																												
Chrysophyc'es	Kephyrion sp.						0,2																						
Dinophyc'es	Ceratium hirundinella																								4		4		
Dinophyc'es	Gymnodonium lantzschii																				8								
Dinophyc'es	Peridinium sp.			4	8																								
Cryptophyc'es	Cryptomonas sp.	8		48	68	24	40	16	56					56	40				16	8	40	16	32	24	80	48	28	32	
Cryptophyc'es	Cryptomonas marsonii						8	8		8				8	8														
Cryptophyc'es	Rhodomonas minuta																												
Cryptophyc'es	Rhodomonas minuta var. nannoplanctonica	48	56	56	108	552	2648	616	224	64			208	56	32	80	8	24	32	0,2	64	40	8	80	4	80	256	360	312
Xanthophyc'es	Goniochloris mutica						8		8						8														
Euglenophyc'es	Trachelomonas volvocina																								4				
Diatom'es	Achnanthes sp.		16												8														
Diatom'es	Achnanthes catenata														4														
Diatom'es	Amphora ovalis						8			8					8							8							
Diatom'es	Amphora sp.																												
Diatom'es	Aulacoseira granulata									16																	4		
Diatom'es	Aulacoseira granulata var. angustissima						16	16		8	16	36		264						32	16					100			
Diatom'es	Cocconeis pediculus							8						8															
Diatom'es	Cocconeis placentula		8		4			16						8							16	16			8				
Diatom'es	Centriques non diff'renci'es (Cyclotellus dubius+Cyclotella spp+Stephanodiscus hantzschii	160	272	208	392	248	96	136	240	88	348	200	136	80	80		72	32	48	32	48	48	48	20	120	116	88	80	
Diatom'es	Cyclotellus dubius						16					8		8	8	16	56	56	72	16				40	28	56	48		
Diatom'es	Cyclotella ocellata	8									8		4		8														
Diatom'es	Cyclotella radiosa										8																		
Diatom'es	Cymatopleura elliptica											8										8							
Diatom'es	Cymbella sp.																										4		
Diatom'es	Diatoma tenue										8																		
Diatom'es	Diatoma vulgare						8	8			32																		
Diatom'es	Denticula tenuis				8																								
Diatom'es	Fragilaria acus					4													8	0,2									
Diatom'es	Fragilaria capucina var. vaucheriae																										4		
Diatom'es	Fragilaria longifusiformis	8																											
Diatom'es	Fragilaria ulna var. angustissima		8	4	4				8																				
Diatom'es	Fragilaria ulna	16	8	4	8	4								8		24	8					8							
Diatom'es	Frustulia vulgaris																								4				
Diatom'es	Gomphonema sp.											8																	
Diatom'es	Hantzschia amphioxys														8														
Diatom'es	Lagerheimia genevensis	8																											



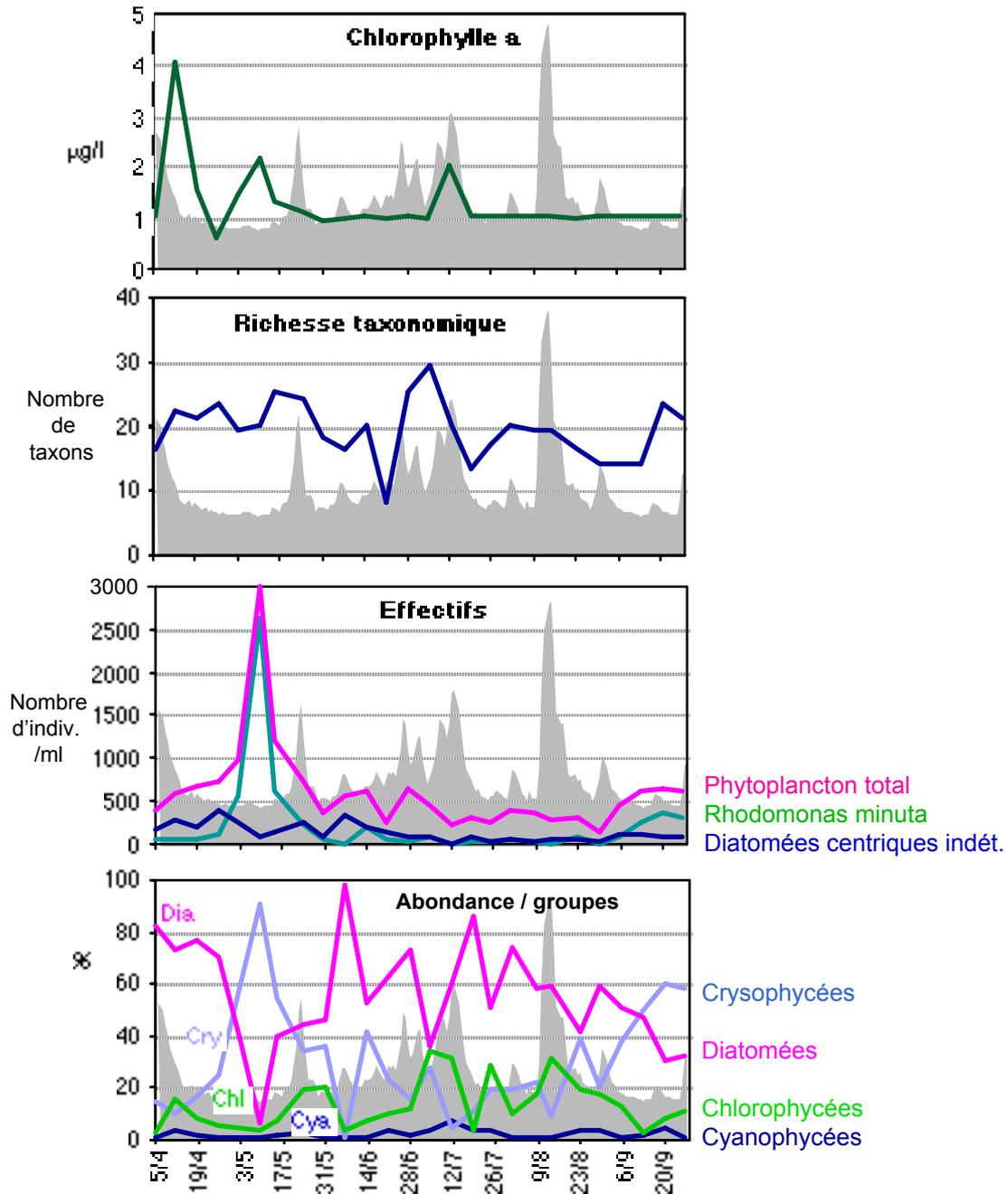


Figure 10.6 ; Evolution temporelle de différents paramètres descripteurs du phytoplancton à la station de Genay et comparaison avec l'hydrologie.

La dynamique temporelle, telle qu'on peut la percevoir sur la figure 10.6, fait apparaître en termes quantitatifs par un pic de Chlorophyll a au début de la période d'été printanier. Par la suite on note deux petites poussées, mais l'ensemble des valeurs restent très faibles, et ces variations peu significatives. La richesse taxonomique ne dépend à l'évidence pas du débit cette année-là, et au niveau des effectifs, la seule information notable est la poussée très fugace de *Rhodomonas minuta* au cœur de l'été printanier. On la retrouve en écho sur les abondances relatives par groupes, au sein desquels la prédominance des Diatomées le reste de la saison traduit la prévalence de conditions thermiques plutôt fraîches, les températures élevées favorisant les Chlorophycées.

Les deux premiers facteurs de l'analyse en composantes principales sont de puissances équivalentes (fig. 10.7 A). L'axe 1 est essentiellement déterminé par l'abondance des espèces dominantes, en positif sur cet axe (fig. 10.7 B), tandis que l'axe 2 distingue les relevés où deux diatomées, *Cyclostephanos dubius* et *Stephanodiscus neoastraea* sont plus présentes. Le plan factoriel des relevés (fig. 10.7 C) montre une grande variabilité de l'abondance selon les relevés, quelque soit la saison, sauf en septembre où les deux diatomées en question sont régulièrement présentes (axe 1), tandis que l'axe 2 distingue la période printanière à faible débit de tout le reste.

Exprimés sur l'axe temporel en liaison avec les débits (fig. 10.7 D), ces résultats montrent une tendance régulière à l'accroissement des abondances durant les périodes de basses eaux du début du printemps du cœur de l'été, et de septembre (axe 1) et une opposition entre la première partie du printemps, à faibles débits, et le reste de la chronique de juin à septembre.

L'étude de l'évolution longitudinale de la flore algale durant la traversée de l'agglomération repose sur 4 stations prospectées le 10 mai 2007 (le prélèvement de la station 3, Couzon aval, ayant été malencontreusement détruit lors de son transfert postal), et 3 stations le 9 août 2008 (Tableaux 10.V et 10.VI).

En mai, la microflore est dominée par *Rhodomonas minuta* qui conserve des effectifs importants jusqu'à la station de Collonges l'Île Barbe, mais les effectifs chutent considérablement une fois arrivé à la Mulatière. La faible densité des autres taxons ne permet pas de vérifier facilement cette tendance, mais à l'échelle des principaux groupes, elle reste perceptible chez les diatomées (surtout centriques non différenciées) et les Chlorophycées. Toutefois chez celles-ci, la chute apparaît plus précoce, puisque très perceptible, tant en abondance qu'en diversité, dès l'amont de Couzon, c'est à dire avant même la chute d'eau du barrage de Couzon.

En août, avec des débits un peu plus importants et donc des temps de transit plus courts, les différences entre stations sont bien moins nettes, mais il y a toujours une diminution de la quantité d'algues à la Mulatière, bien que leur diversité s'accroissent, notamment chez les Chlorophycées.

### 10.3.1.3 - Conclusion

En définitive, les échantillons de phytoplancton se sont avérés pour la plupart très chargés en matière organique détritique, d'une diversité faible comprise entre 8 et 29 taxons (moyenne 18 taxons), d'un nombre d'individu par ml également faible compris entre 144 et 2996 cel/ml (moyenne 708 cel/ml). La densité maximale a été rencontrée le 10/5/07 à GEN1 (2996 cel/ml) et assurée surtout par une petite espèce (*Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica*) qui est très intéressante pour les stades larvaires des poissons. Sa disparition rapide en mai indique a contrario que ces derniers ont sûrement dû manquer de nourriture, si tant est qu'ils aient survécu aux crues et aux chutes de températures. Globalement, les Cyanobactéries, à la fois témoins et causes d'une mauvaise qualité de l'eau, sont peu présentes dans ces analyses sinon le prélèvement GEN 1 du 20/9/07 où l'on a rencontré 6 taxons de cyanobactéries mais en très faible quantité.

Ainsi, la saison 2007 se caractérise par une bonne qualité de l'eau du fait de l'effet dilution exercée par les forts débits, mais avec en contrepartie une productivité primaire très faible, les vitesses de transit ne permettant pas un développement significatif de la flore algale, en outre gênée par la turbidité des eaux. Dans ces conditions, il n'était pas possible de voir se développer des communautés indicatrices, mais il est néanmoins intéressant de noter que l'extinction algale au cours de la traversée de l'agglomération restait perceptible, ce qui prouve que le phénomène est loin d'être anodin et mérite d'être réexaminé, selon le même protocole, mais dans des circonstances biologiquement plus favorables.



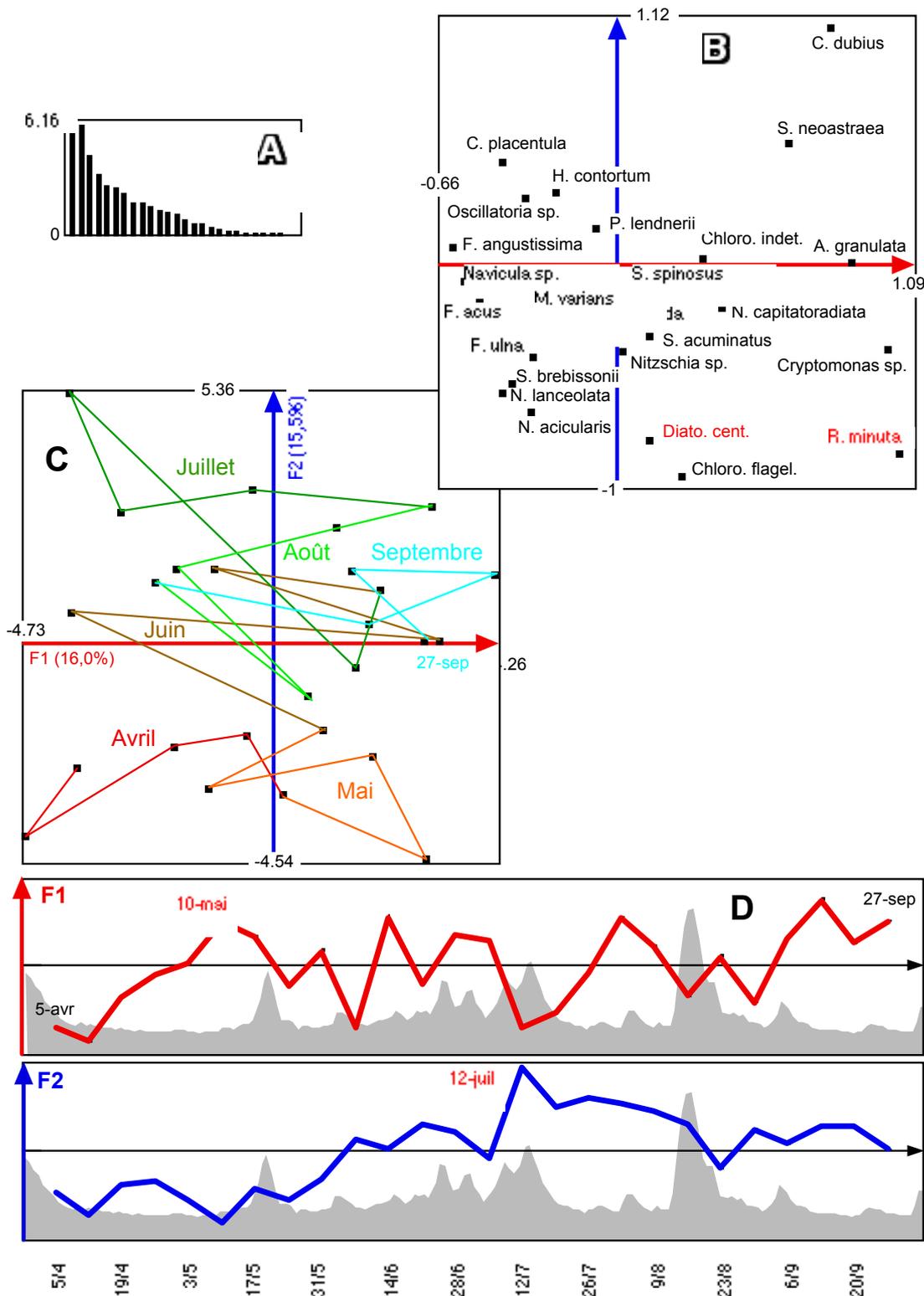


Figure 10.7 : ACP centrée du phytoplancton à Genay sur les espèces dominantes (i.e. ayant une occurrence  $\geq 25\%$  des relevés) sur le tableau 26 relevés x 26 espèces. A - Graphe des valeurs propres. B - Carte factorielle des espèces sur les axes 1x2. C - Carte factorielle des relevés sur les axes 1x2. D - Coordonnées factorielles des relevés sur les axes 1 et 2.

Tableau 10.V : Evolution de la composition du phytoplancton de la Saône durant sa traversée de l'agglomération lyonnaise le 10 mai 2007

Classe	Taxons	GEN1 10/5/07	COM2 10/5/07		COL4 10/5/07	MUL5 10/5/07
Chrysophycées	Erkenia subaequiliata					24
Chrysophycées	Kephyrion sp	8				
Dinophycées	Goniaulax apiculata					8
Dinophycées	Gymnodonium lantzschii	16	4			
Dinophycées	Peridinium willei				20	
Dinophycées	Peridinium sp					
Cryptophycées	Cryptomonas sp	40	56		4	28
Cryptophycées	Cryptomonas marsonii	8				
Cryptophycées	Rhodomonas minuta var. nannoplanctonica	2648	1792		2720	768
Xanthophycées	Goniochloris mutica	8				
Euglénophycées	Trachelomonas volvocina		4			
Diatomées	Aulacoseira granulata var. angustissima	16				
Diatomées	Centriques non différenciées (Cyclostephanos dubius+Cyclotella spp+Stephanodiscus hantzschii	96	16		16	
Diatomées	Cyclostephanos dubius		12			
Diatomées	Cyclotella radiosa		8			
Diatomées	Diatoma vulgare				8	4
Diatomées	Melosira varians				36	
Diatomées	Navicula capitatoradiata	8				
Diatomées	Navicula sp	8	20		20	4
Diatomées	Nitzschia acicularis	8			12	
Diatomées	Nitzschia sp	16	8			4
Diatomées	Skeletonema subsalsum	20	8		20	24
Diatomées	Surirella brebissonii	8				
Chlorophycées	Chlorophycées indéterminées	16				
Chlorophycées	Crucigenia fenestrata	8				
Chlorophycées	Flagellés	40			12	
Chlorophycées	Monoraphidium circinale	8				4
Chlorophycées	Monoraphidium griffithii	8				
Chlorophycées	Scenedesmus acutus					4
Chlorophycées	Scenedesmus opoliensis		8		20	
Chlorophycées	Scenedesmus spinosus	8				
	Nombre total de taxons	31	20	11	11	10
	Somme		2996	1936	2888	872
	Nombre de taxons par prélèvement		20	11	11	10

Tableau 10.VI : Evolution de la composition du phytoplancton de la Saône durant sa traversée de l'agglomération lyonnaise le 9 août 2007

Classes	Taxons	GEN1 09/08/07		COV3 09/08/07		MUL5 09/08/07
Cyanobact'ries	Anabaena flos aquae			4		
Cyanobact'ries	Oscillatoria sp					16
Chrysophyc'es	Bicoeca sp					4
Chrysophyc'es	Dinobryon sociale var. stipitatum					4
Chrysophyc'es	Kephyrion sp			4		
Dinophyc'es	Gymnodonium lantzschii	8				4
Cryptophyc'es	Cryptomonas sp	40		8		12
Cryptophyc'es	Rhodomonas minuta			8		
Cryptophyc'es	Rhodomonas minuta var. nannoplanctonica	40		8		12
Diatom'ees	Achnanthes sp			8		
Diatom'ees	Cocconeis placentula	16				4
Diatom'ees	Centriques non diff'renci'ees (Cyclostephanos dubius+Cyclotella spp+Stephanodiscus hantzschii	32		56		28
Diatom'ees	Cyclostephanos dubius	16		20		
Diatom'ees	Cyclotella bodanica			20		
Diatom'ees	Cyclotella radiosa			8		
Diatom'ees	Cymbella minuta					4
Diatom'ees	Fragilaria acus					8
Diatom'ees	Fragilaria rumpens			4		
Diatom'ees	Fragilaria ulna var. angustissima					8
Diatom'ees	Fragilaria ulna			4		8
Diatom'ees	Gomphonema sp	8		8		
Diatom'ees	Melosira varians	16				
Diatom'ees	Navicula capitatoradiata	8				
Diatom'ees	Navicula sp	8		52		4
Diatom'ees	Nitzschia sp	8		16		8
Diatom'ees	Skeletonema subsalsum	40		60		4
Diatom'ees	Stephanodiscus neoastraea	64				
Diatom'ees	Surirella brebissonii					4
Chlorophyc'es	Chlorophyc'es ind'termin'ees	8				24
Chlorophyc'es	Coelastrum cambricum	24		4		
Chlorophyc'es	Crucigenia tetrapedia					4
Chlorophyc'es	Dictiosphaerium pulchellum					4
Chlorophyc'es	Oocystis solitaria					4
Chlorophyc'es	Pediastrum simplex	8				
Chlorophyc'es	Phacotus lendnerii					4
Chlorophyc'es	Scenedesmus ecornis			4		
Chlorophyc'es	Scenedesmus bicaudatus	16		12		
Chlorophyc'es	Scenedesmus disciformis					4
Chlorophyc'es	Scenedesmus ovalternus	8				
Chlorophyc'es	Tetraselmis cordiformis					4
Chlorophyc'es	Treubaria setigera					4
	Nombre total de taxons	41		19		24
	Somme		368		308	184
	Nombre de taxons par pr'ilevement		18		19	24

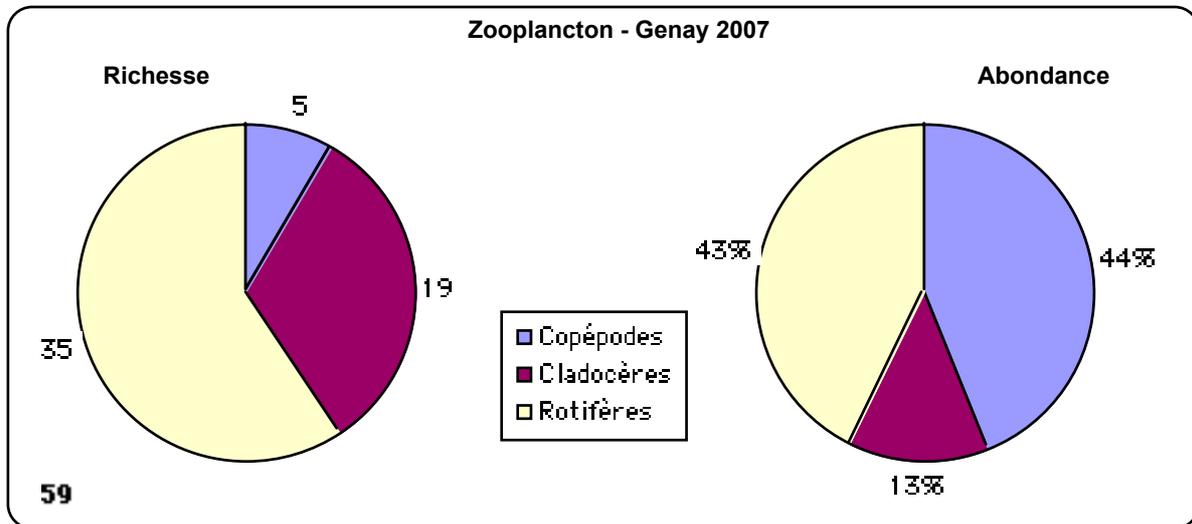


Figure 10.8 : Richesse taxonomique et abondance relative des groupes faunistiques du zooplancton en 2007 à la station de Genay.

Tableau 10.VII Abondance et occurrence des principaux types de zooplancton échantillonnés en 2007 à la station de Genay.

Taxon	Abondance (%)	Occurrence (x/26)	
Nauplii cycloptide	33,61	26	Taxons dominants
Synchaeta sp.	25,27	25	
Polyarthra sp.	8,69	26	
Cyclops total	6,68	26	
<u>Bosmine sp.</u>	<u>5,55</u>	<u>26</u>	
Bosmina longirostris	3,71	26	Taxons sub-dominants
<u>Keratella cochlearis</u>	<u>2,70</u>	<u>26</u>	
Calanide total	1,68	26	Taxons résidants
Nauplii calanoïde	1,30	18	
Chidoridae sp.	1,16	26	
Harpacticide total	1,10	26	
<u>Keratella quadrata</u>	<u>1,09</u>	<u>26</u>	
Rotifères bdelloïdes	0,94	21	Taxons sub-résidants □ 0,5%
Keratella cochlearis var. tecta	0,75	26	

## 10.3.2 - Zooplancton

On distingue dans ce compartiment trois grands groupes d'organismes animaux :

- les Rotifères, dont le temps de génération est inférieur à 2 jours ;
- les Cladocères, avec un temps de génération d'environ 15 jours ;
- les Copépodes, dont le temps de génération est d'environ 1 mois et plus.

### 10.3.2.1 - Matériel et méthode

Les 30 litres d'eau du prélèvement intégré aux trois profondeurs ont été filtrés sur un tamis de mailles de 40  $\mu$ , et les organismes sont immédiatement fixés au formol à 5%.

Les microcrustacés Cladocères et Copépodes ont été dénombrés et identifiés à l'espèce dans la mesure du possible, sinon au genre. Les différents stades de développement des Copépodes ont été pris en compte. Les Rotifères ont été également identifiés dans la mesure du possible, et dénombrés.

### 10.3.2.2 - Résultats

Le tableau 10.VIII compile l'ensemble des données qui sont résumées dans la figure 10.5 et le tableau X-IX.

En terme de richesse taxonomique (fig.10.5), les Rotifères constitue le groupe le plus diversifié, ce qui est habituel en grand cours d'eau, mais les Cladocères sont également bien diversifiés, alors que les Copépodes ne sont représentés que par cinq taxons. Par contre, en terme d'abondance, ces derniers rivalisent avec les Rotifères, organismes pourtant beaucoup plus petits, mais essentiellement par l'intermédiaire de leurs larves Nauplii, premiers stades de développement également de petite taille (tab. 10.VIII). Dans ce contexte, les Cladocères sont numériquement marginalisés.

Maintenant, en terme d'abondances absolues, on se trouve dans une situation d'extrême pauvreté. A titre comparatif, dans la seule étude comparable concernant la Saône (Duris 1999), les densités moyenne en zooplancton étaient de l'ordre de 100 individus par litre en 1997, contre seulement 15 ici. Et encore, les effectifs en microcrustacés estimés par Duris sont largement sous-estimés puisque décomptés après une filtration à 200  $\mu$  contre 40  $\mu$  présentement.

Pour les rotifères, les seuls traités de façon similaire dans les deux études, on avait recensé en moyenne 16 individus par litre en 1998, alors que l'on en a obtenu que 6,5 en 2007. Il est vrai que l'hydraulicité de l'année 1997 était carrément à l'inverse de celle de 2007, avec des hautes eaux au début du printemps, suivi d'un long étiage estival. Cependant, il convient de noter que les densités en rotifères signalées sur d'autres grands cours d'eau sont bien plus élevées: 500 à 3600 individus par litre sur la Loire (Lair et al. 1998), 300 à 1000 individus sur le Rhin (Admiraal et al. 1994), 70 à 500 individus par litre sur la Marne (Akopian et al. 1999).

Ainsi, la Saône, qui présente déjà en temps normal un déficit en zooplancton, a vu celui-ci singulièrement accentué par la forte hydraulicité de l'année 2007.

L'information que l'on peut espérer retirer de l'étude de sa dynamique dans ces conditions est alors forcément limitée.

Tableau 10.VIII. Evolution hebdomadaire du zooplancton de la Saône sur la station de Genay, d'avril à septembre 2007 (effectifs sur 30 l d'eau).

Stations Dates	Gen-1 5-avr	Gen-1 12-avr	Gen-1 19-avr	Gen-1 26-avr	Gen-1 3-mai	Gen-1 10-mai	Gen-1 15-mai	Gen-1 24-mai	Gen-1 31-mai	Gen-1 7-juin	Gen-1 14-juin	Gen-1 21-juin	Gen-1 28-juin	Gen-1 5-juil	Gen-1 12-juil	Gen-1 19-juil	Gen-1 25-juil	Gen-1 1-aoû	Gen-1 9-aoû	Gen-1 14-aoû en crue	Gen-1 23-aoû	Gen-1 30-aoû	Gen-1 6-sep	Gen-1 13-sep	Gen-1 20-sep	Gen-1 27-sep	
Volume d'eau filtrée 30L sur tamis de 50µm																											
<b>ROTIFERES :</b>																											
Synchaeta sp	35		73	238	1082	520	107	34	103	79	34	34	43	29	72	1	24	55	38	53	34,5	75	7	109	78	38	
Polyarthra sp	12	3	17	52	293	223	72	11	6	6	9	7	30	21	25,5	8	8	9	25	55	30	22,5	3	31	13	4	
Polyarthra sp (ovigère)					27	3	6																		3		
Filinia terminalis	3				1	1	16		1	1			1	4	9	1	1	1	1	2		4,5					
Filinia terminalis (ovigère)					1									1	1,5												
Keratella cochlearis var tecta (ovigère)	3		2	1	6	1	4	1																		1	
Keratella cochlearis var tecta	3			2	7	3	2				7	2	2	2	9	3	7	3	8			7,5	1		2		
Keratella cochlearis (ovigère)	9	1	10	10	28	19	8			2					1,5												
Keratella cochlearis	8	6	18	17	36	27	21	2	4	13	3	4	1	3	33	3	3	1	19	1	3	3	1	1	7	1	
Asplanchna priodonta	1	1	1	1	6	4	3	1		1			2	9	6					3	4,5	3					
Brachionus rubens	1		1		2		1														2						
Keratella cf valga	3	1							1																		
Keratella cf valga (ovigère)				3																							
Brachionus angularis	2	5	1	1	1		3								10,5						1	1,5	3				
Brachionus angularis (ovigère)	1						2					1															
Euchlanis sp			1	3	8	1	5		1	6	2	2			1			1								2	
Rotifères bdelloides	2		4	1	3	2	18	1	1	1		1	2		1,5			1		1	30	3	25,5	7	6	3	5
Lecane sp (=Euchlanis sp+Cephalodella sp+Encenterim uncinatum+Lecane flexilis)	1	9	1	5	7				1	1		1										1,5	3		1	3	
Keratella quadrata	4	2	4	9	16	6	5	5	2	3	5	13	8	2	15	2	2	1	1	2		7,5	1		1	4	
Keratella quadrata (ovigère)		1	3	1	6			1						1	3												
Brachionus calyciflorus	4	5		3	4		6			2		1	3		1,5	1						9					
Brachionus calyciflorus (ovigère)	2	1		2	3					2																	
Cephalodella cf gibba										2																	
Lecane Monostyla sp															3	3	4			1	3					3	
Lecane bulla			1							2											2					1	
Colurella adriatica			1		1				1														3				
Euchlanis dilatata				1		1		1		1	1		1									1,5	1,5		2	1	4
Testudinella cf mucronata				1		1																					
Testudinella sp											1															1	
Cf Notholca squamula						1																					
Kellicottia longispina								1		1					3									6	3	2	4
Cf Brachionus quadridentatus var. cluniorbicularis								1				1															
Keratella cf tropica						2				1					1,5			1				1,5					
Lepadella ovalis										1					1							3					
Lecane ludwigii var. stokesii										1									1								
Trichocerca cf capucina												1						1		1		5	1,5				
Brachionus quadridentatus var. brevispinus															1												
Trichocerca sp															6											1	
Brachionus diversicornis																					1	1					
cf Brachionus urceolaris																					1						
Macrochaetus sp													2		1,5					2	7	3			1	2	
Rotifères indéterminées																									3	2	
Cf Filinia opoliensis																											
Brachionus sp																					1		1,5				
<b>Total rotifères</b>	<b>94</b>	<b>35</b>	<b>144</b>	<b>348</b>	<b>1538</b>	<b>812</b>	<b>283</b>	<b>57</b>	<b>121</b>	<b>131</b>	<b>58</b>	<b>69</b>	<b>104</b>	<b>65</b>	<b>205,5</b>	<b>22</b>	<b>51</b>	<b>73</b>	<b>102</b>	<b>169</b>	<b>88,5</b>	<b>178,5</b>	<b>26</b>	<b>157</b>	<b>123</b>	<b>63</b>	
<b>COPEPODES :</b>																											
Nauplii cycloptide	26	13	46	132	674	834	640	71	61	59	55	116	136	41	69	23	38	107	256	135	60	99	76	33	67	113	
Exuvie cyclops stade 1			2	2																							
Exuvie cyclops stade 3				2																							
Cyclops stade 1	3		7	5	74	82	25	1	2		2	8	14	3	1,5	3	1	18	54	10	6	3	7	14	8	2	
Cyclops stade 2	2		1	6	22	38	16		1	1	1	1	4	1	4,5	1		5	27	2		4,5	1	3	7	4	
Cyclops stade 3		1	1		15	18	9		1	1	1	2	4	1				3	10	8	1,5	4,5	2	4	3		
Cyclops stade 4			1	4	13	15	7		1	1	2	2		1	1,5	1	2	2	8		1,5	4,5	1	1	2		
Cyclops stade 5	1	1		1	2	9	8	2	1	1		3		1	1,5		1	5	1	2	1,5	4,5	1	1	1		
Cyclops mâle			1	5	5	8	4			2		1	3	3			1	4	1	5	5	1,5			1		
Cyclops femelle										1 (cf vicinus)		1	2				1	1	3	2							
Cyclops femelle ovigère					2	2	1					1							1*	1	1,5*	1,5				1	



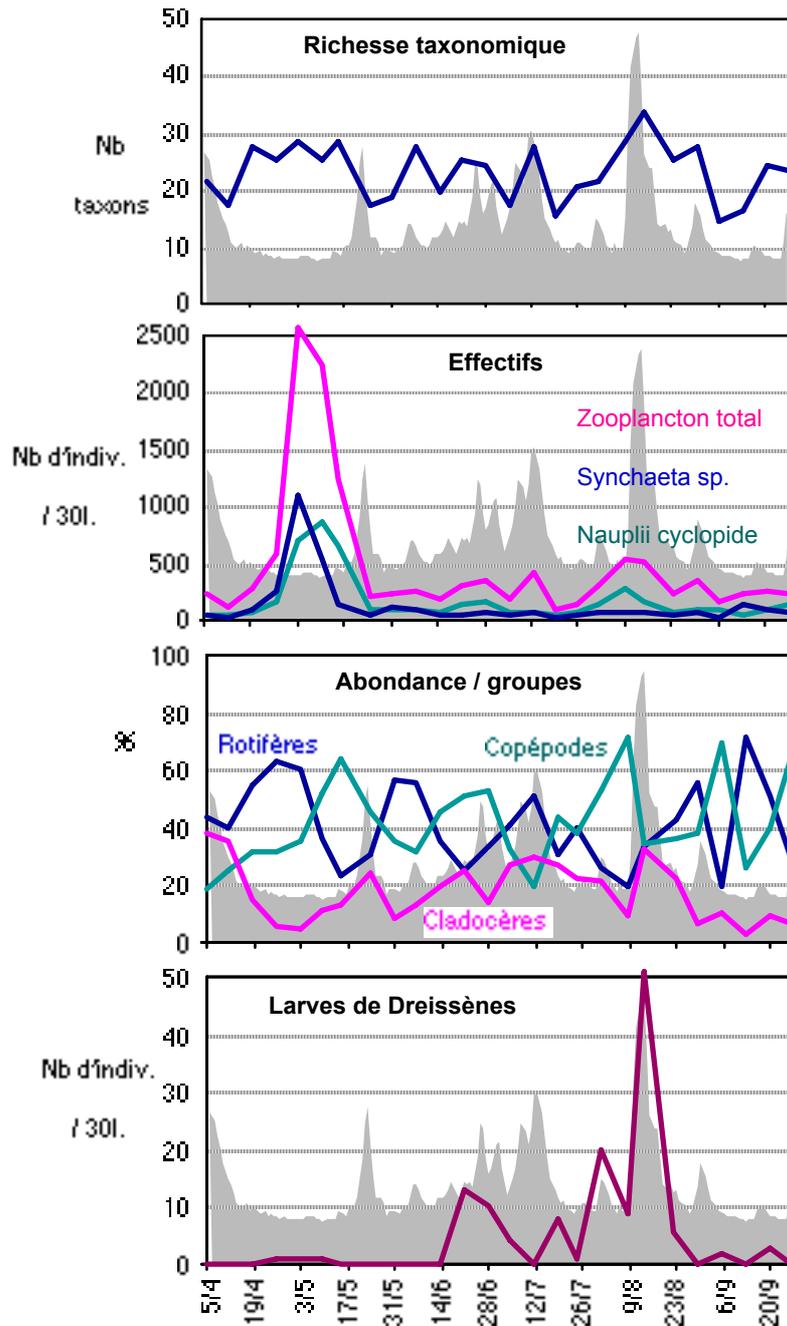


Figure 10.9 : Evolution temporelle de différents paramètres descripteurs du zooplancton à la station de Genay et comparaison avec l'hydrologie

L'analyse de l'évolution temporelle du peuplement (fig. 10.9) ne montre pas de variation significative dans sa diversité, mais une forte fluctuation des effectifs avec un pic centré sur l'étiage du mois de mai, et une vague recrudescence juste avant et au début de la crue du mois d'août. Le pic de mai porte sur la plupart des organismes, mais s'exprime d'abord au niveau des rotifères (notamment du genre *Synchaeta*) avant que les larves (Nauplii) puis les adultes de copépodes ne prennent le relais, occasionnant alors un effondrement des Rotifères par effet de compétition ou de prédation. Les cladocères semblent quant à eux surtout liés aux montées d'eau, sans doute par l'intermédiaire du lessivage des annexes fluviales habituellement stagnantes qui constituent leur

habitat d'élection en milieu fluvial. Les crues s'accompagnent par contre toujours d'une chute des effectifs de copépodes.

La présence de femelles ovigères dans chacun de ces groupes (et accessoirement de Nauplii chez les Copépodes) est un élément à prendre en considération. En effet, porter des œufs implique forcément l'existence de conditions favorables à la vie de ces organismes dans les jours ou semaines précédentes, l'inverse indiquant alors un état de stress, au moins trophique si ce n'est physiologique. Chez les rotifères, en dehors de quelques individus le 12 juillet, les femelles ovigères n'apparaissent qu'en avril-mai (Tableau 10.VIII). Il en est de même, à un moindre degré chez les copépodes, tandis que chez le cladocère *Bosmina longirostris*, on note un pic très net centré sur le 10 mai. Par contre la recrudescence de cladocères lors de la crue du 11 août ne s'accompagne d'aucune femelle ovigère, preuve que cette recrudescence est bien due au lessivage des annexes fluviales et non à un quelconque recrutement dans le chenal lui-même.

En fin de compte, l'état du zooplancton au 10 mai 2007 est sans doute plus représentatif du potentiel minimal de la Saône que tout ce qui a pu être observé sur le reste de la saison.

La dynamique d'apparition des larves de Dreissène (la moule zébrée) est également intéressante. Lors du suivi de 1997 (Duris 1998), nous nous étions étonnés de n'avoir trouvé aucune larve de ces moules (ni d'autres bivalves d'ailleurs) dans le zooplancton pourtant suivi de façon aussi intensive. Ici, on en a enfin observé quelques-unes. Les effectifs sont toutefois sans commune mesure avec ce qui peut être observé dans un hydrosystème similaire comme la Marne (Akopian et al. 2004, Tableau 10.IX).

Tableau 10.IX - Périodicité d'apparition et densités des larves de Dreissènes dans la Marne (extrait de Akopian *et al.* 2004, Rapport Piren Seine).

*Tableau 1 : Période de reproduction (apparition des premières larves dans le plancton et le dernier jour d'observation des larves), la concentration moyenne journalière des véligères pendant cette période (nb./L) et le flux moyen (nb./s) à deux stations sur la Marne et pour 5 années de suivi.*

		1999	2000	2001	2002	2003
Neuilly/Marne	<b>Période de reproduction</b>	15/05-11/10/1999	02/05-04/10/2000	14/05-17/09/2001	13/05-16/09/2002	14/04-29/09/2003
	<b>Concentration, nb./L</b>	14,12	9,90	9,26	13,25	6,94
	<b>Flux, nb./s</b>	674810,9	823790,9	766541,3	1242167,4	427970,8
St. Maurice/Marne	<b>Période de reproduction</b>	25/05-13/08/1999	05/05-18/08/2000	17/05-17/09/2001	23/04-24/09/2002	01/04-05/09/2003
	<b>Concentration, nb./L</b>	15,13	8,92	3,71	3,15	3,53
	<b>Flux, nb./s</b>	644308,9	771192,8	256010,5	189372,2	175055,2

Par ailleurs, si quelques rares premières larves sont observées pendant l'étiage initial, le recrutement ne débute franchement que dans la seconde quinzaine de juin alors que sur la Marne il débute habituellement en mai, et parfois même début avril, lors d'une année exceptionnelle il est vrai (2003). La température semble un élément déterminant dans la mesure où c'est à la mi-juin que les eaux de la Saône ont franchement dépassé les 20°C en 2007.

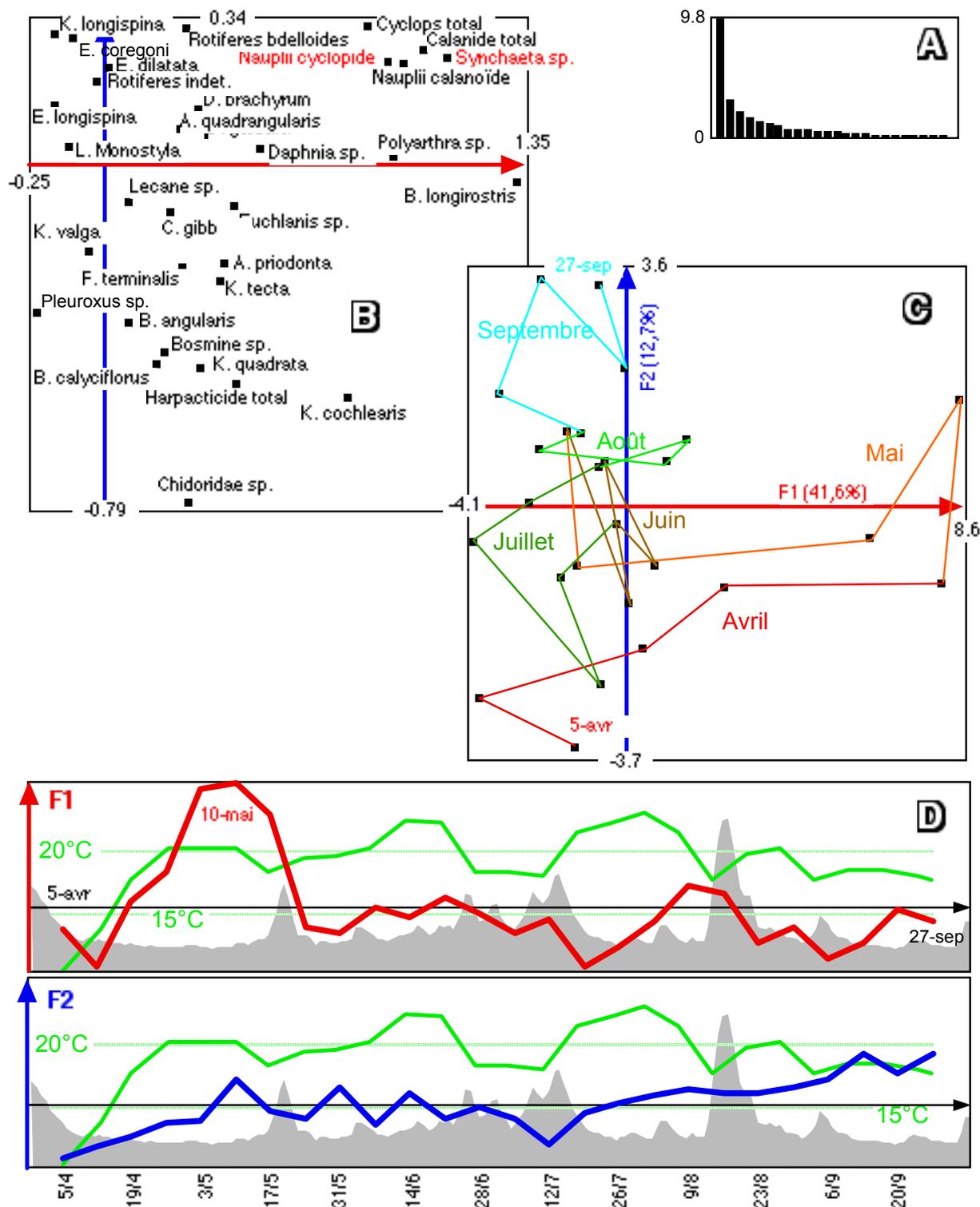


Figure 10.10. ACP centrée du zooplancton à Genay sur les espèces dominantes (i.e. ayant une occurrence  $\geq 25\%$  des relevés) sur le tableau 26 relevés x 35 espèces. A - Graphe des valeurs propres. B - Carte factorielle des espèces sur les axes 1x2. C - Carte factorielle des relevés sur les axes 1x2. D - Evolution temporelle des coordonnées factorielles des relevés sur les axes 1 (rouge) et 2 (bleu), comparée à celle des débits (en gris) et des températures (en vert).

Un fait également intéressant est la concomitance de l'abondance des larves avec la crue de la mi-août (fig. 10.9). Cette crue coïncide curieusement avec des températures relativement élevées (24°2 à 11h) survenant après deux semaines de froidure (18°2 et 16°1 respectivement les 1er et 9 août). La rapide remontée des températures semble avoir précipité la ponte des moules restées en attente durant la période froide précédente, mais un effet stimulateur du débit n'est pas à exclure puisque lors de la pointe de débit du 1er août (400 m<sup>3</sup>/s) on notait déjà une recrudescence de larves de Dreissènes malgré des températures alors franchement fraîches pour la saison (18°2). Ici, l'effet lessivage des annexes ne peut être incriminé dans la mesure où l'essentiel de la population de Dreissènes vit dans le chenal.

La dynamique d'apparition des larves de Dreissène est apparaît donc un indicateur également intéressant de l'état trophique de l'hydrosystème.

L'analyse factorielle des correspondances du tableau faunistique ne met en évidence qu'un seul axe important (fig. 10.10 A) qui discrimine l'étiage printanier (fig. 10.10 C) sur la base de l'abondance des principales composantes du phytoplancton (fig. 10.10 C). Le débit apparaît comme le principal moteur de cette dynamique globale où la température n'intervient guère (fig. 10.10 D). L'axe 2, anecdotique, ne trace qu'une lente dérive du peuplement tout au long de l'année par amoindrissement progressif de certains taxons (de Rotifères et Cladocères notamment), quelles que soient les conditions hydrauliques et thermiques.

#### 10.3.2.3 - Evolution longitudinale

Le tableau 10.X fait le bilan des captures le long des 5 stations au 10 mai et sur seulement 3 stations au 9 août.

Comme dans le cas du phytoplancton, l'analyse du zooplancton durant la traversée de l'agglomération fait état d'une chute significative des effectifs. La campagne du 10 mai, la plus détaillée, montre un effondrement des rotifères dès la station de Couzon amont, c'est à dire avant même la chute d'eau du barrage de Couzon, puis un maintien étal jusqu'à un second effondrement en arrivant à la Mulatière. Cette observation n'est toutefois pas confirmée en août avec il est vrai des débits nettement plus élevés et donc des temps de transit beaucoup plus court.

A l'échelon des copépodes, on observe le même effondrement, mais il s'exprime seulement au niveau de la Mulatière en mai, contre dès l'aval de Couzon en août. Les Cladocères (Branchiopodes) reproduisent assez fidèlement le profil des rotifères en mai, et celui des Copépodes en août.

Il paraît bien difficile de rapporter ces évolutions à des questions d'hydraulique ou de qualité d'habitat, ce qui nous conduit à soupçonner une altération de la qualité de l'eau par des rejets entre Genay et Couzon amont (Z.I. de Genay-Neuville ?), et entre l'île Barbe et la Mulatière (collecteurs urbains ?). Cette altération semble moins marquée en août, mais ce mois correspond à une période de moindre activité, et donc de rejets réduits : rejets réduits et débits plus forts lors de notre échantillonnage concourent à une dilution plus importante des pollutions, et donc à un impact moindre sur l'écosystème. Le temps de réponse différent des trois groupes en mai, exprimée spatialement, indique des sensibilités différentes aux altérations invoquées ce qui pourrait peut-être aider à en préciser la nature.

Il n'en demeure pas moins que l'agglomération a un impact perceptible sur la biocénose planctonique dès lors que les débits passent en dessous des débits semi-permanents (280 m<sup>3</sup>/s), soit durant la moitié du temps. En conséquence, à l'étiage, qui peut descendre en-dessous 50 m<sup>3</sup>/s, l'impact est sans doute majeur (sauf si ce qui arrive à l'entrée de l'agglomération est déjà réduit à sa plus simple expression).

Tableau 10.X : Evolution de la composition du zooplancton de la Saône durant sa traversée de l'agglomération lyonnaise le 10 mai et le 9 août 2007

Stations Dates	Gen-1	Com-2	Cov-3 10/05/2007	Col-4	Mul-5		Gen-1	Cov-3 9/08/07	Mul-5
<b>ROTIFERES :</b>									
Synchaeta sp	520	168	175	149	83		38	10	11
Polyarthra sp	223	87	91	72	36		25	26	24
Polyarthra sp (ovigère)	3								
Filinia terminalis	1						1	6	4
Keratella cochlearis var tecta (ovigère)	1								
Keratella cochlearis var tecta	3						8		1
Keratella cochlearis (ovigère)	19	8	7	3	1				
Keratella cochlearis	27	21	5	12	3		19	1	3
Asplanchna priodonta	4			1					2
Brachionus angularis								4	2
Euchlanis sp	1			1	1				1
Rotifères bdelloides	2	2	1	1			1	7	17
Lecane sp (=Euchlanis sp+Cephalodella sp+Encentrim uncinatum+Lecane flexilis)		3		3				2	4
Keratella quadrata	6	3	6	1	4		1		1
Brachionus calyciflorus								2	
Cephalodella cf gibba			1	2	1		1		
Lecane Monostyla sp							2		
Euchlanis dilatata								1	1
Testudinella cf mucronata	1								
Cf Notholca squamula	1								
Kellicottia longispina								1	
Lecane ludwigii var. stokesii							1		
Trichocerca cf capucina					1				
Trichocerca sp							1		2
Brachionus diversicornis							1		1
cf Brachionus urceolaris							1		
Rotifères indéterminées		1	1	1			2	12	18
Cf Filinia opoliensis								1	
Brachionus sp								7	3
<b>Total rotifères</b>	<b>812</b>	<b>293</b>	<b>287</b>	<b>246</b>	<b>130</b>		<b>102</b>	<b>80</b>	<b>95</b>
<b>COPEPODES :</b>									
Nauplii cycloptide	834	864	777	704	353		256	151	156
Cyclops stade 1	82	60	83	54	34		54	38	25
Cyclops stade 2	38	45	35	40	21		27	20	10
Cyclops stade 3	18	26	22	22	20		10	6	6
Cyclops stade 4	15	9	9	9	11		8	1	6
Cyclops stade 5	8	1	16	5	3		1	1	
Cyclops mâle	8	4	9	3	2		5		2
Cyclops femelle	2		5	3	1		3		
Cyclops femelle ovigère		2							
Nauplii calanoïde	50	26	34	45	27		3	4	1
Calanide stade 1	4	3	1						
Calanide stade 2	21	20	31	21	16			3	1
Calanide stade 3	28	14	19	10	8		1		
Calanide stade 4	28	19	12	5	8				
Calanide stade 5	16	12		6	7				
Calanide mâle	2	6	13	5	3		1		
Calanide femelle ovigère (cf Eurytemora velox)	2	5			4				
Calanide femelle (cf Eurytemora velox)	2	4	5	1	3				
Exuvie Harpacticide stade 4	1								
Harpacticide stade 1		1	2	9			1	3	4
Harpacticide stade 2				3					
Harpacticide stade 3	2								
Harpacticide stade 5	1	3		2	3		1		1
Harpacticide mâle			1						
<b>Total copépodes</b>	<b>1162</b>	<b>1124</b>	<b>1074</b>	<b>947</b>	<b>524</b>		<b>371</b>	<b>227</b>	<b>212</b>
<b>BRANCHIOPODES :</b>									
Pleuroxus sp							1	1	1
Chidoridae sp (corps)	3						1		
Bosmine sp (tête)	11	3	4	6	1		9	13	2
Bosmine sp (corps)	12	3	6		2		11	9	7
Bosmina longirostris	151	106	101	139	71		7	2	5
Bosmina longirostris (ovigère)	21	18	10	8	2				5
Alona sp			1					2	1
Alona cf quadrangularis	2								1
Daphnia cf obtusa (ovigère)	4							1	
Daphnia cf obtusa	5	3	1					1	
Daphnia cf cucullata	8	7	1		1		7	2	2
Daphnia cf cucullata (ovigère)							1	1	
Daphnia cf galeata (ovigère)	2								
Daphnia cf galeata	7								
Daphnia sp	23	28	29	33	20		1	2	1
Diaphanosoma brachyrum	4	1	2				8	4	3
Diaphanosoma brachyrum (ovigère)		1							
Eubosmina coregoni									4
Alonella sp							2		
cf Moina micrura							1	1	
Macrothrix laticornis									1
Cf Ceriodaphnia quadrangula		1							
<b>Total branchiopodes</b>	<b>253</b>	<b>171</b>	<b>155</b>	<b>186</b>	<b>97</b>		<b>49</b>	<b>39</b>	<b>33</b>
<b>MOLLUSQUE :</b>									
Dreissena polymorpha	1		2	3			9	13	2

## 10.3.2.3 - Conclusion

Malgré un contexte peu favorable aux observations, le suivi du zooplancton en 2007 confirme une insuffisance chronique dès l'entrée de l'agglomération, donc héritée de l'amont, mais cette insuffisance est largement accentuée par la traversée de l'agglomération dès que les débits tombent en dessous du débit semi-permanent.

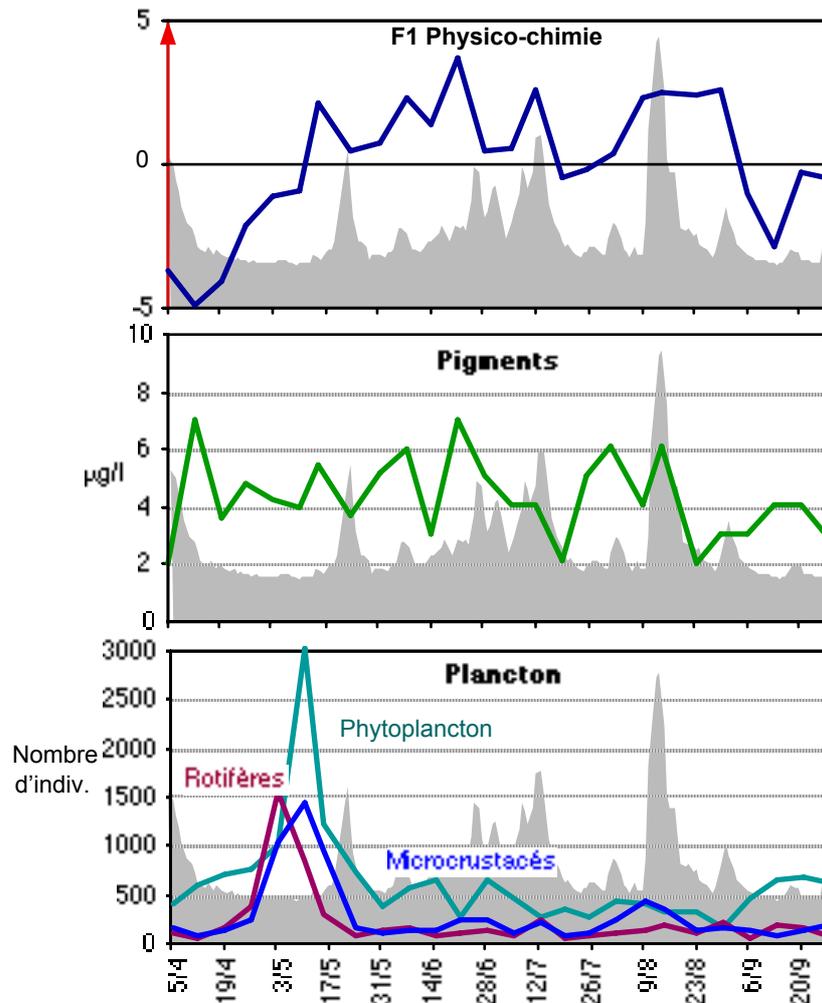


Figure 10.11 : Evolution de la qualité physico-chimique globale de l'eau et des concentrations en chlorophylle, phytoplancton et zooplancton de la Saône lyonnaise en fonction des débits du 1er avril au 30 septembre 2007.

## 10.4 - Conclusion

Dans un contexte hydroclimatique pour le moins défavorable par rapport à l'objectif visé (impact de l'agglomération lyonnaise sur la masse d'eau en période d'étiage estival), le suivi hebdomadaire effectué durant la belle saison 2007 a confirmé l'état général de la Saône aval : un hydrosystème biologiquement pauvre malgré une qualité physico-chimique plutôt bonne d'après les paramètres classiquement mesurés. Ce suivi a en outre démontré que l'agglomération aggravait significativement ce déficit dès lors que les débits descendaient en dessous des débits semi-

permanents, c'est à dire en moyenne durant la moitié du temps. Dans ces conditions, s'il apparaît nécessaire de s'intéresser à la qualité de ce qui entre dans l'agglomération, il convient également de s'inquiéter de ce qui est transmis au Rhône.

Dans cette perspective, les indicateurs planctoniques apparaissent beaucoup plus sensibles que les paramètres physico-chimiques classiques (fig. 10.11), et sont donc nécessaires pour cerner les processus d'altération de la qualité de l'eau dans le temps et dans l'espace. Le pas de temps hebdomadaire pour les relevés constitue une base intéressante, mais il conviendra de l'adapter aux conditions hydrologiques, comme nous l'avons fait pour le nombre de stations suivies : plus les débits baissent, et plus le nombre de stations et la fréquence des relevés doivent augmenter. Ainsi en situation d'étiage extrême, comme en 2003, avec un temps de transit d'une semaine pour traverser l'agglomération lyonnaise, des relevés journaliers effectués sur sept stations permettraient d'avoir une vision assez exhaustive de la situation, puisque l'eau analysée au temps t+1 à la station n+1 correspondrait à l'eau analysée au temps t à la station n (c.à.d. la veille à la station précédente) augmentée des apports éventuels de l'agglomération entre temps.

## 11 - SYNTHÈSE - CONCLUSION

La Phase I de l'étude de l'évolution de la qualité de la Saône durant sa traversée du Grand Lyon fait ressortir une situation assez contrastée, qui pourrait résulter en partie de la date tardive de son exécution.

Globalement, pour la plupart des compartiments examinés, on note une assez grande homogénéité amont-aval et rive droite-rive gauche, avec une qualité générale moyenne ne traduisant pas d'impact particulier de l'agglomération. Cette impression relativement favorable peut toutefois avoir été un peu faussée par la date tardive de notre intervention dans la mesure où nous n'avons pas pu opérer à la période escomptée (début septembre), mais seulement en octobre, après une première crue automnale. Cet événement hydraulique est susceptible d'avoir quelque peu lissé les paramètres examinés.

Deux éléments permettent en effet de s'interroger sur l'état réel de l'hydrosystème. Ce sont d'une part, la qualité générale très mauvaise des sédiments, telle qu'elle transparaît à travers les indices oligochètes, et d'autre part l'expression d'une pression génotoxique significativement plus élevée à l'amont qu'à l'aval chez le chevaine.

Au niveau des oligochètes, le seul paramètre déclassant que nous ayons été en mesure de repérer est la teneur en Zinc, mais il n'est pas certain qu'elle suffise à expliquer ce mauvais résultat. Quant au profil de génotoxicité observé chez le chevaine, aucun des composés chimiques analysés n'est susceptible d'expliquer la situation. Il va donc falloir s'intéresser sérieusement à des composés autres que métaux, HAP ou PCB. Les pesticides, les résidus médicamenteux, ou des agents tensio-actifs pourraient alors être incriminés.

La Phase II de l'étude avait comme ambition de suivre l'impact de l'agglomération lyonnaise sur la Saône aval en période d'étiage estival, mais les mauvaises conditions climatiques de l'année 2007 n'ont permis d'approcher cet état paradoxalement qu'en tout début de chronique, fin avril début mai. Ensuite les gros débits ont homogénéisé la qualité de l'eau, et maintenu une turbidité élevée peu propice au développement des ceintures macrophytiques rivulaires, et a fortiori du plancton.

De fait l'extension des herbiers est apparue très limitée en 2007, comparativement à ce que l'on peut deviner sur les photos satellites prises dans les années précédentes et disponibles sur GoogleEarth ou Géoportail, et leur composition est faite d'un petit cortège d'espèces banales caractéristiques de cours d'eau de plaine relativement eutrophes. Le profil des berges et la qualité du substrat sont déterminants dans la nature et la composition des herbiers, mais le batillage de surface engendré par le nautisme de loisir et les lames de fond engendrées par la navigation commerciale ont certainement un impact non négligeable qu'il conviendrait d'évaluer plus précisément. En effet, les herbiers rivulaires sont une composante essentielle à la productivité des grands cours d'eau de plaine et peuvent constituer un filtre biologique très efficace pour la dépuraison des apports latéraux. Il serait souhaitable de refaire le même inventaire dans des conditions plus favorables pour bien appréhender la situation lyonnaise, puis de le répéter tous les cinq ans environ pour suivre son évolution. Une réflexion plus approfondie serait nécessaire pour voir comment on pourrait favoriser son développement dans le cadre de réaménagements de berges qui ont jusqu'ici privilégié la composante terrestre (création de mini-lônes artificielles, constitution de "récifs barrières" artificiels, remplacement des parements immergés en béton par des enrochements offrant plus d'abris...).

L'étude de la colonne d'eau, même si elle ne s'est pas faite dans les meilleures conditions, a quand même permis de démontrer ce que la phase I n'avait pas pu mettre en évidence, à savoir une certaine

dégradation de la situation au cours de la traversée de l'agglomération, dès que les débits approchent les valeurs de débit trois-quarts permanent (140 m<sup>3</sup>/s). Sachant que cette valeur est encore loin des valeurs d'étiage que l'on peut atteindre certaines années (50m<sup>3</sup>/s voire moins), l'impact de l'agglomération, se traduisant par une extinction du phyto et du zooplancton, déjà peu abondant à l'amont en temps normal, pourrait donc être parfois considérable. Le compartiment planctonique est très sensible aux conditions environnementales naturelles et artificielles et réagit donc très vite aux moindres changements. L'impact de l'agglomération se manifeste dès l'amont du barrage de Couzon et tend à s'intensifier en descendant vers l'aval. Cela peut correspondre tout aussi bien au temps de réponse des organismes, qu'à la superposition d'altérations successives le long du parcours. La présence de sources de pollution potentielles doublée de changements morphologiques profonds du lit de la rivière (chenalisation croissante sur une vingtaine de kilomètres, présence du barrage de Couzon, remous du barrage de Pierre-Bénite) engendre une forte hétérogénéité longitudinale qui peut expliquer ces évolutions rapides de la colonne d'eau en quelques kilomètres. Le suivi hebdomadaire (sur 2, 3 ou 5 stations selon les débits) pourrait être utilement complété par une prospection ponctuellement beaucoup plus serrée en période d'étiage avéré. L'idéal serait de suivre la même tranche d'eau en temps réel durant sa traversée de l'agglomération afin de mieux situer les perturbations. Quoi qu'il en soit, les conditions hydroclimatiques pouvant être extrêmement différentes selon les années, comme malencontreusement en 2007, la répétition des études est une condition indispensable à leur validation.

L'installation de deux stations de mesure en continu à Genay et à la Mulatière serait un équipement très utile pour faire le bilan de la qualité des eaux entrant dans l'agglomération et l'impact relatif de celle-ci sur la qualité de celles restituées au Rhône. Cela permettrait en outre de repérer des événements particulièrement fugaces, mais potentiellement impactants pour l'écosystème, qui passent le plus souvent inaperçus dans le contexte actuel.

Maintenant, pour bien connaître l'état de la Saône, il s'avère indispensable de s'intéresser sérieusement à ce qui se passe en amont, et à des micropolluants plus insidieux que ceux examinés jusqu'à présent. Cela peut toutefois se faire selon des plans d'échantillonnage sensiblement différents de ceux adoptés en 2006-2007, selon les compartiments considérés et les questions soulevées par ces résultats. A l'échelle de l'ensemble de la Saône, un suivi semblable sur une quinzaine de stations devrait permettre d'avoir une vision assez complète de la dynamique de la rivière. Ce suivi permettrait de repérer dans l'espace et dans le temps l'apparition de déséquilibres, et de restreindre ainsi le champ des investigations aux secteurs et époques sensibles.

Par ailleurs, l'élaboration d'un modèle fonctionnel de l'évolution de la masse d'eau est nécessaire à la compréhension des phénomènes et à la prévention de leur apparition. Ce sont en effet les écarts entre observations de terrain et prédictions théoriques du modèle qui peuvent mettre en évidence les anomalies signatrices de perturbations, et donc orienter les investigations plus approfondies dans les bonnes directions.

Ce travail constitue un préalable indispensable à toute étude plus fondamentale de processus pouvant impliquer d'autres composés plus insidieux que ceux habituellement analysés, tels que les micro-polluants de synthèse à action cryptique ou retardée. Toutefois, la piste fournie par l'étude de la génotoxicité chez le chevine mériterait d'être explorée dès à présent, en évaluant d'abord la répétitivité du phénomène, puis en s'intéressant à tous ceux des composés susceptibles de provoquer une telle réaction et non analysés jusqu'à présent.

## 12 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES

- AFNOR, 2004. *Norme Française NF T 90-350. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN)*. AFNOR, Paris, 16 p.
- AFNOR, 2002. *Norme Française NF T 90-390. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice oligochètes de bioindication des sédiments (IOBS)*. AFNOR, Paris, 23 p.
- AFNOR, 2000. *Norme Française NF T 90-354. Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD)*. AFNOR, Paris, 63 p.
- Akopian M, Garnier J. & Billen G., 2004. Dynamique du peuplement de Dreissena dans la Marne : modélisation écologique. Rapport Piren Seine, Univ. P. & M. Curie, Paris : 16p.
- ARALEP, 2003. *Suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban - Saint-Maurice. Synthèse 1985-2001*. Rapport à EDF St-Alban, 48 p.
- Bij De Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A.M., Gollasch S. & Van Der Velde G. 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can. J. Fish. Aquat. sci.*, 59, 1159-1174.
- CEMAGREF, 1984. *Etude écologique de la Saône entre Auxonne et Tournus. Etat de référence*. Rapport CEMAGREF, Division QEPP, Lyon, 158 p.
- Clémens A. & Persat H. 2003. *Le fonctionnement de l'hydrosystème Saône. Inventaire bibliographique et proposition d'étude sur le comportement de la Saône*. Rapport conjoint ZABR et LEHF Université Lyon 1 au Grand Lyon, 29 p. + annexes.
- Descy J.P., 1980. Utilisation des algues benthiques comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux courantes. *In* P. Pesson, *La pollution des eaux continentales*, Gauthier-Villars éd., Paris, 2nd éd., 149-172.
- Dessaix J. & Fruget J.F., 2006. *Effet de l'échauffement du Rhône au niveau du CNPE de Saint-Alban sur les populations de Crustacés*. Rapport provisoire ARALEP à EDF R&D, 13 p.
- Devaux A., Flammarion P., Bernardon V., Garric J. et Monod G., 1998. Monitoring of the chemical pollution of the river Rhône through measurement of DNA damage and cytochrome P4501A induction in chub (*Leuciscus cephalus*). *Mar. Environ. Res.* 46, 257-262.
- Duris D., 1999. *Dynamique temporelle des peuplements planctoniques en Basse-Saône*. Rapport technique de DEA, Université Lyon I, 31 p.
- Flammarion P., Devaux A., Nehls S., Migeon B., Noury P., Garric J., 2002. Multibiomarker responses in fish from the Moselle river (France). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 51, 47-56.
- Fontaine J., 1959. Un problème biologique intéressant : les chutes de manne. *Sci. Nat. Paris*, 32, 9-14.
- Fruget J.F. & Persat H., 2003. *Etude du cycle circadien et de la stratification de la Saône en étiage estival dans la traversée de l'agglomération lyonnaise*. Rapport conjoint ARALEP et LEHF Université Lyon 1 à la Mission Ecologie du Grand Lyon, 10 p.
- Fruget J.F., Persat H. & Villien J. 2001. *Changement de l'équilibre trophique de la Basse Saône : Influence de l'eutrophisation et de la contamination toxique*. Colloque "Lyon Fleuves 2001", Agence de l'Eau RMC, Lyon, 9 p.
- Fruget J.F. & Persat H. (coord.), 2000. *Changement de l'équilibre hydrobiologique de la Basse Saône. Impact de l'eutrophisation et de la contamination toxique*. Rapport conjoint ARALEP et LEHF Université Lyon 1 à la Mission Ecologie du Grand Lyon, 81 p.
- Genin B., 1992. *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea, Amphipoda) dans la Saône. *Bull. sci. Bourg.*, 45, 27-32.
- Grenouillet G., 1997. *Dynamique temporelle des peuplements planctoniques en milieu fluvial : Suivi de la Basse-Saône*. Rapport technique de DEA, Université Lyon I, 32 p.
- Lafont M., 2001. A conceptual approach to the biomonitoring of freshwater: the Ecological Ambience System. *Journal of Limnology* 60 (Supplementum 1), 17-24.

- Lafont M. & A. Vivier, 2006. Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of watercourses. *Hydrobiologia*, 564, 171-181.
- Lafont M., Vivier A., Nogueira S., Namour P. & Breil P., 2006. Surface and hyporheic Oligochaete assemblages in a French suburban stream. *Hydrobiologia*, 564, 183-193.
- Lafont M., Vivier A., Breil P., Jézéquel C., Schmitt L., Perrin J.F., Namour Ph. & Bernoud S., 2007. *Appréciation et suivi du potentiel écologique PE : application aux cours d'eau en paysages urbanisés*. Document OTHU, fiche technique N°3, 4 p.
- Larno V., Laroche J., Launey S., Flammarion P., Devaux A., 2001. Responses of chub (*Leuciscus cephalus*) populations to chemical stress, assessed by genetic markers, DNA damage and cytochrome P4501A induction. *Ecotoxicology*, 10, 145-158.
- Leclercq L., Rossillon F. & Vander Borgh P., 1996. Qualité chimique et biologique du bassin de la Semois (partie Belge). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 341/342, 81-108.
- Lecointe C., Coste M. & Prygiel J., 1993. "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270, 509-513.
- Mouthon J., 2001a. Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Rhône River at Creys-Malville (France). *Arch. Hydrobiol.*, 151 (4), 571-589.
- Mouthon J., 2001b. Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Saone River at Lyon (France). *Hydrobiologia*, 452, 109-119.
- Nelva A., Persat H. & Chessel D., 1979. Une nouvelle méthode d'étude des prélèvements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 289, 1295-1298.
- Persat H., 2004. *Suivi piscicole de la Saône au niveau du Grand Lyon. Etat du peuplement après la canicule de 2003*. Rapport LEHF Université Lyon 1 à la Mission Ecologie du Grand Lyon, 27 p.
- Persat H. & Olivier J.M., 1991. The point abundance sampling, a fishing strategy for large rivers: short presentation of the concept, its appliance and some results. In Penaz M. (Ed.), *Biological monitoring of large rivers*, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno & Slovak Academy of Sciences, Bratislava Publishers, 104-113.
- Persat H., Fruget J.F., Duris D., Grenouillet G., Berthon J.L., Barbe J., Flammarion P., Devaux A. & Durrieu C., 2002. Indices de dysfonctionnement de l'écosystème Saône. Incidences sur la chaîne trophique et le recrutement piscicole. In *La Saône : axe de civilisation*, Bravard J.-P., Combiér J., & Commençon N. (Eds), Presses Universitaires de Lyon, 552 p.
- Régis J., Gaude T., Pattee E., Persat H. & Zandonella P., 1980. La Saône à son entrée dans l'agglomération lyonnaise : étude physico-chimique et biologique. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 10, 550-573.
- Tachet H., Gaschignard-Fossati O., Cellot B. & Berly A., 1988. Le macrobenthos de la Saône. *Annls Limnol.* 24 (1), 83-100.
- Shannon C.E. & Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana, 117 p.
- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. et Olivier J.M., 1997. ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7, 75-83. (<http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/ADE-4F.html>).
- Vivier A., 2006. *Effets écologiques de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau périurbains de l'ouest lyonnais et un ruisseau phréatique en plaine d'Alsace*. Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, 208 p.
- Washington H.G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research* 18 (6), 653-694.

